

Eine Sonderpublikation von

DAS LEHRERMAGAZIN

lebens.mittel.punkt

Natur, Landwirtschaft & Ernährung in der Primar- und Sekundarstufe



UNTERRICHTS- BAUSTEINE ZUM EINSATZ VON KALK:

- › im Ackerbau
- › im Wald
- › auf Grünland
- › im Garten



MATERIALSAMMLUNG FÜR KLASSE 7-10

Kalk für gesunden Boden

Liebe Leserinnen und Leser,

zum Thema „Kalk“ und seine Bedeutung für gesunden Boden und gut versorgte Pflanzen sind über mehrere lebens.mittel.punkt-Ausgaben hinweg in loser Reihenfolge vier sehr spannende Unterrichtsbausteine entstanden. Diese knüpfen an diversen Stellen der Rahmencurricula an, z. B. im Fach Geographie bei Bodenarten, im Fach Chemie bei pH-Puffern und im Fach Biologie bei Nährstoffbedarf und Bioverfügbarkeit. Die Themen wurden für die SchülerInnen der Sekundarstufe I, insbesondere für die Klassenstufen 7-10 aufbereitet. Dieses Material halten Sie nun gebündelt in einem kompakten Heft in Händen. Somit stehen Ihnen die Sachinformationen und Unterrichtsmaterialien und -anregungen schnell und stets griffbereit zur Verfügung.

Das Naturprodukt Kalk und seine Wirkung auf Boden, Pflanzen und Lebewesen lässt sich in den genannten Fächern vielseitig bearbeiten, mit Beispielen aus der Land- und Forstwirtschaft, dem Gartenbau, dem Umwelt- und Gewässerschutz und nicht zuletzt dem Schulgarten. Somit erweitert das Material die in Schulbüchern üblichen Ausführungen. Es möchte auch aufzeigen: Kalk ist überraschend häufig im Alltag der

Jugendlichen relevant – also alles Andere als ein „staubiges“ Thema.

Viel Freude beim Lesen und viel Spaß beim Umsetzen mit Ihrer Klasse wünscht Ihnen,

**Düngekalk-Hauptgemeinschaft
im Bundesverband der Deutschen
Kalkindustrie e.V. und
i.m.a – information.medien.agrar e.V.**



Das Heft im Überblick

02 VORWORT | INHALT

UNTERRICHTSBAUSTEINE SEKUNDARSTUFE



03 KALK FÜR GESUNDEN BODEN

Wirkung von Kalk auf Boden und Bodenstruktur

11 WALDKALKUNG

gegen Versauerung und Waldsterben

15 WASHAT KALK MIT MILCH ZU TUN?

Grünlandkalkung

19 KALKWIRKUNG IM GARTEN

Kalk für Obst und Gemüse

23 NACHGEDACHT & MITGEMACHT

Sammelkarten mit Spielen, Experimenten u.v.m. zu den Bausteinen

25 EXTRABLATT ZU KALK

Wirkung von Kalk
[Reaktionsgleichungen]

26 EXTRABLATT ZU GARTENKALKUNG

Kalkdüngung

28 WEITERE MATERIALIEN

Link- und Literaturtipps



Impressum

Herausgeber: i.m.a – information.medien.agrar e.V., Wilhelmsaue 37, 10713 Berlin, Fon: 030 81 05 602-0, Fax: 030 81 05 602-15, info@ima-agrar.de, www.ima-agrar.de

Düngekalk-Hauptgemeinschaft im Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.
Annastraße 67 - 71, 50968 Köln, Fon: 0221 93 46 74 -32, Fax.: 0221 93 46 74-14, info@kalk.de · www.naturkalk.de

Verlag: agrikom GmbH
Wilhelmsaue 37, 10713 Berlin
Fon: 030 81 05 602-13, info@agrikom.de

Texte, Redaktion: Dr. Stephanie Dorandt/i.m.a (V.i.S.d.P.), Stefanie May/AgroConcept, Dr. Reinhard Müller/DHG e.V.

Layout:
GAVPrePress GmbH

1. Auflage 2021, Berlin

**Kostenloses,
unverkäufliches Exemplar**

Mit freundlicher Unterstützung der landwirtschaftlichen Rentenbank



rentenbank



Kalk für gesunden Boden

Wird ein Boden zu sauer und verdichtet, können die meisten Pflanzen nicht mehr gut darauf wachsen. Die Zugabe von Kalk wirkt dem entgegen. Daher hat Kalkdüngung eine lange Tradition in der Landwirtschaft und gehört zur Bodenpflege.

SACHINFORMATION:

KALKFORMEN

Kalk wird vielfältig verwendet. Kalk ist nützlich für die Herstellung von sehr vielen Produkten 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.

Zermahlenes Kalkgestein (Naturkalk) wird schon seit Jahrhunderten eingesetzt. Typische Kalkdünger sind kohlen-saurer Kalk (Calciumcarbonat, CaCO_3) 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 (Ca(OH)_2). Seine Nährstoffe (Ca^{2+} und ggf. Mg^{2+}) sind im Boden schnell verfügbar.

Verschiedene Eigenschaften beeinflussen, wie stark und schnell der Kalk im Boden reagiert: Branntkalke sind reaktiver als kohlen-saure Kalke, fein gemahlene sind reaktiver als grobe Körnungen.

KALK: BASE UND BINDEGLIED

Eine zentrale Funktion des Kalks ist seine basische Wirkung und pH-Wert-Anhebung: Indem Kalk im Boden mit Wasser und Kohlensäure reagiert, entstehen OH^- -Moleküle, welche H^+ -Ionen (Protonen) aus der Bodenlösung neutralisieren. Die positiv geladenen Ca^{2+} -Ionen lagern sich z.B. an Tonminerale, werden von Pflanzen als Nährstoff aufgenommen oder mit dem Sickerwasser aus dem Boden abgeführt. Kalk wirkt also als Puffersystem für Säuren, die natürlich oder vom Menschen verursacht in den Boden gelangen, z.B. mit Regenwasser (Ø pH-Wert: 5,6). Weitere Säureeinträge 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. Auch die Nutzpflanzen entziehen dem Ackerboden den Kalk. Und von Natur aus versickert

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Chemie, Erdkunde, Natur & Technik, Schulgartenprojekte

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.

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 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. Pflanzen können nicht mehr gut wachsen; bei Kulturpflanzen sinken die Erträge. Kalkverlust und die daraus folgende Versauerung und Verdichtung der Böden bedroht 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 abgeben.

Grafik zu den Reaktionen auf Seite 14"

Laut Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (2018) sind ca. 40 Prozent der heimischen Böden nicht ausreichend mit Kalk versorgt. Der pH-Wert von Ackerböden sollte zwischen 5,5 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 auf den Feldern kann die Verluste ausgleichen und den pH-Wert verbessern. Der Kalkbedarf wird mittels einer Boden-pH-Wert-Messung bestimmt. Liegt der pH-Wert unterhalb des bodenartspezifischen Optimums, erfolgt eine sogenannte Gesundheitskalkung, meist in mehreren Gaben, bis der angestrebte pH-Wert erreicht ist. Zur Erhaltung der optimalen Kalkversorgung ist alle drei bis vier Jahre eine Erhaltungskalkung erforderlich.

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

Der Kalk selbst sorgt dafür, dass sich die feinen Tonteilchen im Boden nicht so dicht aneinander lagern, dass der Boden porös und krümelig bleibt. Dadurch können Pflanzen besser wurzeln. Der Boden kann besser Wasser aufnehmen und pflanzenverfügbar speichern; er verschlämmt weniger. Staunässe und Bodenverluste durch oberflächiges Wegspülen werden also deutlich vermindert.



Auf der versauerten Fläche wächst die Wintergerste deutlich schlechter.

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 Düngerstreuern 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 deutlich 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, um nicht zu versauern.

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, was weniger als eine Handvoll Kalk/Quadratmeter entspricht.

Es sind viele handlungsorientierte und anschauliche Aufgaben gemäß Lehrplan denkbar, u.a. pH-Wert-Messung mit Farbindikator, Pflanzversuche im Schulgarten oder Demonstration von

gemahlenem Düngekalk (aus Gartenhandel). Arbeitsblatt 1 (zzgl. Extrablätter, S. 6/7) geht das Thema chemisch an: mit der pH-Wert-Messung von Bodenproben und einem Branntkalk-Versuch. Bitten Sie einen Landwirt um eine Bodenprobe. Ihn können die SchülerInnen befragen, was er für einen 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. Arbeitsblatt 2 bezieht sich mehr auf die Kalkanwendung und passt z. B. in den Erdkundeunterricht. Dafür sollten die wichtigsten Bodenarten bzw. Körnungen bekannt sein.



METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Zu Kalk sind viele handlungsorientierte und anschauliche Aufgaben denkbar, u.a. pH-Wert-Messung mit Farbindikator, Pflanzversuche im Schulgarten oder Demonstration von gemahlenem Düngekalk (aus Gartenbedarf). Mit dem pH spielt auch das Rotkohl-Experiment der **Sammelkarte** (S. 23/24).

Die Aufgaben auf **Arbeitsblatt 1** (zzgl. **Extrablätter** S. 6+7) 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.

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Themen in Heft 6 (Bedeutung Boden), 16 (Pflanzenernährung) und 20 (Bodenarten) unter ima-lehrermagazin.de
- » Unterrichtsmaterial zu Kalk allgemein unter kalk.de/publikationen/unterrichtsmaterial/
- » Merkblatt „Hinweise zur Kalkdüngung“ (Nr. 456) unter dlg.org
- » Büchlein „AgrarPraxisKompakt – Kalkdüngung“ unter dlg-verlag.de/shop → Suche

Bodenchemie mit Kalk

- 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.
- 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.

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.

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 vorhanden – 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.

- ③ Führe den nachfolgenden Versuch durch und erkläre deine Beobachtungen. **Achtung, heiß!**

Material: Branntkalk (Calciumoxid), Wasser, Reagenzglas (Ø 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!

- ④ 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 in dieser Zeichnung!

