Bodenfruchtbarkeit - Bodenleben

Iris Schweizer
Schweizer ideen-Werkstatt

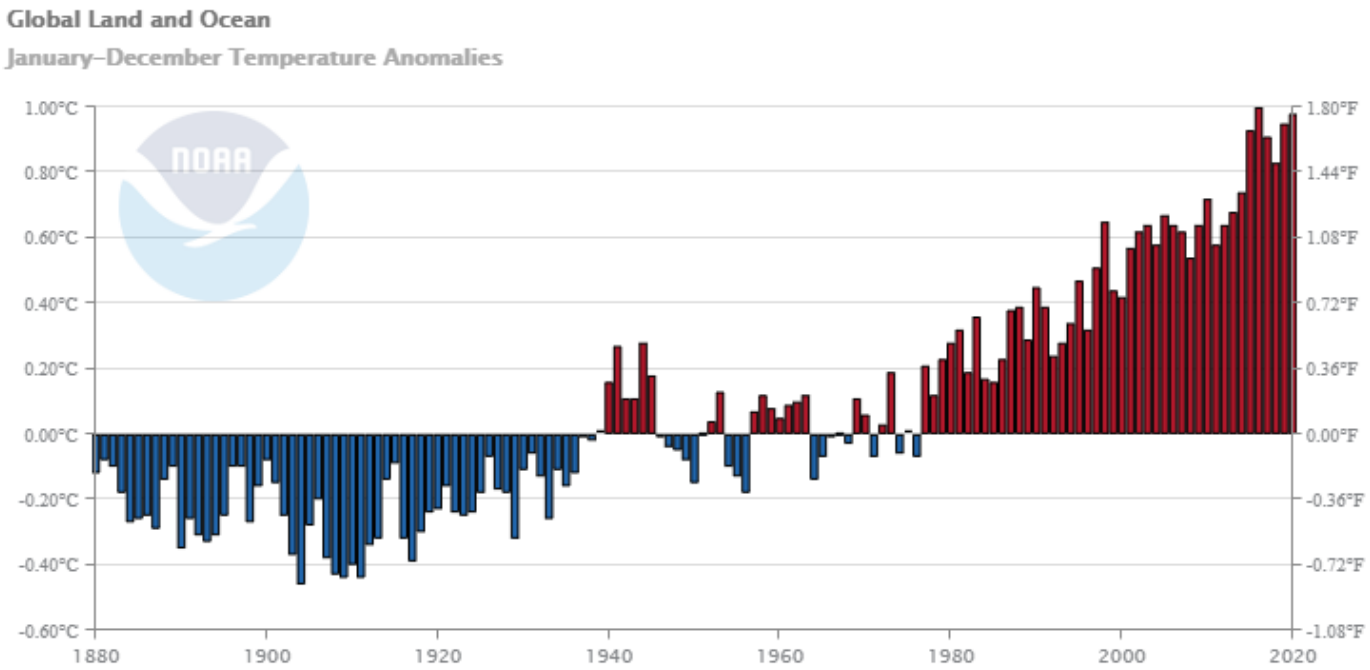
www.iris-schweizer.de

Iris Schweizer

- Dipl.-Betriebswirtin
- Permakulturaktivistin
- Klimaschutzmanagerin
- Über 20 Jahre in der grünen Infrastruktur tätig
- Seit 2008 – Schweizer ideen-Werkstatt
- Spezialisten für grüne Infrastruktur –
  Begrünung von Flächen und Dächern, Naturwegebau
  Spezialsubstrate für gesunden Boden, Effektive Mikroorganismen
- Beratung von Unternehmen, Landschaftsarchitekten, Behörden …
- Dozentin, Seminare und Vorträge

