



Kalk für gesunden Boden

Zur Wirkung von Versauerung und Kalkdüngung

Wird ein Boden zu sauer und verdichtet, können die meisten Pflanzen nicht mehr gut darauf wachsen. Die Zugabe von Kalk neutralisiert Säuren im Boden und verbessert die Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit. Daher hat Kalkdüngung eine lange Tradition in der Landwirtschaft und gehört zur Bodenpflege und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.

Sachinformation:

Carbonat vom Calcium (Kalkformen)

Der Begriff „Kalk“ wird vielfältig verwendet. Er ist sehr nützlich und wird für die Herstellung von sehr vielen Produkten gebraucht, z. B. von Zucker oder Zahnpasta. Kalk kommt von Natur aus als Gestein und in vielen Böden vor. Chemisch entspricht Kalk Calciumcarbonat (CaCO_3). Das Mineral heißt Calcit oder – falls es auch Magnesium enthält – Dolomit. Die meisten Kalke entstanden durch Ablagerung vor Jahrmillionen aus den Überresten von Meereslebewesen. Alle Lebewesen enthalten Calcium in ihren Zellen, besonders konzentriert in den Knochen. Es ist ein unentbehrlicher Nährstoff für Pflanzen, Tiere und Menschen. Zermahlene Kalkgestein (Naturkalk) wird schon seit Jahrhunderten eingesetzt. Typische Kalkdünger sind Calciumcarbonat (CaCO_3), auch kohlensaurer Kalk genannt, und Branntkalk. Letzterer besteht chemisch betrachtet aus Calciumoxid (CaO) und wird durch Brennen von Kalkstein erzeugt – daher der Name. Branntkalke werden fein gemahlen oder körnig angeboten, mit 80 bis 95 Prozent CaO . Kommt das CaO mit Wasser in Kontakt, reagiert es heftig (exotherm!) zu Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Seine Nährstoffe (Ca^{2+} und Mg^{2+}) sind im Boden schnell verfügbar. Verschiedene Eigenschaften beeinflus-

sen, wie stark und schnell der Kalk im Boden reagiert: Branntkalke sind reaktiver als Kohlensäure Kalke, fein gemahlene sind reaktiver als grobe Körnungen.

Kalk: Base und Bindeglied für gesunden Boden

Eine zentrale Funktion des Kalkes ist seine basische Wirkung und pH-Wert-Anhebung: Die Basen (OH^-) aus dem Kalk nehmen Protonen (H^+) von Säuren auf und neutralisieren sie dadurch. Die positiv geladenen Ca^{2+} -Ionen verbinden sich mit negativ geladenen Molekülen. Kalk wirkt also als Puffersystem für Säuren, die natürlich oder vom Menschen verursacht in den Boden gelangen, z. B. mit Regenwasser mit einem durchschnittlichen pH von 5,6. Weitere Säureeinträge

Lernziele und Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

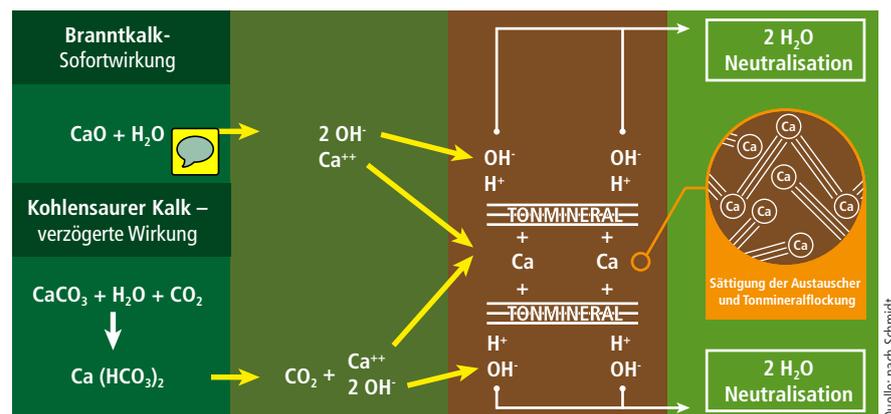
- messen den pH-Wert von Bodenproben und besprechen seine Bedeutung für Pflanzenwachstum und Boden
- führen einfache chemische Versuche zur Wirkung von Kalk durch;
- erstellen eine Grafik zur Kalkpufferung von Säuren im Boden;
- bearbeiten Texte und Tabellen zu Arten und Zwecken der Kalkdüngung.