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

KALK
EXTRABLATT 1
ZU ARBEITSBLATT 1

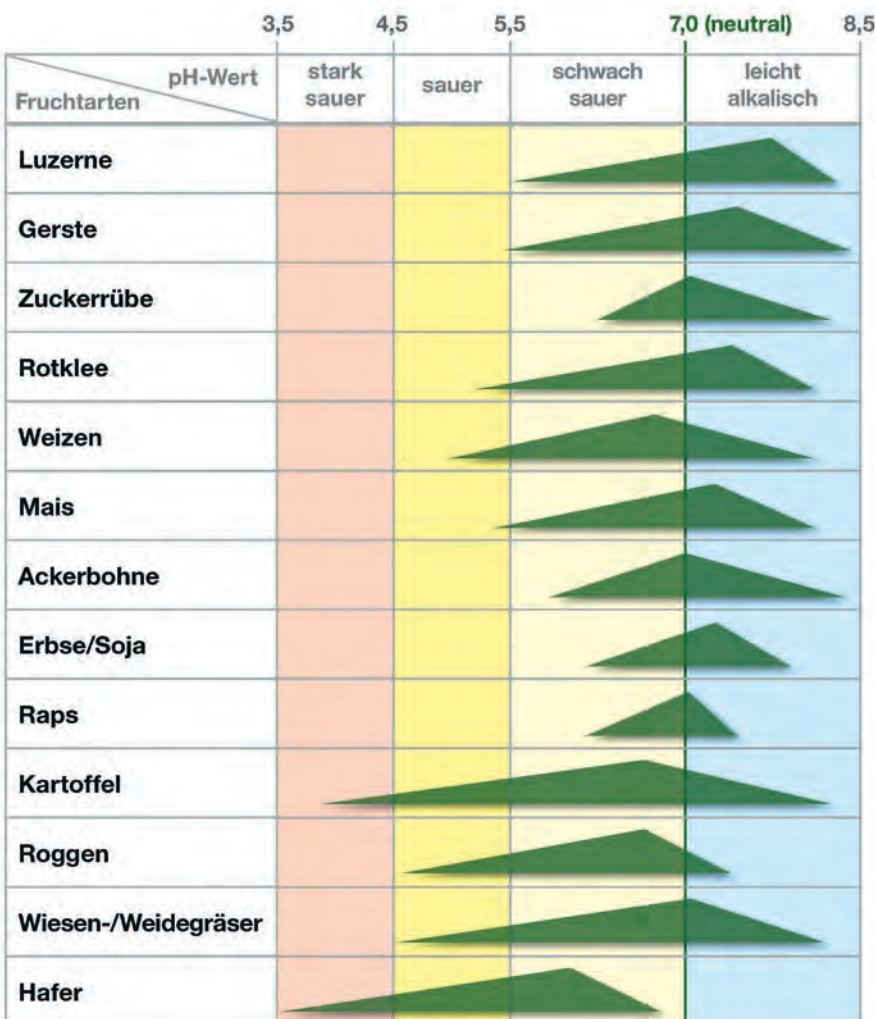
Pflanzen und ihre pH-Vorlieben

Beispiele für Wildpflanzen als Zeigerpflanzen

Stark sauer (pH unter 4,5)	Sauer (pH 4,5 bis 5,2)	Basisch/alkalisch
Borstengras	Schafschwingel	Pastinake
Heidekraut	Flatterhirse/-binse	Wiesensalbei
Heidelbeere, Preiselbeere	Kleiner Sauerampfer	Sichelklee
Wolliges Honiggras		Aufrechte Trespe
Arnika		Fingerkraut
Adlerfarn		Stängellose Distel
Drahtschmiele		

Quelle: „Kalk – Basis für Bodenfruchtbarkeit“ von Josef Galler, Landwirtschaftskammer Salzburg

Beispiele für landwirtschaftliche Kulturpflanzen und ihr pH-Optimum



Zum artgenauen Bestimmen der Zeigerpflanzen nutze eine App, z. B. Flora incognita unter floraincognita.com

Quelle: nach Gericke & Klapp

www.naturkalk.de

Wie puffert Kalk im Boden?

Kalk kommt von Natur aus als Gestein und in vielen Böden vor. Kalk besteht aus Calciumcarbonat (CaCO_3) und teilweise Magnesiumcarbonat (MgCO_3). Bei der Lösung der chemischen Bindung des Carbonats liefert Kalk die Hydrogen-Ionen bzw. Basen (OH^-), welche Bodensäuren (H^+) abpuffern, und andererseits Calcium-Ionen (Ca^{2+}) freisetzen. Die Ca^{2+} -Ionen spielen bei der Pufferung und Säureneutralisation keine Rolle, sind jedoch wesentlich, um die Bodenstruktur zu verbessern (Tonflockung) und zu stabilisieren.

Im Detail läuft die Reaktion vom Kalk zu den Basen (OH^-) über mehrere Stufen ab: Von Natur aus wird das Calciumcarbonat (CaCO_3) im Boden durch Kohlensäure aufgelöst. Die Kohlensäure (H_2CO_3) entsteht aus Wasser und Kohlendioxid (CO_2) in der Bodenluft, das Bodenlebewesen und Pflanzenwurzeln bei ihrer Atmung und Umsetzung von organischer Substanz im Boden bilden.

Je aktiver das Bodenleben, desto stärker ist die CO_2 -Bildung, desto mehr Kohlensäure (H_2CO_3) fällt an. Diese löst das CaCO_3 zu Calciumdihydrogencarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, man spricht von der sog. Carbonatverwitterung. Aus dem $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ entsteht dann in Verbindung mit Wasser das lösliche Calciumhydroxid [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Die Reaktion heißt Kalklöschen. Erst das $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bzw. die frei werdenden Hydrogen-Ionen (OH^-) puffern die Bodensäuren (H^+), wobei neutrales Wasser entsteht. Bei einer Kalkung mit Branntkalk (CaO) entsteht in Verbindung mit Wasser sofort das $\text{Ca}(\text{OH})_2$, welches auch als Kalkhydrat, Kalkmilch, Carbidekalk oder Kalklauge bezeichnet wird.

Kalk wirkt als Puffersystem für Säuren, die natürlich oder vom Menschen verursacht in den Boden gelangen, z. B. mit Niederschlägen: Regenwasser ist mit einem durchschnittlichen pH von 5,6 schwach sauer, u. a. durch Verbrennungsabgase von Autos und Fabriken sowie Kohlensäure aus der Atmosphäre (saurer Regen = pH 4). Weitere Säureinträge können aus übermäßiger Düngung und Abbau von organischem Material stammen. Die Kalkpufferung ist von zentraler Bedeutung für einen stabilen Boden-pH.

Ist der Boden von Natur aus kalkarm oder werden Kalkverluste nicht über Kalkungen ausgeglichen, versauert die Kohlensäure, die von den Bodenlebewesen produziert wird, den Boden. Der pH-Wert im Boden sinkt ab. Erhöht sich hingegen die Konzentration an OH^- -Ionen, z. B. nach einer stärkeren Kalkung, werden H^+ -Ionen neutralisiert (zu H_2O), der Boden-pH steigt an.

Lösung/Grafik auf Extrablatt Kalk, Seite 25

TIPPS ZUR VORBEREITUNG DER ZEICHNUNG:

1. Markiere im Text die verschiedenen Reaktionspartner und chemischen Verbindungen (z. B. Wasser, CaO) mit verschiedenen Farben.
2. Schau dir im Web oder in Büchern andere Schaubilder von Kreisläufen zur Orientierung an.
3. Zeichne erst eine Skizze der groben Aufteilung mit Boden, Himmel, Feld usw. Schreibe alle beschriebenen Vorgänge als Reaktionsgleichungen auf ein eigenes Blatt.
4. Passe die Aufteilung so an, dass du die Gleichungen übersichtlich eintragen kannst.



Kalk hilft dem Boden und den Pflanzen

- ① Lies den Textabschnitt der Sachinfo „Kalkdüngung als Ausgleich“. Liste in Stichpunkten auf, was der Kalk alles im Boden bewirkt und wie er ihn schützt und den Pflanzen nützt. Markiere mit unterschiedlichen Farben, welche Wirkungen eher physikalisch, chemisch oder biologisch sind. Lösung auf Extrablatt 3 (s. 9)
- ② Recherchiere im Text und online die üblichen Düngekalkarten: Branntkalk, kohlenaurer (Magnesium-)Kalk und Mischkalk. Erkläre kurz in deinen Worten.
- ③ Lies den Textabschnitt der Sachinfo „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.
- ④ a) Erkläre mit deinen eigenen Worten, was die Begriffe Erhaltungs- und Gesundungskalkung bedeuten.
b) Schau dir die beiden Tabellen an. Beschreibe und begründe die Zusammenhänge von
 - » Bodenart, Nutzungsform und pH-Optimum
 - » Bodenarten, Nutzungsform und Niederschlagsmenge zu Kalkbedarf.

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

s/S = Sand[ig], l/L = Lehm[ig], t/T = Ton[ig], u = schluffig

Genauere Zahlen zum Kalkbedarf je nach Bodenart und -zustand findest du auf Extrablatt 4.

- ⑤ Führe den folgenden Versuch zur Wirkung von Kalk im Boden durch. Notiere deine Beobachtungen und erkläre sie.

Material: Branntkalk (Calciumoxid aus Sammlung) oder Gartenkalk, 3 große Gläser (1l) mit Deckel, 1,5 kg feuchter Boden (möglichst sauer, vgl. AB 1, Aufg. 1), Löffel, Lackmuspapier	
Zeitbedarf: 1 Std. und mehrmals 5 Minuten	
Schritt 1	Erde durchmischen und in jedes Glas 500 g füllen. Gläser mit „0“, „2,5“ und „5“ beschriften. Tabelle für die 3 Versuchsreihen anlegen. Anfangs-pH-Wert des Bodens bestimmen.
Schritt 2	2,5 und 5 g Kalk abwiegen und in entsprechendem Glas gleichmäßig unter die Erde rühren. Gläser lose abdecken und an einen sicheren Ort stellen.
Schritt 3	Nach 1 Tag, 1 Woche, 2 und 3 Wochen jeweils pH-Wert bei allen 3 Gläsern bestimmen und notieren. Erde ggf. zwischendurch befeuchten.
Für Entsorgung Erde zurück an Entnahmestelle bringen oder zum Abfall geben.	



Ätzend. Gefahr!

KALK EXTRABLATT 3 ZU ARBEITSBLATT 2

Lösung für Arbeitsblatt 2, Aufgabe 1:



Zeiten und Zwecke des Kalkens

Fruchtarten	Monate	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
zu Stoppelfrüchten	Vorsaat												
zu Raps	Vorsaat												
zu Wintergerste	Vorsaat	Kopfkalkung											
zu Roggen	Vorsaat	Kopfkalkung											
zu Weizen	Vorsaat	Kopfkalkung											
zu Sommergerste und Hafer	Stoppel	Winter											
zu Zucker- und Futterrüben	Stoppel	Winter											
zu Mais	Stoppel	Vorsaat											
zu Körnerhülsenfrüchten	Stoppel	Winter											
zu Feldgemüse		Vorsaat											
zu Kartoffeln		Kopfkalkung											
zu Luzerne		Vorsaat											
zu Klee-Einsaaten		Bestandskalkung											
auf Wiesen		in der Vegetationsruhe											
auf Weiden	nach dem Umtrieb	in der Vegetationsruhe											
im Garten		Beete Kompost Baumstämme Rasen											
auf Fischteiche	Teichwasser	Teichboden											
im Wein- und Hopfenanbau		beim Rigolen und ihr Ertragsalter											
im Forstbetrieb		das ganze Jahr											

Quelle: Düngekalk-Hauptgemeinschaft

www.naturkalk.de

Kalkbedarf von Böden

Gehaltsklassen (GK) und Kalkempfehlung (kg/ha CaO, gerundet) für Ackerland bei 2 % Humus in Abhängigkeit von Ist-pH-Wert und Bodenart

Bodenart	S		IS, sU		ssL, IU		sL, uL, L		utL, tL, T	
	Ist-pH-Wert	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK
5,0	B	2000	B	4700	A	6600	A	7800	A	9400
5,1	B	1800	B	4300	A	6200	A	7500	A	9000
5,2	B	1600	B	3900	A	5800	A	7100	A	8600
5,3	B	1300	B	3500	A	5400	A	6800	A	8300
5,4	C	1100	B	3200	B	5100	A	6400	A	7900
5,5	C	800	B	2800	B	4700	A	6000	A	7500
5,6	C	600	B	2400	B	4300	A	5700	A	7100
5,7	C	400	B	2000	B	3900	A	5300	A	6700
5,8	C	100	C	1700	B	3500	B	4900	A	6300
5,9	D	-	C	1300	B	3100	B	4600	A	5900
6,0	D	-	C	900	B	2700	B	4200	B	5500
6,1	E	-	C	500	B	2300	B	3800	B	5100
6,2	E	-	C	100	C	1900	B	3500	B	4700
6,3	E	-	D	-	C	1500	B	3100	B	4300
6,4	E	-	D	-	C	1100	B	2700	B	4000
6,5	E	-	E	-	C	700	B	2400	B	3600
6,6	E	-	E	-	C	300	C	2000	B	3200
6,7	E	-	E	-	D	-	C	1600	B	2800
6,8	E	-	E	-	D	-	C	1300	C	2400
6,9	E	-	E	-	E	-	C	900	C	2000
7,0	E	-	E	-	E	-	C	600	C	1600
7,1	E	-	E	-	E	-	D	-	C	1200
7,2	E	-	E	-	E	-	D	-	C	800
7,3	E	-	E	-	E	-	E	-	D	-

L = Lehm, S = Sand, T = Ton, U = Schluff, l = lehmig(er), s = sandig(er), t = tonig(er), u = schluffig(er)
Stand: 01.02.2015 Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Kalkgehaltsklassen:

Experten teilen die Kalkversorgung von Böden in 5 Klassen von A–E ein:

- A = sehr niedrig } akut säuregeschädigt → dringend kalken;
 B = niedrig }
 C = mittel = optimal → mäßig kalken;
 D = hoch = leicht basisch → nicht kalken;
 E = sehr hoch = stark alkalisch → sauer wirkende Düngemittel einsetzen

Waldkalkung



Die Debatte um sauren Regen und Waldsterben vor ca. 30 Jahren hat das Bewusstsein für Natur- und Umweltschutz in Deutschland nachhaltig geprägt. Heute findet dieses Thema in den Medien kaum noch statt. Doch die Probleme sind nicht gelöst, die Altlasten nicht alle beseitigt. Im Gegenteil: Waldkalkung bleibt ein wichtiges Thema – für mehr als ein Drittel der deutschen Waldböden!