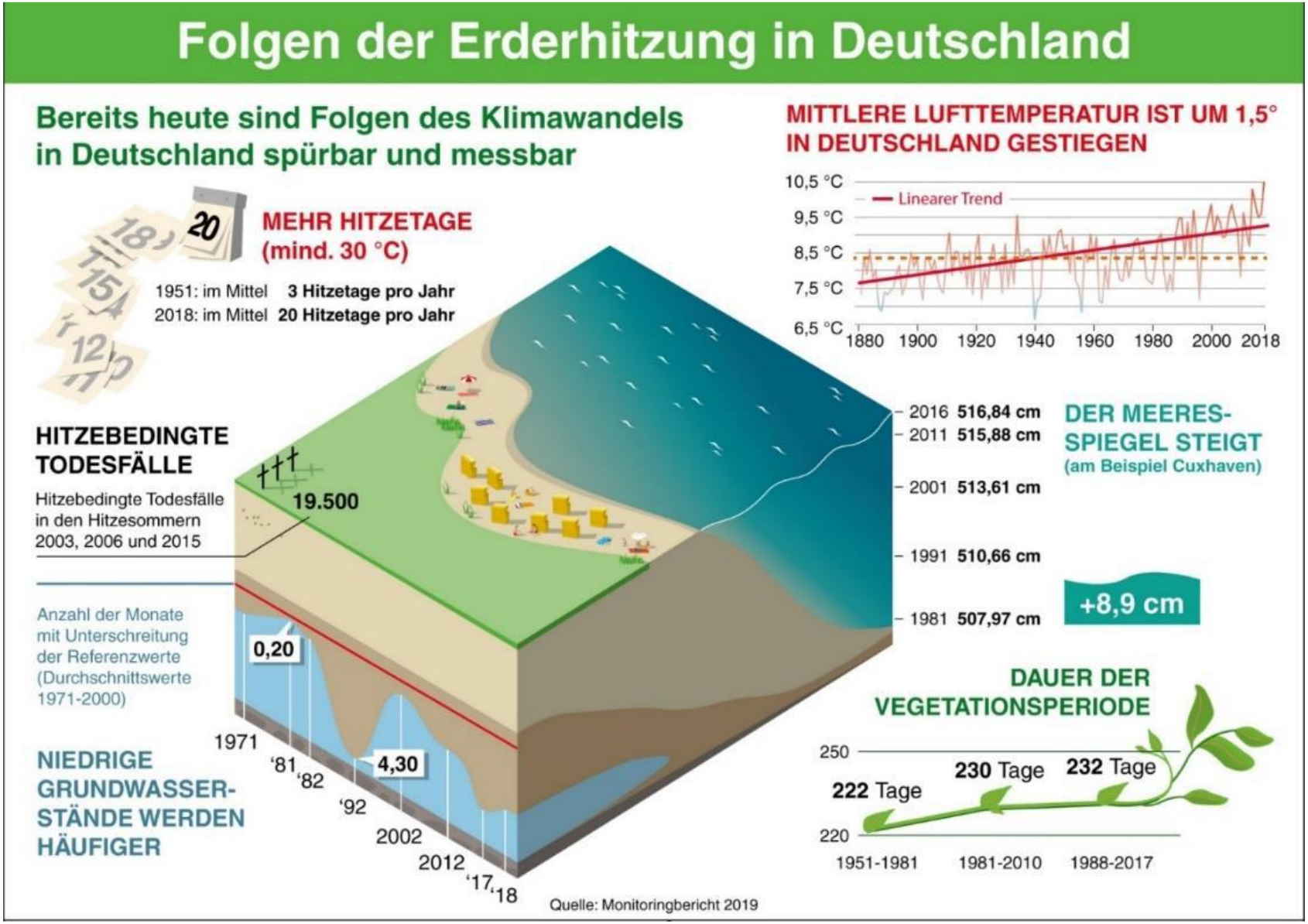
Herausforderung Klimawandel

Basis der wissenschaftlichen Forschung und Zahlen



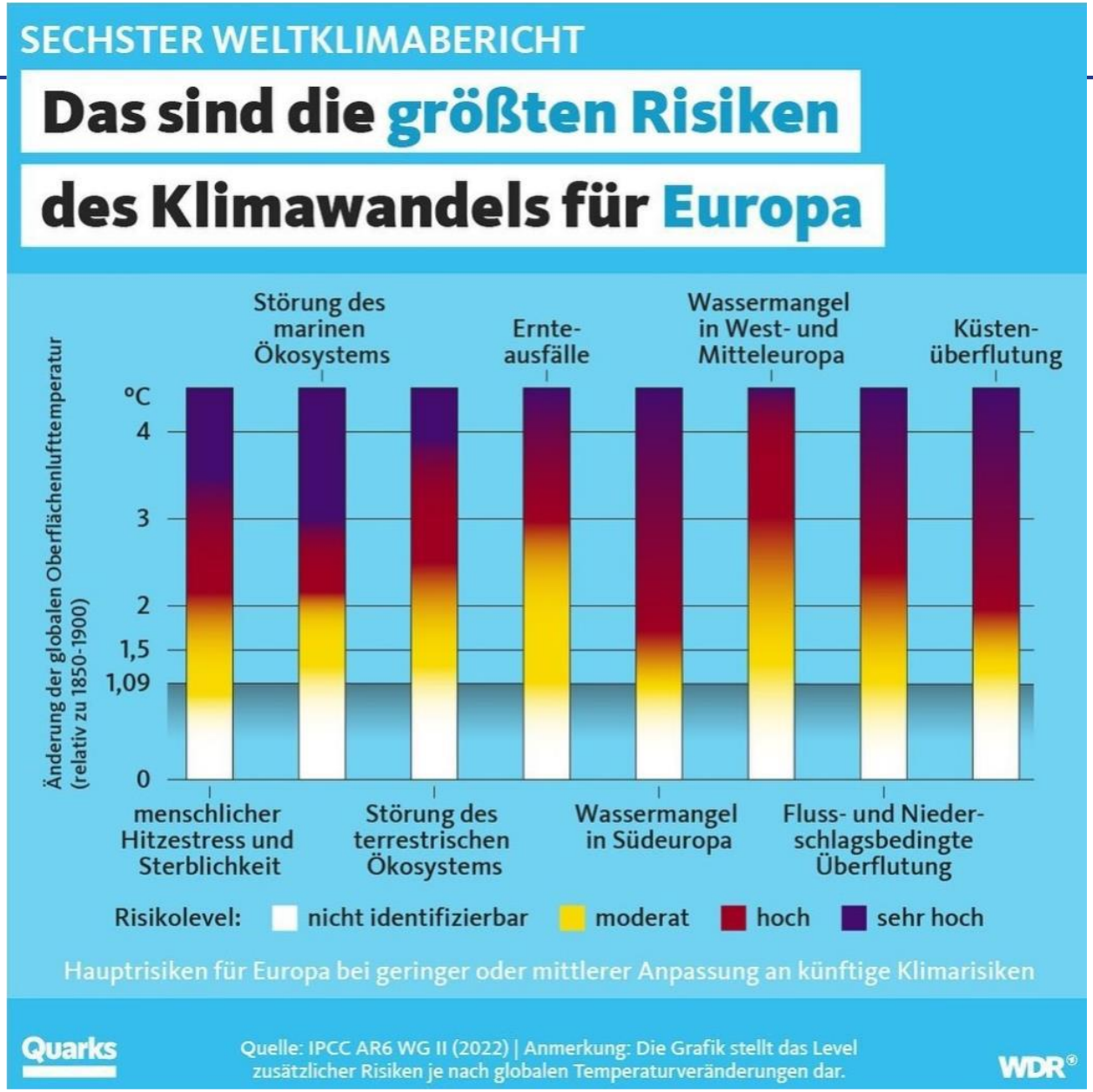
www.ncdc.noaa.gov/sotc/

- WMO (World Meteorological Organisation) – Agentur der United Nations zur Beobachtung und wissenschaftlichen Untersuchung der Erdatmosphäre
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
  Wissenschaftliches zwischenstaatliches Gremium, das von der WMO und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) ins Legen gerufen wurde. Es besteht aus den Regierungen der WMO


Folgen der Erderhitzung in Deutschland
Bereits heute sind Folgen des Klimawandels in Deutschland spürbar und messbar
MEHR HITZETAGE (mind. 30 °C)
1951: im Mittel 3 Hitzetage pro Jahr
2018: im Mittel 20 Hitzetage pro Jahr
MITTLERE LUFTTEMPERATUR IST UM 1,5° IN DEUTSCHLAND GESTIEGEN
10,5 °C
9,5 °C
8,5 °C
7,5 °C
6,5 °C
Linearer Trend
1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2018
HITZEBEDINGTE TODESFÄLLE
Hitzebedingte Todesfälle in den Hitzesommern 2003, 2006 und 2015
19.500
Anzahl der Monate mit Unterschreitung der Referenzwerte (Durchschnittswerte 1971-2000)
0,20
4,30
1971 '81 '82 '92 2002 2012 '17 '18
NIEDRIGE GRUNDWASSER-STÄNDE WERDEN HÄUFIGER
2016 516,84 cm
2011 515,88 cm
2001 513,61 cm
1991 510,66 cm
1981 507,97 cm
DER MEERES-SPIEGEL STEIGT (am Beispiel Cuxhaven)
+8,9 cm
DAUER DER VEGETATIONSPERIODE
250
220
222 Tage
230 Tage
232 Tage
1951-1981 1981-2010 1988-2017
Quelle: Monitoringbericht 2019