Fächer: Chemie (Carbonate, pH-Wert, Puffersysteme), Biologie (Funktionen von Wurzeln, Bedürfnisse der Pflanzen, Bodenfruchtbarkeit), Erdkunde (Gesteine, Bodeneigenschaften, Erosion, Düngung und Umwelteinflüsse), Natur & Technik, Schulgartenprojekte

können aus sauer wirkenden Stickstoffdüngern stammen.

Die Pufferwirkung von Kalk ist von zentraler Bedeutung für einen stabilen Boden-pH. Durch das Neutralisieren der Säuren wird der Kalk im Boden aber mit der Zeit aufgebraucht. Zudem entziehen die später geernteten und abtransportierten Nutzpflanzen dem Ackerboden den Kalk. Und von Natur aus versickert – typisch für unser regenreiches Klima – stetig Kalk mit dem Wasser in tiefere Bodenschichten.

Zweiwertige Kationen wie Ca^{2+} und Mg^{2+} können Tonminerale und organische Verbindungen verknüpfen und Ton-Humus-Komplexe stabilisieren. Beides ist wichtig für eine lockere, luftige Bodenstruktur.



Wenn der Boden sauer wird

Enthält ein Boden nicht mehr genug Kalk, sinkt sein pH-Wert, verschlechtert sich seine Struktur, leidet die Humusqualität, das Bodenleben und seine Fruchtbarkeit. Dann können die Pflanzen nicht mehr gut wachsen; bei Kulturpflanzen sinken die Erträge. Der Verlust von Kalk und die daraus folgende Versauerung und Verdichtung der Böden ist eine sehr große Bedrohung für die Bodenfruchtbarkeit. Nicht zuletzt fehlt den Pflanzen dann oft das Calcium und/oder Magnesium als Nährstoff.

Zudem büßt der Boden durch die Strukturverschlechterungen seine wichtige Funktion als Filter ein: Er kann schlechter speichern, umwandeln oder festlegen, was in ihn gelangt – sei es Wasser oder Nährstoffe (z. B. Mg, K oder N). Je stärker ein Boden versauert, umso mehr werden z. B. natürlich vorkommende, aber unerwünschte Schwermetalle wie Cadmium oder Blei gelöst und an die angebauten Pflanzen abgegeben.

Laut Experten sind 40 Prozent der heimischen landwirtschaftlichen Böden nicht ausreichend mit Kalk versorgt. Sie versauern und degradieren somit schleichend. Der pH-Wert von Ackerböden sollte zwischen 5 und 7,5 liegen. In vielen Versuchen wurde das jeweilige Optimum für bestes Pflanzenwachstum in Abhängigkeit von Bodenart, Humusgehalt und Kulturart ermittelt: Je leichter ein Boden (weniger Ton) und je höher der Humusgehalt, desto eher darf der pH-Wert relativ niedrig sein. Schwere, tonreiche Böden mit Humusgehalten unter 4 Prozent sollen hohe pH-Werte haben.

Kalkdüngung als Ausgleich

Die Ausbringung von Kalk auf den Feldern kann die Verluste ausgleichen und den pH-Wert verbessern. Liegt der pH-Wert unterhalb des Optimums wird der Kalkbedarf des Bodens genau bestimmt werden. Es folgt eine sogenannte Gesundungskalkung, meist in mehreren Gaben, bis der angestrebte pH-Wert erreicht ist. Erfordert die schlechte Bodenstruktur hohe Kalkgaben und weitere bodenverbessernde Maßnahmen, spricht man von Melioration. Experten teilen die Kalkversorgung von Böden in die Versorgungs-Klassen A-C ein.