SACHINFORMATION:

GESUNDE UND KRANKE WÄLDER

Wie es den Wäldern geht, beantworten die Wald- und Bodenzustandsberichte mehrerer Bundesländer. Je nach geografischer Lage und Exposition sind die Befunde zwar unterschiedlich, doch in der Summe sind die Ergebnisse eindeutig: Bundesweit sind über 70 Prozent der Bäume nicht gesund (36 % deutlich ver-

lichtet) und etwa ein Drittel der Waldböden sehr stark versauert (Stand 2020). Das schränkt die natürlichen Lebensgrundlagen für Bäume, andere Waldvegetation und für viele Bodenorganismen deutlich ein. An extrem sauren Standorten liegen zu wenige Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) und Basen vor.

Die Versauerung der Waldböden resultiert heute zum großen Teil aus Einträgen von Stickoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH_3), die von Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und Haushalten in die Umwelt abgegeben (Emission) und mit den Niederschlägen in die Böden eingetragen (Immission) werden. Demgegenüber hat Schwefeldioxid (SO_2) an Bedeutung verloren, u. a. dank der Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken. In den 1980er-Jahren war SO_2 noch einer der wichtigsten Versauerungsfaktoren; seine Altlasten tragen auch heute noch zur Schädigung der Wälder und Böden bei.

Die Wälder „leben“ also nicht nur mit den aktuellen Einträgen, sondern auch mit den Altlasten aus den letzten 75 Jahren der Industrie und Nutzung fossiler Energie (Öl, Kohle, Gas). Der Eintrag von Säureäquivalenten liegt seit fast 50 Jah-

QUELLEN DER SÄUREEINTRÄGE

- » Schwefeldioxid (SO_2): v. a. aus der Verbrennung von Kohle und schwefelhaltigen Heizölen in Kraftwerken, Hochseeschiffen, Industrie und anderen stationären Verbrennungsanlagen;
- » Stickoxide (NO_x): v. a. von Kraftfahrzeugen und Verbrennungsprozessen;
- » Ammoniak (NH_3): v. a. aus der Verwendung von Wirtschafts- und Stickstoffdüngern in der Landwirtschaft

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Biologie, Chemie, Erdkunde, Natur & Technik

Die Schülerinnen und Schüler

- » schauen einen Film zur Waldkalkung an und beantworten Fragen dazu;
- » ergänzen und beschreiben Grafiken zur Bodenchemie und Wirkung von Kalk;
- » recherchieren Pflanzenarten als Zeigerpflanzen für saure Waldböden und Beispiele von Säureschäden;
- » beschreiben weitere Auswirkungen von Bodenversauerung auf ihre eigene Lebenswelt (Trinkwasser, Artenvielfalt).

ren bei vielen Waldstandorten über dem natürlichen Puffervermögen der Böden.

WIRKUNG DER SÄUREEINTRÄGE

Zwei Faktoren spielen bei einer sehr starken Bodenversauerung zusammen: das Ausmaß und die Qualität der nassen und trockenen Deposition (Immission) sowie die Pufferfähigkeit des jeweiligen Bodens als Aufnahmemedium. Die versauernde Wirkung entfaltet sich dann in mehreren Schritten: Zunächst werden die eingetragenen Säuren (z. B. Sulfat und Nitrat) je nach Puffersystem entweder neutralisiert (basische Kationen wie Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ und Na^+) oder die Wasserstoffprotonen (H^+) lösen Kationen von Bodenpartikeln (Kationaustauscher). Sofern die Pflanzen die Kationen und Anionen nicht aufnehmen, können sie mit dem Sickerwasser aus der durchwurzelten Bodenzone in den Untergrund verlagert werden. Damit gehen diese Stoffe als Nährelemente verloren. Außerdem sinkt die Pufferkapazität für nachfolgende Einträge. Weitere versauernde Immissionen führen zu noch niedrigeren pH-Werten.

Aus diesen Prozessen resultieren neben einer veränderten Ionen- und Nährstoffzusammensetzung in den Böden auch schlechtere Wachstumsbedingungen für die Pflanzen und ungünstige Lebensbedingungen für die Mikroorganismen, die u. a. für Umsetzungsprozesse unentbehrlich sind. Sinkt der pH-Wert weiter, werden zunehmend Säuren und toxische Metalle (z. B. Aluminium) im Boden mobilisiert, die dann mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangen und die Wurzeln bzw. die Wurzelbildung schädigen oder behindern können.

Diese Veränderungen beeinträchtigen nachhaltig Bäume, die restliche Waldvegetation, Böden und Bodenorganismen sowie die Qualität der Grundwasserkörper. Solche Prozesse sind nur sehr langsam wieder umkehrbar. Vegetation und Lebewesen verlieren Vitalität und Robust-

heit, Boden und Wasser büßen Qualität ein. Wälder können dann nicht mehr ihre vielen ökologischen Leistungen – z. B. Sauerstoff produzieren, Niederschläge aufnehmen und filtern, Waldböden vor Erosion schützen – erbringen.

WALDKALKUNG ALS ABHILFE

Seit den 1980er-Jahren ist die „regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung“ als geeignete Maßnahme anerkannt. Sie soll übermäßige Säuren neutralisieren und bessere Lebensmilieus für das Bodenleben und die Wurzeln der Pflanzen schaffen. Außerdem verbessert sie spürbar die Nährstoffversorgung (z. B. Ca, Mg) für die Bäume und die übrige Waldvegetation inkl. Tierwelt.

Die Waldkalkung wirkt so als kontinuierliches Vorbeuge- und Heilmittel gegen die Übersäuerung der Böden. Kalk (Calciumcarbonat/ CaCO_3) und Magnesiumcarbonat/ MgCO_3) liefert bei der Lösung seiner chemischen Bindung einerseits die Hydroxid-Ionen bzw. Basen (OH^-), welche die Säuren (H^+) im Boden abpuffern, und andererseits die positiv geladenen Calcium/Magnesium-Ionen (Ca^{2+} -/ Mg^{2+} -Kationen). Letztere neutralisieren zwar nicht die Säure, verbessern aber die Basensättigung und Nährstoffverfügbarkeit und stabilisieren die Bodenstruktur (vgl. S. 3-4).

SCHUTZ FÜR DIE GEMEINSCHAFT

Dass die in Deutschland seit mehr als 30 Jahren durchgeführten Bodenschutzkalkungen im Wald den gewünschten Erfolg bringen, ist in mehreren Waldzustandsberichten und Forschungsarbeiten nachzulesen. Dennoch findet die Waldkalkung nicht in dem erforderlichen Umfang statt. Die nötige Kalkmenge kann pauschal wie folgt abgeleitet werden: Von rund 11 Mio. Hektar Gesamtwaldfläche in Deutschland sind mehr als 3,6 Mio. Hektar als stark kalkungsbedürftig eingestuft. Drei Tonnen kohlenaurer Magnesiumkalk pro Hektar alle zehn Jahre gelten als übliche Aufwandmenge, um Säureeinträge zu neutralisieren und den pH-Wert des Bodens zu stabilisieren. Für die Aufarbeitung der Säure-Altlasten und die weitergehende Erhaltungskalkung wären also pro Jahr rund 1 Mio. Tonnen kohlenaurer Magnesiumkalk in ganz Deutschland erforderlich. Die Bodenschutzkalkung im Wald wird zum größten Teil aus Landes-, Bundes- und EU-Fördermitteln finanziert. Denn die gesamte Gesellschaft ist für die Waldökosysteme und profitiert

WAS BODENVERSAUERUNG IM WALD BEDEUTET:

- » Das Absinken des pH-Werts um 1 Einheit bedeutet eine Versauerung des Bodens um den Faktor 10. Sinkt der pH-Wert z. B. von 6 auf 4, liegt eine 100-fach höhere H^+ -Konzentration vor;
- » Silikatzerstörung und Mobilisierung von Schwermetallen: Freie Cd-, Pb- und Al-Ionen hemmen das Wurzel- und Pflanzenwachstum. Über Grundwasser auch Gefahr für Menschen;
- » Säurestress: Freigesetzte toxische Al^{3+} -Ionen führen selbst bei relativ säuretoleranten heimischen Baumarten wie Buche, Eiche, Tanne, Fichte oder Kiefer zu Säurestress und eingeschränkter Nährstoffaufnahme. Die Bäume werden anfälliger für Sekundärschäden wie Schädlinge, Windbruch und Trockenheit.

von den weitreichenden Ökosystemleistungen eines gesunden Waldes.

Der Förderbedarf beläuft sich in Deutschland auf ca. 90 bis 100 Mio. Euro pro Jahr. Das pro Jahr durchschnittlich verfügbare Fördervolumen in Höhe von 10 bis 13 Millionen Euro reicht aber nur für etwa 200.000 Tonnen Kalk – also nur für ein Fünftel der kalkbedürftigen Fläche. ExpertInnen fordern daher eine Ausweitung zum Schutz von Wald, Waldboden und Wasser.

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Nur die Lehrkraft liest den Text. Die SchülerInnen schauen den Film und bearbeiten ihn mit **Arbeitsblatt 1**. Die Jugendlichen sollen so die Problemstellung und Lösungsansätze kennenlernen. Wenn genug Zeit vorhanden ist, messen die SchülerInnen ganz praxisnah den pH-Wert einer Waldbodenprobe (**Anleitung S. 5**).

Arbeitsblatt 2 geht genauer auf Zeigerpflanzen und Säureschäden an Bäumen ein. Außerdem zeigt es nochmal genauer, wie Kalk Säuren puffert. Weitere Reaktionen erläutert das **Extrablatt** (S. 25).

Dass Wälder und Natur lebendig und schützenswert sind und einen (Erholungs-)Wert besitzen, erleben die Jugendlichen mit der Sinnesübung auf der **Sammelkarte** (S. 23/24).

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Film „Kalk ist gut für Boden, Wald und Wasser“ unter waldkalkung.com oder youtu.be/-79uf6tkQZA
- » Unterrichtskonzepte zu Boden und Wald (v. a. Ökologie) unter schulbiologiezentrum.info
→ Themenseite Wald

Kalk im Wald – warum und wie?

- ① Schau dir aufmerksam den Film an und beantworte danach in Stichworten die Fragen zum Film, soweit du dich erinnerst.
Schau den Film dann ein zweites Mal an und ergänze deine Notizen. Formuliere nun deine Antworten aus.

- 1.1 Wofür ist ein gesunder Waldboden wichtig?
- 1.2 Wie ist der Zustand unserer Waldböden? Welche Standorte sind besonders betroffen?
- 1.3 Was sind die Folgen einer sehr starken Bodenversauerung?
- 1.4 Was ist eine Bodenschutzkalkung (im Wald)?
- 1.5 Welcher Kalk wird bei der Waldkalkung verwendet und wie viel?
- 1.6 Wie läuft die Waldkalkung üblicherweise ab?
- 1.7 Welche positiven und negativen Auswirkungen hat sie?
- 1.8 Wer übernimmt die Organisation und Kosten?

Film „Kalk ist gut für Boden, Wald und Wasser“
unter youtu.be/-79uf6tkQZA

Zusatzaufgabe: Inwiefern betrifft es auch dich und deine Mitmenschen, wenn der Waldboden sehr stark versauert ist? Was hältst du davon, dass die Waldkalkung von öffentlichen Geldern bezahlt wird, und dass die Waldeigentümer mehr finanzielle Unterstützung dafür fordern?

- ② Im Film werden mehrere Reaktionen im (sauren) Boden angesprochen.
Zeichne in der Grafik die freigesetzten Kationen ein. H^+ , Al^{3+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , K^+



ZIEL DER BODENSCHUTZKALKUNG:

- » Säuren werden neutralisiert, der pH-Wert sinkt nicht weiter oder steigt sogar.
- » Bodenstruktur verbessert sich.
- » Nährstoffe sind besser für Pflanzen verfügbar.
- » Besseres Milieu für gewünschte Bodenlebewesen und Mikroben.
- » Schwermetalle werden weniger gelöst bzw. bleiben gebunden → bessere Nährstoffversorgung mit Mg und Ca.
- » Grundwasser geschützt!

Chemie im Waldboden

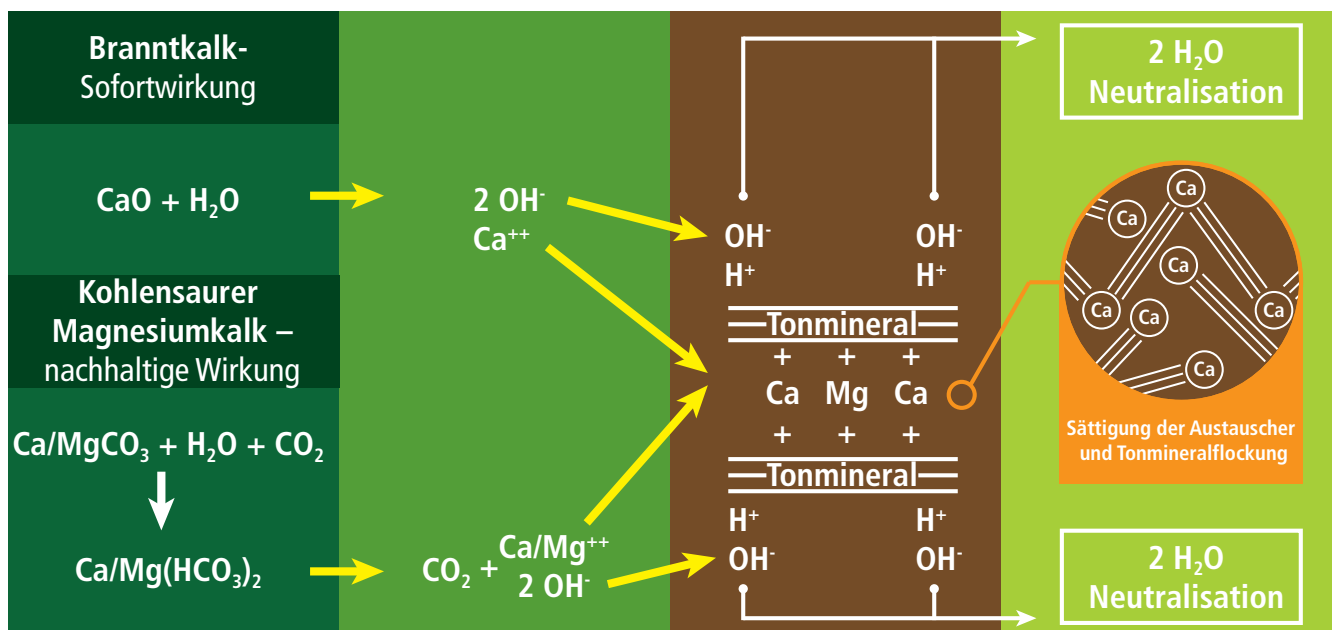
Unsere Böden besitzen je nach Zusammensetzung und Zustand unterschiedliche Systeme, um eingetragene Säuren zu puffern. Bei sehr niedrigen pH-Werten (Aluminium- oder Eisen-Puffersystem) können neue Säureeinträge kaum noch natürlich gepuffert werden. Daher muss der Mensch dem Waldboden basisch wirkende Stoffe zuführen, um Bodenverschlechterungen zu vermeiden. Dazu dient Kalk, der auch von Natur aus an vielen (anderen) Standorten und in einigen Böden vorkommt.

- ① Suche im Internet Fotos von Bäumen und Wäldern mit (Säure-)Schäden. Recherchiere und erkläre kurz, was mit dem Boden, den (Baum-)Wurzeln, Stämmen und/oder Blättern geschieht, wenn der pH-Wert sehr niedrig (kleiner pH 4) ist.
- ② Pflanzen und Bodenlebewesen bevorzugen unterschiedliche Wachstumsbedingungen. Dazu gehört auch der angemessene pH-Wert des Bodens. Recherchiere online, welche Baumarten, Waldpflanzen und Bodenlebewesen sensibler und welche toleranter gegenüber sehr niedrigem pH-Wert sind. Nenne je 3 Beispiele.



Auf stark versauerten Böden können sich die Bäume schlechter mit Nährstoffen versorgen und gegen Schädlinge wehren (rechts: Borkenkäfer-Schaden im Harz).

- ③ Beschreibe anhand der Grafik, wie der Kalk die Säuren im Boden, genauer gesagt ihre H^+ -Ionen, neutralisiert. Erläutere auch, wie der Kalk den Boden auflockert.



Was Kalk mit Milch zu tun hat

Auch auf Grünland (Wiesen und Weiden) ist Kalkung wichtig, denn je nach pH-Wert und Kalkversorgung des Bodens wachsen dort unterschiedliche Kräuter und Gräser. Das beeinflusst maßgeblich die Futterqualität für alle Tiere, die damit ernährt werden.

SACHINFORMATION: WAS IST GRÜNLAND?

Als Grünland werden landwirtschaftlich genutzte Flächen bezeichnet, auf denen dauerhaft verschiedene Gräser und Kräuter gedeihen. Die Pflanzen wachsen dort über mehrere Jahre und bilden dadurch eine geschlossene Grasnarbe. Grünland ist ein vielfältiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere und liefert wichtiges Futter, v. a. für Wiederkäuer.

Wenn auf dem Grünland z. B. Milchkühe, Rinder, Schafe oder Pferde grasen, nennt man es „Weide“. Mäht der Landwirt sein Grünland, um daraus Grundfutter (Heu, Silage) für seine Tiere im Stall zu gewinnen, heißt es „Wiese“. Eine Wiese für Milchkühe wird in der Regel drei- bis fünfmal im Jahr gemäht bzw. beerntet. So gewinnt der Landwirt ausreichend Grundfutter für seine Tiere, um damit hochwertige Lebensmittel wie Milch und Fleisch zu erzeugen. Das rohe Futter ist faserreich und gut für die Verdauung der Tiere.

WAS WÄCHST AUF GRÜNLAND?

Welche Gräser und Kräuter und welche Menge davon ein Landwirt von seinem Grünland ernten kann bzw. die Tiere fressen können, hängt von mehreren Faktoren ab: zum einen wie intensiv die Fläche genutzt wird und zum anderen von der Wasser- und Nährstoffversorgung der Fläche, also der Düngung des Grünlandes. Diese hat wesentlichen Einfluss auf Qualität und Menge des Futters.

Bei der Düngung ist neben den Nährstoffgehalten auch der pH-Wert des Bodens – also die Kalkversorgung – wichtig. Denn der pH-Wert beeinflusst das Spektrum an Pflanzenarten und damit die Futterqualität. Um den pH-Wert in einem optimalen Bereich für die erwünschten Futterpflanzen zu halten, muss der Landwirt sein Grünland regelmäßig kalken.

Die ertragsbestimmenden Gräser wachsen am besten im schwach sauren pH-Bereich von 5,5–6,5. Das sind z. B. Deutsches Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenrispe und Wiesenlieschgras. Diese Gräser haben einen hohen Futterwert, d. h. sie enthalten viele wichtige Nährstoffe. Sie ergeben viel Futtermasse pro Fläche und sind gut verdaulich. Die Tiere fressen diese Gräser zudem gern.

Bei einem niedrigen pH-Wert unter 5,5 dominieren hingegen die minderwertigen, weniger schmackhaften „Sauergräser“, wie z. B. die Gemeine Rispe. Das führt dazu, dass z. B. Milchkühe weniger Nährstoffe bzw. Energie aus dem Futter aufnehmen und schließlich weniger Milch geben. Es ist also wichtig für den wirtschaftlichen Erfolg eines Landwirtes,



LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Biologie, Chemie, Erdkunde, Natur & Technik

Die Schülerinnen und Schüler

- » definieren Begriffe wie Grünland;
- » porträtieren typische (Zeiger-) Pflanzenarten;
- » untersuchen den Pflanzenbestand und Boden-pH auf Grünland (Exkursion);
- » interviewen einen Landwirt zur Kalkdüngung und Grünlandpflege.

seinen Kühen ein qualitativ hochwertiges Futter bereitzustellen.

SO WIRKT DAS KALKEN

Durch die Ernte und die Auswaschung mit Sickerwasser werden dem Boden Nährstoffe, wie z. B. Calcium, Magnesium, Kalium und Phosphat entzogen. Durch die Verluste an Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) und die Atmung der Bodenlebewesen sinkt der pH-Wert (Anreicherung von H-Ionen). Diese Versauerung des Bodens kann nur durch eine regelmäßige Kalkung des Grünlandes verhindert werden.

Der Kalk stabilisiert die Bodenstruktur und bewirkt so, dass der Boden Wasser besser speichern kann und besser durchlüftet wird. Wichtige Nährstoffe, wie z. B. Stickstoff, Phosphor, Kalium, Schwefel oder Magnesium, für die Pflanzen besser verfügbar. Darüber hinaus vermeh-



ren sich nützliche Bodenlebewesen wie Bakterien und Regenwürmer am besten im schwach sauren bis neutralen pH-Bereich. Pflanzen bilden ihr Wurzeln besser aus und können so vorhandene Nährstoffe im Boden leichter aufnehmen.

Das Kalken verbessert über diese Effekte auf die Futterpflanzen die Versorgung der Tiere. Zudem steigt der Anteil der Pflanzenarten, die den Tieren besseres Futter bieten. Ein optimaler Pflanzenbestand besteht aus rund 80 Prozent wertvollen Gräsern, 10 Prozent Kleearten und 10 Prozent schmackhaften Kräutern wie Löwenzahn und Schafgarbe. Hilfreich sind auch die Nährstoffe aus dem Kalk selbst: Denn Kalk enthält viel Calcium und oft Magnesium. Sie beugen Mangelsymptomen und z. B. Milchfieber bei Milchvieh vor. Ausreichend gekalktes Grünland trägt also zur Gesundheit der Kühe bei.

BEDARF DES BODENS

Wie viel Kalk ein Boden benötigt, hängt neben dem Gräseraufwuchs in erster Linie von seiner Beschaffenheit (Bodenart) ab. Je höher der Tongehalt des Bodens ist (schwere Böden), desto wichtiger ist der Kalk für die Bodenstruktur, weil diese schneller verdichten. Deshalb steigt der anzustrebende pH-Wert mit steigendem Tongehalt vom Sand bis hin zum Ton an. Die empfohlenen pH-Werte bzw. Kalkgehalte liegen für Grünland-Standorte um ca. 0,5 Einheiten unterhalb derer von Ackerland mit vergleichbaren Bodenarten. Denn im Vergleich zu Ackerböden besitzen Grünlandböden üblicherweise einen höheren Humusgehalt. Und der soll nicht durch übermäßige mikrobielle Aktivität abgebaut werden.