Der Kalk führt dazu, dass – neben dem Calcium – im Boden vorhandene Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium durch die pH-Wert-Anhebung wieder besser verfügbar sind und in die Wurzeln der Pflanzen gelangen. Diese Nährstoffe sind wichtig für Wachstum und Gesundheit, also auch für die Erntemenge und -qualität auf Ackerflächen.

Zudem fördert die Kalkung nützliche Bodenlebewesen: Erwünschte Bakterien



Auf der versauerten Fläche wächst die Wintergerste deutlich schlechter.

Quelle: DLG

und Kleintiere finden bessere Bedingungen, Regenwürmer tragen sichtbar zur Durchlüftung des Bodens bei.

Auch der Kalk selbst verbessert die Bodenbeschaffenheit: Er sorgt dafür, dass sich die feinen Tonteilchen im Boden nicht so dicht aneinander lagern, dass der Boden porös (Kartenhausstruktur) und krümelig bleibt. Dadurch können Pflanzen besser wurzeln. Der Boden kann besser Wasser aufnehmen und pflanzenverfügbar speichern; er verschlämmt an der Oberfläche weniger. Staunässe und Bodenverluste durch oberflächiges Wegspülen werden also deutlich vermindert. Kalken ist daher eine bedeutende Maßnahme zum Bodenschutz.

Kalken zu jeder Jahreszeit

Erhaltungskalkungen sind regelmäßig, aber nicht jedes Jahr nötig. Sie erfolgen meist nach der Getreideernte im Juli und August auf die Getreidestoppel. Der Kalk wird mit besonderen Düngerstreuer ausgebracht und danach bei der Bodenbearbeitung eingearbeitet. Alternativ kalkt der Landwirt im Frühjahr vor der Aussaat der Sommerkulturen. In dem gelockerten Boden können die Keimlinge besser auflaufen – u.a. weil sich ein feinkrümeliges Saatbett leichter erwärmt. Die Vorsaatkalkung mit Branntkalk hebt zudem den pH-Wert an der Oberfläche kurzfristig über 8,0 und tötet z. B. Erreger von Pilzkrankheiten ab.

Neben Ackerflächen werden auch Wälder, Gartenbeete, Rasenflächen wie Golfplätze und Grünlandflächen wie Futterwiesen gekalkt, sogar Teiche und Bäche bekommen Kalk. Indirekt schützt die Bodenkalkung auch das Grundwasser und die Bäche vor Versauerung.

Für die Erhaltung des Kalkgehalts im Boden sind pro Hektar und Jahr Kalkmengen von durchschnittlich 300 bis 500 Kilogramm CaO auf Ackerland und 200 Kilogramm auf Grünland nötig. Weniger als eine Handvoll Kalk pro Quadratmeter (20–50 g CaO/m²) reicht also aus, um den Boden zu schützen und Pflanzen mit guten Erträgen umweltgerecht anzubauen.

Methodisch-didaktischen Anregungen

Die Lehrpläne bieten viele Anknüpfungspunkte, es sind viele handlungsorientierte und anschauliche Aufgaben denkbar, u. a. pH-Wert-Messung mit Farbindikator, Pflanzversuche im Schulgarten oder Demonstration von gemahlenem Düngekalk (erhältlich im Gartenbedarf).

Die Aufgaben auf **Arbeitsblatt 1** (zzgl. Downloads) gehen das Thema chemisch an. Zentrale Aufgaben sind die pH-Wert-Messung von Bodenproben aus der eigenen Umgebung und ein Versuch, wie Branntkalk den pH-Wert von Wasser verändert. Toll wäre, wenn eine Bodenprobe von einem Landwirt stammt. Ihn könnten die SchülerInnen befragen, was er für die Erhaltung des optimalen Boden-pH tut. Die anschaulichen Aufgaben funktionieren auch in Klassenstufen, die noch keine Reaktionsgleichungen aufstellen können. Aufgabe 4 richtet sich hingegen an ältere Klassen.

Die Aufgaben auf **Arbeitsblatt 2** beziehen sich mehr auf die Anwendung der Kalkung. Die Aufgaben passen z. B. in den Erdkundeunterricht. Dafür sollten die wichtigsten Bodenarten bzw. Körnungen bekannt sein.