Auch wenn der pH-Wert im optimalen Bereich liegt, muss der Landwirt regelmäßig kalken, um die unvermeidbaren Kalkverluste (durch Ernte usw.) zu ersetzen (Erhaltungskalkung). Die „Gesundungskalkung“ hingegen ist eine Aufkalkung versauerter Böden, die den pH-Wert langfristig bis in den optimalen Bereich erhöht.

KALK IN DER ANWENDUNG

Auf Grünland kommen mild wirkende kohlensäure Kalke (möglichst mit Mg) zum Einsatz, da hier eine langsame, nachhaltige Wirkung gewünscht ist. Branntkalk und Mischkalk sind für Grünland ungünstig, da sie recht schnell wirken. Der Kalziumoxid (CaO)-Gehalt von kohlensäurem Kalk liegt über 53 Prozent. Die notwendige Menge CaO pro Hektar richtet sich nach dem pH-Wert

Erforderliche CaO-Mengen je nach Boden und pH-Wert (Grünland, bis 15 % Humus)

Bodenart	pH-Klasse						Max. Kalk-einzelgabe CaO (dt/ha)
	A		B		C		
	Gesundungs-kalkung		Aufkalkung		Erhaltungskalkung		
	pH-Wert	CaO (dt/ha)	pH-Wert	CaO (dt/ha)	pH-Wert	CaO (dt/ha)	
Sand [S]	≤3,5–4,0	30–19	4,1–4,6	16–5	4,7–5,0	4	21
Schwach lehmiger Sand [I'S]	≤3,8–4,3	40–27	4,4–5,1	24–6	5,2–5,5	5	21
stark lehmiger Sand [IS]	≤4,0–4,4	50–33	4,6–5,3	30–7	5,4–5,7	6	28
sand. bis schluffiger Lehm [sL/uL]	≤4,2–4,7	57–38	4,8–5,5	35–8	5,6–5,9	7	35
Lehm bis Ton [t'L/tL/IT/T]	≤4,2–4,7	68–47	4,8–5,6	43–9	5,7–6,1	8	42

* darüber (=pH-Klasse D und E) und über 15% Humusgehalt wird keine Kalkung empfohlen.
Die empfohlenen Kalkmengen beinhalten den Kalkbedarf bis zur nächsten Bodenuntersuchung (Empfehlung: alle 4 Jahre). Quelle: SMUL Sachsen

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien in Heft 29 (Grünland) und 15 (Futter Rind) unter ima-lehrermagazin.de

und der Bodenart der Bodenprobe (s. Tabelle). Zur Ausbringung kohlenaurer Kalke dienen üblicherweise Teller- oder Schleuderstreuer.

Den Zeitpunkt der Kalkung kann der Landwirt relativ flexibel wählen: im zeitigen Frühjahr vor dem Wachstumsstart der Gräser sobald der Boden befahrbar ist, später nach einem der Wiesenschnitte oder im Sommer nach der letzten Nutzung bzw. Beweidung.



Der Kalk wird ausgestreut. Er gelangt später mit dem Regen in den Boden.

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Eine Exkursion sollte jeder Klasse möglich sein, weil Grünland weit verbreitet ist, auch am Stadtrand. Aus rechtlichen und fachlichen Gründen sollte der Besuch einer Wiese oder Weide zusammen mit dem Landwirt bzw. Besitzer erfolgen. **Arbeitsblatt 1** unterstützt die Vorbereitung der Exkursion, **Arbeitsblatt 2** die Durchführung. Zur Nachbereitung schreiben die SchülerInnen einen Bericht, in dem sie ihre Erlebnisse und Erkenntnisse einer fiktiven Person erklären. Die **Sammelkarte (S. 23/24)** liefert ein Rätsel, mit dem sie die Namen von Futtergräsern und Zeigerpflanzen wiederholen.

Teil 1 Theorie: Was hat Kalk mit Milch zu tun?

Milch kommt von Kühen – Kühe fressen u. a. Grundfutter von Weiden und Wiesen – Weiden und Wiesen beherbergen viele unterschiedlich nahrhafte Pflanzen – und welche Pflanzenarten dort wachsen, hängt stark vom pH-Wert bzw. Kalkgehalt des Bodens ab. Diese Verkettung ist so stark, dass die Landwirte das Grünland mit Kalk und Dünger pflegen. Auf diese Weise bekommen die Tiere gutes Grundfutter, bleiben gesund und geben viel gute Milch, die reich an Calcium ist. Wie das genau funktioniert, erfährst du hier und bei einer Exkursion „ins Grüne“. Bereite dich mit diesen Aufgaben vor.

- ① **Recherchiere und erkläre in wenigen Sätzen, was die Begriffe Dauergrünland, Weide und Wiese genau bedeuten.**
- ② **Suche dir eine der nachfolgend genannten Pflanzenarten aus. Recherchiere ihre Eigenschaften und erstelle ein Porträt auf einem DIN-A4-Blatt mit Foto oder Zeichnung. Gehe ein auf:**
 - » bevorzugter pH-Wert(-Bereich)
 - » Süß-/Sauergras bzw. kalk-liebende oder säure-liebende Pflanze
 - » Ober-/Mittel-/Untergras
 - » Erkennungsmerkmale von Blüte/Blätter/Blattgrund und Triebgrund
 - » Futterwert

Höherer Futterwert	Geringerer Futterwert
Deutsches Weidelgras	Gemeine Rispe
Wiesenschwingel	Schafschwingel
	Rotschwingel
Wiesenrispe	Wolliges Honiggras
Wiesenlieschgras	Kleiner Sauerampfer
Weißklee	Seggenarten
Wiesenfuchsschwanz	
Knautgras	
Glatthafer	



- ③ **Im Boden befinden sich viele verschiedene Nährstoffe, z. B. Phosphat, Kalium, Schwefel und Zink. Nenne weitere wesentliche Nährstoffe, die im Boden vorkommen.**

- ④ **Lies nach und erkläre kurz mit eigenen Worten, wie Pflanzen Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen und welche Faktoren Einfluss darauf haben.**
- ⑤ **Erkläre, was der Begriff „Nährstoffverfügbarkeit“ für die Pflanzen bedeutet und was der pH-Wert damit zu tun hat.**

Zusatzaufgabe: Klee ist eine eiweißreiche Futterpflanze und gehört zu den Leguminosen.

Recherchiere, wie Kalk verschiedene Kleearten fördert. Tipp: Der Nährstoff Molybdän spielt eine Rolle.

Teil 2 Praxis: Was hat Kalk mit Milch zu tun?

Untersucht mit einem/einer LandwirtIn eine Wiese oder Weide im Umkreis eurer Schule und lasst euch alles zum Thema Gräser, Futter, Nährstoffe und Kalk erklären.

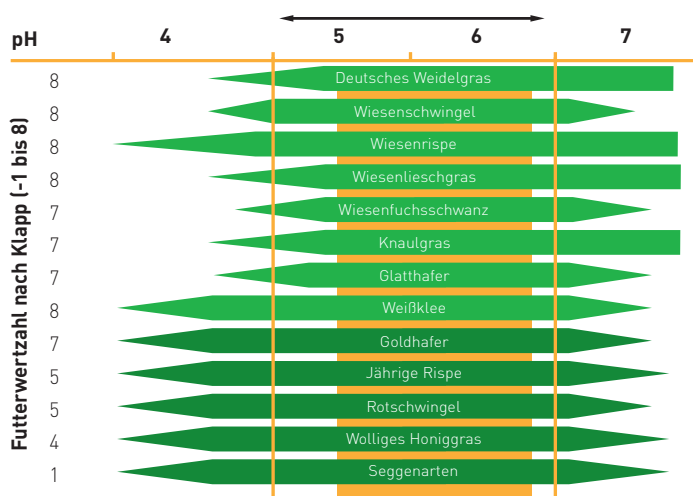
Packliste für die Exkursion:

Metermaß, Kordel oder Flatterband (evtl. Heringe), pH-Meter (z. B. Hellige pH-Meter) oder Indikatorpapier, Spaten, Eimer und Schüsseln, Wasser, Gräserporträts (am besten vorher einlaminiieren), Bestimmungsbücher für weitere Pflanzen

- 1 **Steckt an mehreren Stellen je einen Quadratmeter ab, wo der Landwirt es erlaubt. Bestimmt alle Gräserarten, die ihr dort finden könnt. Notiert auch weitere Pflanzen (z. B. Kräuter) und Tiere.**
- 2 **Kreuzt häufige Gräserarten in dieser Grafik an. Überlegt gemeinsam, was die Pflanzen über den pH-Wert des Bodens und den Futterwert des Grünlandes verraten.**

Beim Bestimmen der Pflanzenarten hilft dir eine App, z. B. von floraincognita.com

IDEALER PH-WERT-BEREICH FÜR FUTTERGRÄSER



- 3 **Stecht ein Stück Grasnarbe aus dem Boden. Bestimmt den pH-Wert des Bodens darunter laut Anleitung und Skala auf der Verpackung. Passen die Werte zu den gefundenen Arten?**
- 4 **Befragt den/die LandwirtIn und notiert die Antworten. Überlegt euch weitere Fragen, die ihr stellen möchtet.**
 - » Wofür nutzt er/sie diese Fläche? Wie oft mäht er/sie sie?
 - » Welche Eigenschaften hat der Boden?
 - » Wie versorgt er/sie den Boden mit Nährstoffen und Kalk? Welchen Kalk nutzt er/sie und warum?
 - » Wie sind seine/ihre Erfahrungen zur Kette Bodennährstoffe – Futterqualität – Tiergesundheit, z. B. bei Calcium und Magnesium?
 - » Welche Pflanzenarten möchte er/sie fördern?


LERNZIELE UND KOMPETENZEN
Fächer: Biologie (Erdkunde, Chemie)

Die Schülerinnen und Schüler

- » wiederholen die Eigenschaften von Kalk;
- » stellen die Ansprüche von (Nutz-) Pflanzen an den Boden-pH in einem Diagramm dar;
- » erläutern seinen Einfluss auf die Löslichkeit von Nährstoffen (und Bodenfruchtbarkeit);
- » recherchieren Kalkmengen für Beispielpflanzen und lösen Rechenaufgaben.

Die Wirkung von Kalk im Gartenboden auf Obst und Gemüse

Pflanzen brauchen fruchtbaren Boden, damit sie gedeihen und viele, gesunde Früchte tragen können. Je nach Boden und Pflanzenart verbessert – neben Dünger und Kompost – auch Kalk die Bodenfruchtbarkeit. Wir erläutern die Zusammenhänge und den sinnvollen Kalkeinsatz im Schulgarten.

SACHINFORMATION
EIN NATÜRLICHER PUFFER

In vielen Böden kommt Kalk – chemisch Calcium- und Magnesiumcarbonat – vor. Er wirkt sich dort positiv auf die Struktur und damit auf den Wasser- und Lufthaushalt aus. Ton- und Humusteilchen verbinden sich stabiler, wenn genug Calcium vorliegt. Kalk puffert auch Säuren im Boden und wirkt so der natürlichen Versauerung entgegen. Säuren gelangen durch Regen und aus Wurzeln sowie durch Mikroorganismen in den Boden. Auch der Verlust an bestimmten Nährstoffen (z.B. Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+) durch Sickerwasser und Aufnahme in Pflanzen führt zur Versauerung. Maßstab für den Säuregrad im Boden ist der pH-Wert, der die Konzentration an Wasserstoff-Ionen (H^+) im Bodenwasser angibt. Versauert der Boden, sinkt der pH-Wert. Mehr hierzu auf S. 3/4.

Kalkgaben heben den pH-Wert wieder. Die benötigte Menge an Kalk hängt vom Ausgangs- und Ziel-pH-Wert, der Bodenart (z.B. Ton- und Schluffgehalt) und dem Humusgehalt ab. Geringe Gaben verhindern die weitere Versauerung (Erhaltungskalkung), hohe Gaben gelten als Gesundungskalkung. Mit dem pH-Wert steigt auch die biologische Ak-

tivität der Mikroorganismen und Regenwürmer. Pflanzen bzw. ihre Früchte sind insgesamt gesünder und wachsen besser, wenn der pH-Wert im Boden passt.

AUF DEN PH-WERT KOMMT ES AN

Der pH-Wert ist ein wichtiger Umweltfaktor für Pflanzen und ein Kriterium der Bodenfruchtbarkeit. Denn er beeinflusst wesentlich die Löslichkeit der Nährstoffe im Boden (s. S. 2), die als Kationen und Anionen aufgenommen werden. Je nach pH-Wert sind sie eher in der Bodenlösung mobil oder an feste Bodenteilchen gebunden, sind also mehr oder weniger für die Pflanzen verfügbar. Hinzu kommt: Um Nährstoffe über die Wurzeln aufzunehmen, tauschen die Pflanzen eigene Ionen gegen die Nährstoffionen im Boden aus, z.B. 2 H^+ aus der Pflanze gegen 1 Ca^{2+} aus dem Boden. In sehr saurem Boden sind schon so viele H^+ -Ionen vorhanden, dass diese die Vorgänge an den Wurzeln stören. In sauren Böden lösen sich zudem mehr Schwermetalle.

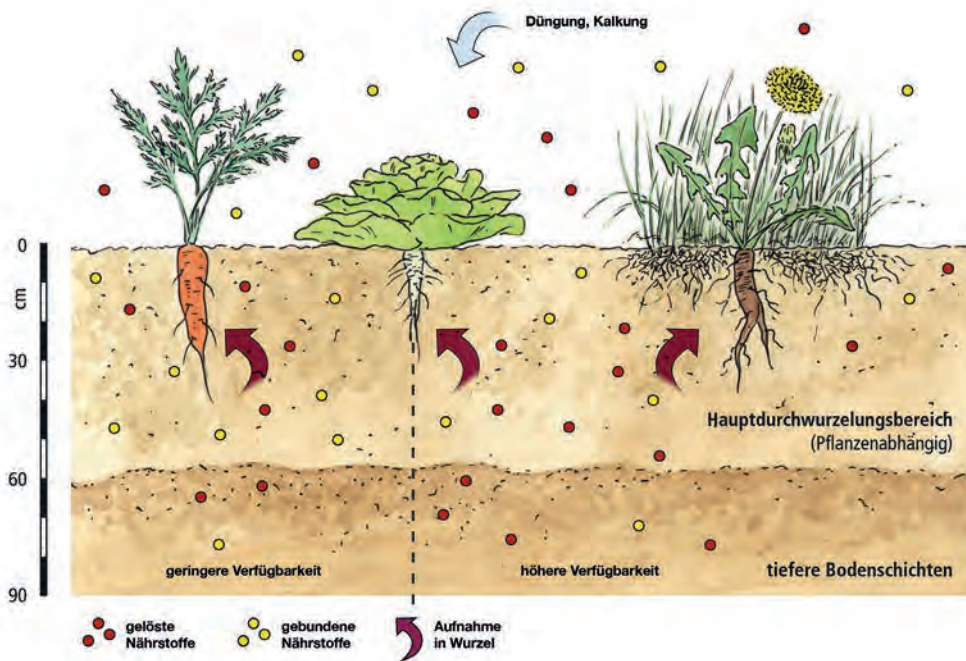
Evolutionär haben sich die meisten Pflanzen an einen bestimmten pH-Bereich angepasst. Außerhalb dieses Toleranzbereiches können die meisten Pflanzen nicht genug Nährstoffe aufnehmen. Sie wachsen dort deshalb nur schwach oder gar nicht.

SO MÖGEN ES DIE PFLANZEN

Im (Schul-)Garten soll der Rasen dicht stehen, Zierpflanzen bilden üppige Blätter und Blüten, Obst- und Gemüsearten bringen gute Erträge und gesunde Früchte – im besten Fall. Denn für einen gesunden, hübschen Garten sind optimale Bedingungen nötig, d. h. der Boden muss dem pH-Wert-Anspruch bzw. Kalkbedarf der jeweiligen Kulturart entsprechen und Wasser und Nährstoffe bieten.

Moorbeetpflanzen wie bspw. Rhododendron oder Azaleenarten haben ihren optimalen pH-Bereich im sauren Bereich, zu viel an Kalk schadet ihnen also. Die Bauernhortensie ändert sogar ihre Blütenfarbe: Ist die Bodenreaktion sauer, werden mehr Al^{3+} -Ionen gelöst. Sie beeinflussen die Stoffe in den Blüten, wodurch diese nicht mehr rosa, sondern blau erscheinen. Rasengräser wachsen am besten auf einem Boden mit guter Krümelstruktur und guter Wasser- und Nährstoffversorgung. Ein pH-Wert zwischen 6 und 7 im Boden ist für Gräser und Rasenpflanzen optimal.

Die meisten Obst-, Gemüse- und Sonderkulturen bevorzugen pH-Werte im Bereich von 5,5 bis 7,5, also (schwach) sauer bis neutral. Ausnahmen bilden z.B. Heidelbeeren, die ein saures Milieu (pH 4,5 bis 6,0; azidophil) vertragen.



Bei einer hohen Nährstoffverfügbarkeit sind die Nährstoffe im Boden gelöst und mobil. Sie gelangen leichter in die Pflanzen.

DER IDEALE PH-BEREICH FÜR BÖDEN IM GARTEN

[nach VDLUFA, 2002, Gartenakademie]

Bodenart	Humusgehalt		
	<4%	4 bis 15%	15 bis 30%
Sand	5,5 bis 6,5	5,0 bis 6,0	4,5 bis 5,5
Lehm	6,0 bis 7,0	5,5 bis 6,5	5,0 bis 6,0
Ton	6,5 bis 7,5	6,0 bis 7,0	5,0 bis 6,0

Erdbeeren hingegen mögen es sogar leicht alkalisch mit Werten bis pH 8 (basophil). Mehr dazu auf Arbeitsblatt 1.

EIGENEN BODEN UNTERSUCHEN

Aus Strukturgründen sollte der pH-Wert umso höher liegen, je tonhaltiger („schwerer“) der Boden ist und je weniger Humus er enthält – aber bei zu hohen pH-Werten sinkt die Nährstofflöslichkeit. Die Empfehlungen für Boden-pH-Werte (s. Tabelle oben) berücksichtigen beides ausgewogen. Für Rasen und Staudenbeete können die Grenzwerte etwa um 0,5 niedriger angesetzt werden. Für eine effiziente, dem Bedarf angepasste Kalkung ist es wichtig, die Eigenschaften des Bodens zu kennen. Dazu zieht man eine Bodenprobe und lässt diese im Labor untersuchen. Für eine grobe Bewertung sind einfache Testsets im Gartenfachhandel erhältlich. Den pH-Wert kann man mit einer Elektrode oder mit Farbindikatoren messen.

Kalk ist gleichzeitig auch ein Dünger, er liefert v. a. Calcium (Ca^{2+}) und oft Magnesium (Mg^{2+}). Beide Nährstoffe sind

wichtig für viele Stoffwechselprozesse der Pflanzen. Besonders Obst und Gemüse brauchen genügend freies Ca^{2+} in der Bodenlösung, v. a. in der intensiven Zellteilungsphase für das Wachstum. Fehlt Kalk bzw. Calcium, zeigen sich später eingetrocknete Triebspitzen oder gelb verfärbte junge Blätter. Bei Tomaten führt Kalkmangel zur Blütenendfäule. Äpfel und Quitten zeigen kleine braune Punkte auf der Schale und im Fruchtkern.

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien in Heft 20 (Boden) und 13 (Kompost) unter ima-lehrermagazin.de
- » Viele Infos zu Kalk, auch Unterrichtsmaterial, unter naturkalk.de, kalk.de und bodenkalk.at
- » Erklärungen zur Bodenchemie unter lernhelfer.de/schuelerlexikon → Suche „pH-Wert Boden“

fleisch (Stippigkeit). Kalk nutzt man auch anderweitig für Obstbäume: Kalkanstriche am Stamm schützen vor Frostschäden und Schädlingen.

BEI BEDARF KALK AUSBRINGEN

Gartenprofis kalken nach Bedarf und geben ihrem Boden damit etwas zurück – wie bei Kompost und Dünger. Für den Garten eignet sich am besten der übliche gemahlene kohlen saure Kalk aus natürlichem Kalkstein, ggf. mit einem gewissen Magnesiumanteil. Der Handel vermarktet ihn als speziellen „Garten- und Rasenkalk“. Er ist nicht hautschädigend, trotzdem empfehlen sich Gartenhandschuhe beim Ausbringen.

Kalk ist eher mittelfristig wirksam. Je feiner er vermahlen ist, umso schneller löst er sich auf und wirkt. Einzelne Gaben an kohlen saurem Kalk sollten 250 g/m² auf leichten und 600 g/m² auf mittleren bis schweren Böden nicht überschreiten. Denn bei einem pH-Wert über 7,3 kann die Verfügbarkeit einiger Spurenelemente sinken. Früher kalkte man manchmal zu hohe Einzelgaben, doch lernte daraus: Heute weiß man richtig zu dosieren.

Sowohl im Herbst als auch im Frühjahr ist eine Kalkdüngung möglich. Wichtig ist eine gute, gleichmäßige Verteilung in den Beeten und auf dem Rasen. Je nach Gemüseart den Kalk leicht in den Boden einarbeiten, um eine schnellere Wirkung zu erreichen (nicht auf das Gemüse streuen).

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Die Themen pH-Wert und Kalk begegnen den SchülerInnen in mehreren Fächern und Klassenstufen immer wieder. Diese Einheit vermittelt dieses Wissen mit Blick auf übliche Nutzpflanzen und übt die praktische Anwendung im Garten. Optimalerweise gibt es einen Schulgarten, in dem die Jugendlichen das Erlernte direkt ausprobieren können.

Die SchülerInnen lesen die Sachinformation und bearbeiten eigenständig die **Arbeitsblätter 1 und 2** inklusive **Extrablatt** (S. 26/27). Weitere Infos liefert das Material zur Bodenchemie von Kalk und pH-Messung auf S. 23/24!

Die **Sammelkarte** „Kalkprodukte richtig dosieren/ausbringen“ (S. 23/24) liefert Rechenaufgaben und Tipps zur Anwendung. Außerdem sei das **Experiment** mit Rotkohl als pH-Indikator und das **Rätsel** zu Zeigerpflanzen (beides s. S. 23/24) empfohlen.

GARTENKALKUNG ARBEITSBLATT 1

Nutzpflanzen und ihre pH-Wert-Vorlieben

Im Obst- und Gemüseanbau sollten die Bodenart und die Boden-pH-Werte möglichst passend nach den Bedürfnissen der jeweiligen Pflanzenart ausgerichtet sein bzw. die Pflanzenart an den vorhandenen Boden.

① Zeichne für jede Pflanzenart den bevorzugten pH-Wertbereich als Balken in das Diagramm.