Tipp: es gibt Hellige pH-Meter zu gewinnen. Mehr dazu auf Seite 30!

Link- und Literaturtipps:

- ➔ Anknüpfende Themen in Heft 6 (Bedeutung Boden), 16 (Pflanzenernährung) und 20 (Bodenarten) unter www.ima-lehrermagazin.de
- ➔ Unterrichtsmaterial zu Kalk allgemein unter www.kalk.de/publikationen/unterrichtsmaterial/, insbes. Kapitel 1.4 und 2 sowie 3.7
- ➔ Film „Kalk ist gut für Boden, Wald und Wasser“ auf youtube
- ➔ Broschüre von LWK Salzburg „Kalk - Basis für Bodenfruchtbarkeit“ unter Shortlink <http://tiny.cc/7z031x>
- ➔ Merkblatt „Hinweise zur Kalkdüngung“ (Nr. 353) unter www.dlg.org
- ➔ Büchlein „AgrarPraxisKompakt – Kalkdüngung“ aus DLG-Verlag



Bodenchemie mit Kalk

Aufgabe 1:

Im Chemieunterricht hast du bestimmt schon mal gelernt, was der pH-Wert ist. Wenn nicht oder falls du es vergessen hast, lies es im Schulbuch nach. Erläutere kurz den pH-Wert.

Aufgabe 2:

Ziehe an unterschiedlichen Stellen in deiner Umgebung fünf Bodenproben, z.B. von einem Beet am Schulhof, aus dem Schulgarten oder eigenen Garten. Fülle dazu fünf kleine Löffel Erde aus etwa 5–10 cm Tiefe in je ein kleines Gefäß mit Deckel. Beschrifte es mit einer Nummer, dem Ort und Datum. Proben von einem Ackerrand oder Waldstück holst du nur, wenn dich ein Erwachsener begleitet, der sich auskennt.

Bestimme im Chemieraum der Schule mit einem pH-Meter den pH-Wert der einzelnen Proben und notiere die Werte. Nutze dafür Indikatorpapier oder ein pH-Meter oder – wenn ihr das habt – ein Hellige pH-Meter. Auf der Verpackung steht die genaue Anleitung und Skala zur Auswertung.

Lege mit deiner Klasse eine Tabelle an, in der ihr eure Ergebnisse sammelt. Ihr könnt sie auch kartieren. Diskutiert, welche Erkenntnisse ihr daraus ziehen könnt.

Zusatzaufgabe:

Bestimme und vermerke, welche Pflanzen bei den Entnahmestellen wachsen. Recherchiere zum Stichwort Zeigerpflanzen in Büchern und schau dir die Tabellen auf **Extrablatt 1** an. Gleiche ab, ob die gefundenen Pflanzen zu dem jeweils gemessenen pH-Wert passen.

Aufgabe 3

Führe den nachfolgenden Versuch durch und erkläre deine Beobachtungen. Achtung heiß!

Material: Branntkalk (Calciumoxid), Wasser, Reagenzglas (d 3 cm) in Ständer, Spatel, Pipette, Glasstab, Thermometer (>120 °C), Lackmuspapier	Zeitbedarf: unter 10 Minuten
Schritt 1	pH-Wert des Wassers mit Lackmuspapier bestimmen
Schritt 2	Branntkalk mit Spatel ca. 2 cm hoch in Reagenzglas füllen. Mit knapp 5 ml Wasser aus Pipette befeuchten, mit Glasstab umrühren und Temperatur messen.
Schritt 3	50 ml Wasser zugeben, wieder umrühren und pH-Wert bestimmen
Für Entsorgung weiter verdünnen und in Ausguss gießen.	



Ätzend. Gefahr!

~~**Zusatzaufgabe:** Wenn ihr in der Schule genug Zeit und das richtige Material habt, führt den Versuch zum Kalkbrennen und Kalklöschchen durch. Haltet euch streng an die Anleitung aus eurem Chemiebuch!~~

Aufgabe 4

Lieber saure Bodenproben und Branntkalk zusetzen? Wartezeit? Oder Sammelkarte?