	Pflanzenart	Ziel-pH-Wert	pH-Wert-Skala				
			sauer	schwach sauer	leicht alkalisch		
			4,5	5,5	7,0	8,0	
Obst und Nüsse	Apfel, Birne	6,0-7,5					
	Kirsche	6,0-7,0					
	Pfirsich, Pflaume	6,0-7,5					
	Brombeere, Johannisbeere	6,0-7,5					
	Heidelbeere, Preiselbeere	4,5-6,0					
	Himbeere	5,5-6,5					
	Erdbeere	7,0-8,0					
	Walnuss	6,0-7,5					
	Haselnuss	6,0-7,0					
Gemüse und Kräuter	Lauch/Poree	7,0-8,0					
	Schnittlauch, Zwiebel	6,0-7,0					
	Petersilie	5,5-6,5					
	Sellerie	6,0-7,0					
	Möhre	6,0-7,0					
	Tomate	5,5-7,0					
	Rhabarber	5,5-7,0					
	Kürbis	5,5-7,5					
	Gurke	5,5-7,5					
	Bohne	6,5-7,5					
	Erbse	6,0-7,5					
	Salat	5,5-7,5					
	Spinat	6,5-7,5					
	Mangold	6,0-7,5					

② Vergleiche die Balken. Zeichne 2 senkrechte Linien für den pH-Bereich, in dem möglichst viele der dargestellten Pflanzen zurechtkommen.

Die Suche nach dem pH-Wert-Optimum

Die Pflanzenarten bevorzugen jene pH-Wert-Bereiche, in denen der für sie passende Nährstoffmix im Boden vorhanden ist und ihre Wurzeln die Nährstoffe ideal aufnehmen können. Und natürlich muss das Bodengefüge, der Humusgehalt und die Durchlüftung passen.

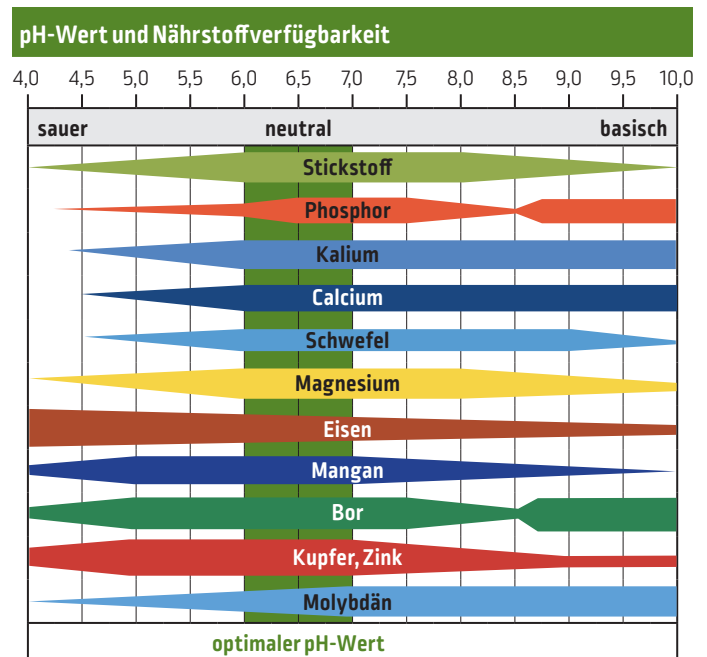
- ① Erläutere in deinem Heft, was in Bezug auf Nährstoffe, Bodenleben und Pflanzenwachstum passiert, wenn der pH-Wert zu hoch oder zu niedrig ist.

- ② Angenommen die Tests zweier Bodenproben haben die pH-Werte 5,5 und 7,5 ergeben. Welche Nährstoffe sind wo besser verfügbar?

bei pH 5,5: _____

bei pH 7,5: _____

- ③ Nenne mehrere Symptome von Calciummangel an verschiedenen Pflanzenarten.
- ④ Stimmt der pH-Wert, kann sich die Pflanze aus dem Boden gut mit Nährstoffen versorgen. Bei Nutzpflanzen werden große Teile der Pflanze als Ernte entnommen. Erläutere, was das für den Boden bedeutet und welche Maßnahmen zum Ausgleich nötig sind.
- ⑤ Erkläre die Begriffe „Erhaltungskalkung“ und „Gesundungskalkung“.
- ⑥ Angenommen der Test eines Gartenbodens hat den pH 5,5 ergeben und es sollen dort Erbsen, Möhren und Tomaten angepflanzt werden. Markiere in der Tabelle (s. Extrablatt „Kalkdüngung“), was empfohlen wird.
- ⑦ Suche online die Beschreibung von einem beliebigen Gartenkalk. Was wird dort zur Anwendung und Menge angemerkt? Gleiche die Angaben mit der Tabelle ab.



GUT ZU WISSEN:

Viele Böden sind für ein optimales Pflanzenwachstum zu sauer, können aber durch Kalkung neutralisiert werden. Im Fachhandel, in Grünen Warenhäusern und in Gartenfachmärkten gibt es dafür neben Pflanzsubstraten Kalkprodukte wie Kalkdünger zu kaufen, die den pH-Wert heben. Sind Böden hingegen zu basisch (pH-Werte > 7,5), senken sauer wirkende Dünger, Streu von Nadelbäumen oder Rindenmulch den Boden-pH.

Diese Sammelkarten können Sie ausschneiden und mit den Unterrichtsbausteinen oder in einem eigenen Karteikasten archivieren. Viel Spaß beim Umsetzen!

Rot und Blau: Der Kohl und der pH-Wert

Der Rotkohl, seltener Blaukohl, ist eine Kohlart, die zubereitet als Gemüse auch Rotkraut oder Blaukraut genannt wird. Aber welche Farbe hat er denn jetzt!?

Die einzelnen Blätter des Kohlkopfs erscheinen in einem dunklen Lila. Der Rotkohl ändert seine Farbe je nach pH-Wert des Bodens: In sauren Böden erscheint er eher rot, in alkalischen Böden dagegen bläulich. Beim Kochen werden Essig und andere Säuren (z. B. aus Äpfeln) dazugegeben und ändern die Farbe. Da sich Rezepte regional unterscheiden – zumindest die traditionellen – sehen die Gerichte auch anders aus. So erklären sich die Namen Rotkraut oder Blaukraut. Die Farbänderung rührt von den im Rotkohl enthaltenen Anthocyanen her, die als Säure-Base-Indikator wirken.



© i.m.a.e.v. | Illustration: AgroConcept GmbH

Du möchtest das selber ausprobieren?



Sinnlicher Wald

Wälder haben viele ökologisch wichtige Funktionen. Eine wichtige Funktion des Waldes ist auch der Erholungswert für die Menschen, die ihn in ihrer Freizeit besuchen. Mega langweilig? Von wegen!

Gehe mit deiner Klasse in einen Wald. Nehmt euch Stifte und Blöcke mit – sonst braucht ihr nur eure Sinne. Sucht euch einen schönen Platz und macht es euch auf Bänken, Baumstümpfen oder auf dem weichen Boden gemütlich. Ihr könnt euch auch eine Plane, Decken und Kissen mitnehmen.

Wenn jeder einen Platz gefunden hat, geht es los. Jeder erforscht und trainiert für sich seine Sinne. Mehr dazu auf der Rückseite.

Bitte beachten:

Natürlich keine kleinen Pflanzen abseits der Wege niedertreten! Und weitere Naturschutz-Regeln beachten! Wenn ihr nicht sicher seid, fragt beim Forstamt nach, wo ihr hingehen dürft.



© i.m.a.e.v.

Wortsalat Zeigerpflanzen

Es gibt Pflanzen, die sehr stark abhängig von einem bestimmten Umweltfaktor sind, z. B. von dem Licht, der Feuchtigkeit, dem Salzgehalt oder eben dem pH-Wert. Sie wachsen nur dort oder kommen gehäuft vor, wo dieser Faktor erfüllt ist, z. B. ein bestimmter pH-Bereich. Diese Pflanzenarten nennt man auch Zeigerarten (Indikatorpflanzen).

Lies die Beispiele für Kalk- und Säurezeiger. Suche und markiere sie mit unterschiedlichen Farben in dem Wortsalat auf der Rückseite.

Welche Wörter bleiben übrig?

Stark sauer (<math>pH < 4,5</math>): Borstgras, Heidekraut, Drahtschmiele, Adlerfarn, Wolliges Honiggras, Arnika, Sonnentau

Sauer ($pH 4,5 - 6,5$): Schafschwingel, Flatterhirse, Kleiner Sauerampfer

Basisch (>math>pH 7,5</math>): Wiesensalbei, Sichelklee, Aufrechte Trespe, Fingerkraut, Wiesenprimel, Leberblümchen



© i.m.a.e.v.

Kalkprodukte richtig dosieren

Kalkdünger enthalten unterschiedlich viel Calciumoxid (CaO), die meisten zwischen 60 und 80 Prozent. Auf den Verpackungen stehen alle nötigen Infos – rechnen muss man nur, um die richtige Menge einzukaufen.

Beispiel:

Garten mit Bodenart lehmiger Sand, pH 6,0 empfohlen. Zwei Beete mit Test untersucht: pH 5 und 5,8 festgestellt.

a) Kalk mit 80 % CaO. Hersteller empfiehlt bei
pH 5,0 -> 250 g/m² alle 1–2 Jahre
pH 5,8 -> 190 g/m² alle 3 Jahre

b) Kalk mit 60 % CaO. Hersteller empfiehlt bei
pH 5,0 -> 330 g/m² alle 1–2 Jahre
pH 5,8 -> 250 g/m² alle 3 Jahre

Rechne für beide pH-Werte bzw. Beete aus:

Für viele Quadratmeter reicht ein 20 kg-Sack? Die Beete sind je 25 m² groß. Reicht ein Sack mit 5 oder 10 kg für eine Kalkung?

© i.m.a.e.v.

Sinnlicher Wald

- Schließe die Augen und konzentriere dich auf die Geräusche und Töne im Wald. Lausche ihnen mehrere Minuten und schreibe danach auf:
 - » Wie viele verschiedene Töne hast du wahrgenommen?
 - » Klingen die Töne hoch, tief, dumpf etc.?
 - » Empfindest du sie unangenehm oder angenehm?
- Schließe wieder die Augen und konzentriere dich auf die Gerüche im Wald. Atme mehrmals tief ein und notiere danach:
 - » Welche verschiedenen Gerüche konntest du erkennen?
 - » Riechen die Duftnoten streng, zart, erdig etc.?
 - » Findest du sie unangenehm oder angenehm?

Zusatzzidee:

Suche dir eine Begleitperson. Führt euch nacheinander mit verbundenen Augen eine ausgesuchte Strecke entlang. Passt auf, dass euer Schützling nicht stolpert. Macht Station an mehreren Bäumen, Steinen mit Moos usw., um sie zu betasten. Wie fühlt es sich an? Was könnte es sein?

Variiert nach einer Idee von ISPA, Weiße Reihe, Band 42

Rot und Blau: Der Kohl und der pH-Wert

Material:

1/8–1/4 Kopf Rotkohl, Messer, Brettchen, Schüssel, Stampfer, Sieb, mind. 5 (Reagenz-)Gläser, Essig, Soda oder Backpulver, pH-Meter o. Lackmuspapier

Anleitung:

- Schneide den Kohl in feine Streifen und stampfe ihn in der Schüssel mit etwas Wasser.
- Gieße Wasser nach, rühre und stampfe, bis du reichlich gefärbte Flüssigkeit hast. Gieße sie durch das Sieb in die 5 Gläser.
- Gib 1 x ein paar Tropfen Essig dazu, 1 x mehrere Spritzer Essig, 1 x ein paar Körnchen Soda, 1 x langsam eine Messerspitze Soda. In einem Glas bleibt der Saft pur.
- Beschrifte die Gläser [Zutat/Mittel, Menge] und ordne sie von sauer nach basisch. Miss den pH-Wert nach.



Zusatzzidee:

Teste, wie andere Lebens- oder Haushaltsmittel den pH-Wert bzw. die Farbe des Rotkohlsaftes verändern, z.B. Kalk (für Blumen), Cola, Zitrone, Apfelsaft, Waschmittel. Beschriften nicht vergessen!

Kalk richtig ausbringen

Anleitung:

- » nur bei trockenem Boden kalken, denn er verkrustet, wenn er mit Regen oder Feuchtigkeit in Kontakt kommt
- » wie bei allen Gartenarbeiten Handschuhe tragen
- » möglichst breitflächig und gleichmäßig verteilen
- » auf Beeten tief in die Erde, bei Rasen mit der Harke in den Boden einarbeiten
- » nicht direkt nach dem Aussäen von Rasensamen anwenden
- » möglichst nicht über Blätter, Blüten und Triebe streuen, denn manche Produkte mit Kalk können bei den Pflanzen zu Verbrennungen führen
- » besonders aufpassen bei: Bohnen, Erbsen, Erdbeeren, Feldsalat, Gurke, Kartoffeln, Kürbis, Möhren, Paprika, Petersilie, Sellerie, Schwarzwurzel, Tomate
- » nach der Kalkung unempfindliche Kulturen anbauen: alle Kohlsorten, Mangold, Meerrettich, Radieschen, Rhabarber, Rettich, Rüben, Rote Bete, Spinat

Wortsalat Zeigerpflanzen

Mögliche Richtungen:

links → rechts; oben ↔ unten

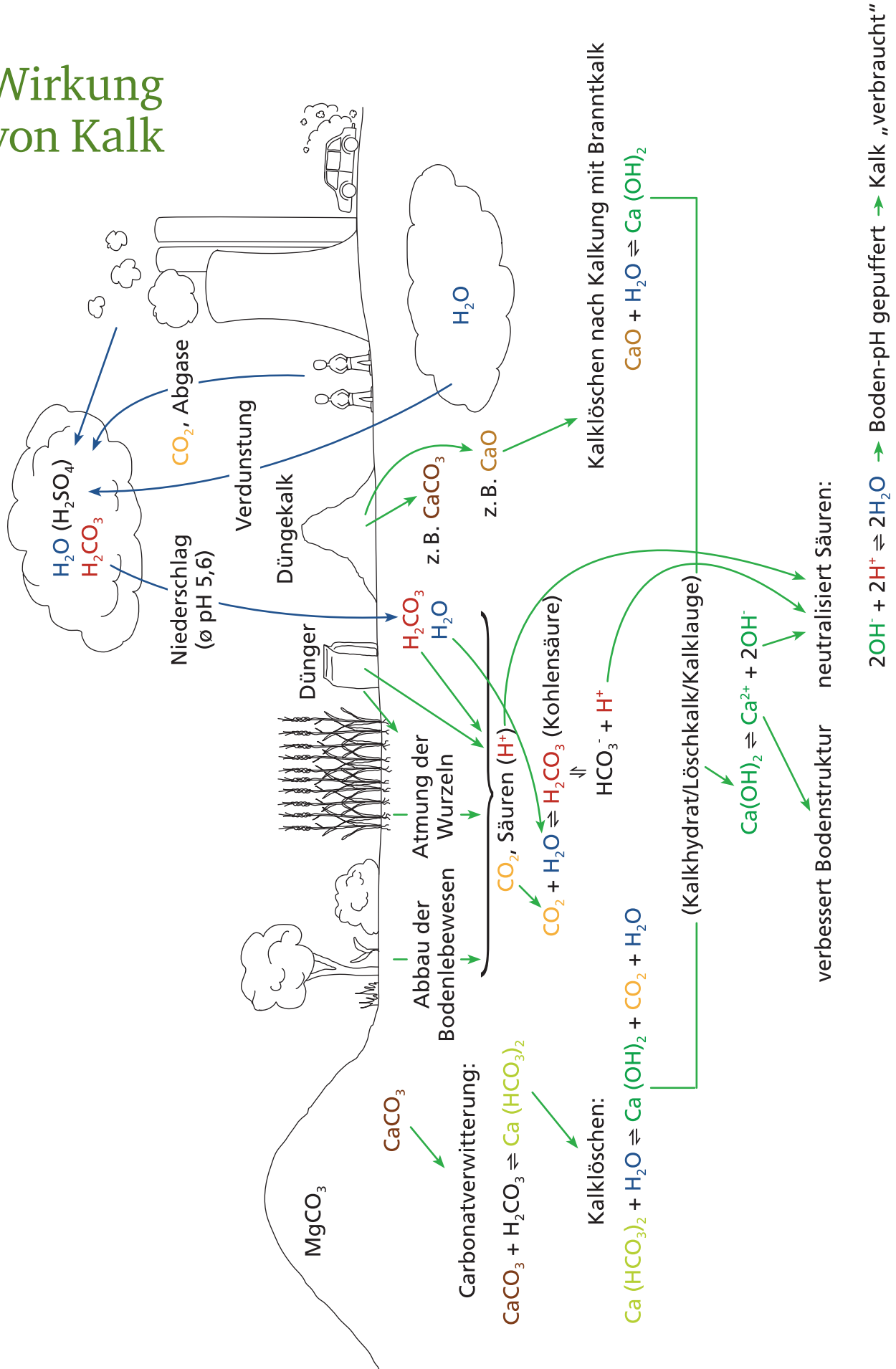
V	V	I	M	R	L	E	W	W	O	N	F
W	I	E	S	E	N	P	R	I	M	E	L
B	F	S	H	F	K	S	I	E	J	R	H
N	C	O	O	P	A	E	K	S	Q	B	E
E	W	N	N	M	D	R	F	E	S	O	I
L	S	N	I	A	L	T	K	N	P	R	D
A	V	E	G	R	E	G	A	S	P	S	E
F	I	N	G	E	R	K	R	A	U	T	K
A	G	T	R	U	F	I	N	L	D	G	R
U	Z	A	A	A	A	S	I	B	U	R	A
S	S	U	S	S	R	C	K	E	P	A	U
D	K	C	Q	V	N	V	A	I	U	S	T

Übrig bleiben: Drahtschmiele, Schafschwingel,

Flatterhirse, Sichelklee, Leberblümchen



Wirkung von Kalk



$2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ → Boden-pH gepuffert → Kalk „verbraucht“

Kalkdüngung

Gemüseart	Pflanzen-Stückzahl auf 10 m ²	Durchschn. Erträge je 10 m ² in kg	Kalkentzug g/10 m ²	
			CaO	MgO
STARK ZEHREND				
Weißkohl, früh	50	40	300	60
Weißkohl, spät	33	60	300	60
Wirsingkohl, früh	50	30	200	25
Wirsingkohl, spät	33	40	200	25
Rotkohl	33	40	300	60
Blumenkohl, früh	40	15	150	18
Blumenkohl, spät	33	40	150	18
Rosenkohl	28	5	170	20
Grünkohl	50	15	450	40
Kohlrabi, früh	160	20	60	70
Kohlrabi, spät	133	30	60	70
Sellerie	40	15	150	40
Porree	220	40	70	30
Gurken	20	20	50	25
Tomaten	25	40	135	15
Kartoffeln	40	30	100	25
MITTELSTARK ZEHREND				
Möhren	1.500	40	195	30
Schwarzwurzel	50	15	55	15
Rote Rüben	35	30	100	50
Zwiebeln	350	30	70	30
Steckzwiebeln	350	30	70	30
Spinat	250	15	40	30
Rettich	150	20	60	30
Radieschen	200	20	28	25
SCHWACH ZEHREND				
Dicke Bohnen	140	8	250	25
Buschbohnen	300	12	76	15
Stangenbohnen	300	20	130	25
Markerbsen	300	12	150	18
Kopfsalat	200	28	35	10
Petersilie	900	28	150	15

Alle Angaben ohne Gewähr

	Optimaler pH-Bereich (Grenzen je nach Bodenart)	Kalkanspruch	Kalkdüngung ++ notwendig + möglich	Torf Kompost Stallmist
--	--	--------------	--	------------------------------

	6,5-7,5	groß	++	ja
	6,5-7,5	groß	++	ja
	6,0-7,5	groß	++	ja
	6,0-7,5	groß	++	ja
	6,0-7,5	groß	++	ja
	6,5-7,5	groß	++	ja
	6,5-7,5	groß	++	ja
	6,0-7,5	mittel	++	ja
	5,5-7,5	mittel	+	ja
	6,0-7,5	groß	++	ja
	6,0-7,5	groß	++	ja
	6,5-7,5	mittel	Vorjahr	Herbst
	6,0-7,5	mittel	Vorjahr	Herbst
	6,0-7,5	mittel	Vorjahr	ja
	5,0-7,5	säureverträglich	+	ja
	5,0-7,5	gering	Kopfkalkung	ja

	6,5-7,5	kalkliebend	Vorjahr	Vorjahr
	6,5-7,5	mittel	Vorjahr	Vorjahr
	6,5-7,8	mittel	Vorjahr	Vorjahr
	6,5-7,7	säureempfindlich	Vorjahr	Vorjahr
	6,5-7,7	säureempfindlich	Vorjahr	Kompost
	6,0-7,5	sehr säureempfindlich	Vorjahr	Vorjahr
	5,5-7,0	säureempfindlich	Vorjahr	Vorjahr
	5,5-7,0	mittel	Vorjahr	Kompost

	5,5-7,5	mittel	+	Vorjahr
	6,0-7,5	mittel	++	Vorjahr
	5,5-7,5	mittel	++	Vorjahr
	6,0-7,5	säureempfindlich	++	Vorjahr
	5,5-7,5	sehr säureempfindlich	Vorjahr	Vorjahr
	6,5-7,0	mittel	+	ja

MATERIAL- UND LINKTIPPS

- » Diverse Infos unter naturkalk.de, kalk.de, waldkalkung.com und bodenkalk.at
- » Unterrichtsmaterial zu Kalk allgemein unter kalk.de/service/publikationen/unterrichtsmaterial/
- » Erklärungen zur Bodenchemie unter lernhelfer.de/schuelerlexikon → Suche „pH-Wert Boden“
- » **Düngekalk-Filme:**
 - „Kalk ist gut für Boden, Wald und Wasser“ unter youtu.be/-79ufGtkQZA
 - „Woher kommt der Kalk für die Landwirtschaft?“ unter youtu.be/cVALHZ7ow28
 - „Kalkung für dauerhafte Bodenfruchtbarkeit“ unter youtu.be/yY4XdASayIM
- » Fakten zum Bodenzustand und Kalkbedarf unter thuener.de/de/wo/arbeitsbereiche/bodenschutz-und-waldzustand/
- » Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden (Standpunkt des VDLUFA) unter kurzelinks.de/kalkbedarf
- » DLG-Qualitätssiegel für Düngekalk unter kurzelinks.de/qualitaetssiegel-duengekalk
- » DLG-Merkblatt 456 „Hinweise zur Kalkdüngung“ unter kurzelinks.de/dlg-merkblatt-456

Beziehen Sie bereits
lebens.mittel.punkt?

Kostenfreies Abo und Download
unter ima-lehrermagazin.de

Dieses Heft setzt sich aus Unterrichtsbausteinen zusammen, die zwischen 2015 und 2019 im Lehrermagazin *lebens.mittel.punkt* des i.m.a – information.medien.agrar e. V. veröffentlicht wurden. Für den Sonderdruck wurden sie neu zusammengestellt. Die kompletten Originalhefte finden Sie unter ima-lehrermagazin.de



QR-Code zum Archiv
mit allen Ausgaben
ima-lehrermagazin.de

I.M.A INFORMIERT

Neuigkeiten, Fotos, Veranstaltungen
und Termine per **App** direkt aufs Smart-
phone – jetzt kostenlos downloaden!