Lies dir den Text zur Kalkpufferung und Neutralisation von Säureeinträgen im Boden auf dem **Extrablatt 2** durch. Markiere zentrale Begriffe und erstelle eine Grafik als Übersicht über die Zusammenhänge und Reaktionen. Ergänze die Reaktionsgleichungen!

Erkläre unter der Grafik in zwei Sätzen, warum Branntkalk schneller als kohlenaurer Kalk wirkt.

Evtl. Grafik bei uns bauen + als Lösungsblatt anbieten. (falls ja Reaktionsgleichungen vgl. Broschüre Österreich S. 26-28)



Kalk hilft dem Boden und den Pflanzen

Aufgabe 1:

Lies den Textabschnitt „Kalkdüngung als Ausgleich“. Liste in Stichpunkten auf, was der Kalk alles im Boden bewirkt und wie er ihn schützt und den Pflanzen nützt. Überlege und markiere mit unterschiedlichen Farben, welche Wirkungen eher physikalisch, chemisch oder biologisch sind.

Lösung auf Extrablatt 3 (s. unten)

Aufgabe 2:

Recherchiere im Text und online die üblichen Düngekalkarten: Branntkalk, kohlenaurer (Magnesium-)Kalk und Mischkalk. Erkläre kurz in deinen Worten.

Aufgabe 3:

Lies den Textabschnitt „Kalken zu jeder Jahreszeit“ durch und betrachte die Jahresübersicht auf **Extrablatt 3**. Erläutere drei Beispiele deiner Wahl, wann Land- (und Forst)wirte zu welchem Zweck kalken.

Aufgabe 4:

- Erkläre mit deinen eigenen Worten, was die Begriffe Erhaltungs- und Gesundungskalkung bedeuten.
- Schau dir die Tabellen an. Beschreibe und begründe die Zusammenhänge von
 - Bodenart, Nutzungsform und pH-Optimum
 - Bodenarten, Nutzungsform und Niederschlagsmenge zu Kalkbedarf.

Rechenaufgabe



für a) Mathe- und b) Chemie-Unterricht:

1.000 kg 95%-iger Branntkalk (CaO) enthalten 950 kg CaO. 1.000 kg kohlenaurer Kalk mit 95 % CaCO₃ entsprechen etwa 530 kg CaO.

- Berechne, wie viel kohlenaurer Kalk auf den Acker gestreut werden müssen, um die neutralisierende Wirkung von 950 kg CaO zu erreichen. *Lösung: 1.800 kg*
- Berechne das Molekulargewicht von CaO und CaCO₃. Wie viel schwerer ist CaCO₃ als CaO? Vergleiche das Verhältnis mit den Zahlen oben in der Aufgabe.

Empfehlung für die Aufkalkung der Bodenarten

Bodenart und Tongehalt nach VDLUFA (bis 4 % Humus)	anzustrebender pH-Bereich	
	Ackerland	Grünland
Sand < 5 % Ton	5,3–5,7	4,8–5,2
lehmiger Sand 5–12 %	5,8–6,2	5,3–5,7
sandiger Lehm 12–17 %	6,3–6,7	5,8–6,2
sandiger Lehm Lehm < 17 %	6,9–7,5 (mind. 0,2 % CaCO ₃)	6,0–6,5
toniger Lehm, Ton	6,9–7,5 (mind. 1 % CaCO ₃)	6,0–6,5

15 dt hochprozentiger Branntkalk je ha erhöhen den Kalkgehalt einer 20 cm mächtigen Krume um 0,1 % CaCO₃.



Erhaltungsbedarf in Abhängigkeit von Niederschlagsmenge und der Bodenart

		in kg/ha CaO		
Bodenart (Symbol)	Kulturart	niedrig (bis 600 mm)	mittel (600–800 mm)	hoch (Über 800 mm)
leicht (S, IS)	Acker, Grünland	300 150	400 250	500 350
mittel (sL, uL, L)	Acker, Grünland	400 200	500 300	600 400
schwer (tL, T)	Acker, Grünland	500 250	600 350	700 450

Tip: Auf www.naturkalk.de gibt es einen Kalkrechner. Mit ein paar Infos zum Boden berechnet er eine Kalkempfehlung.