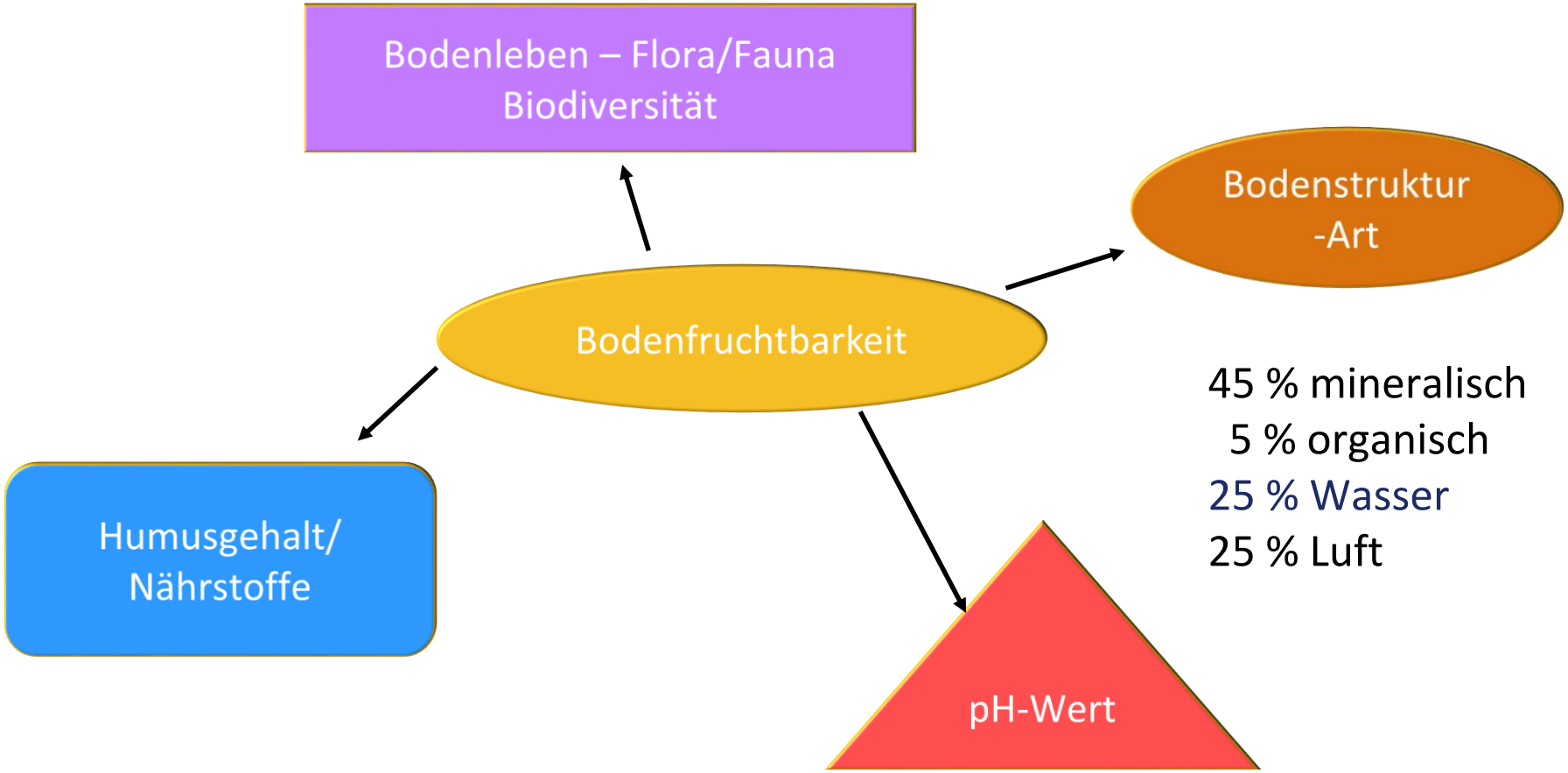
Risiken

Europa



Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit

Boden ist das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluß von Umweltfaktoren entstandene mineralische, organische Substanz, die Leben möglich macht.



45 % mineralisch
5 % organisch
25 % Wasser
25 % Luft

Was ist Boden

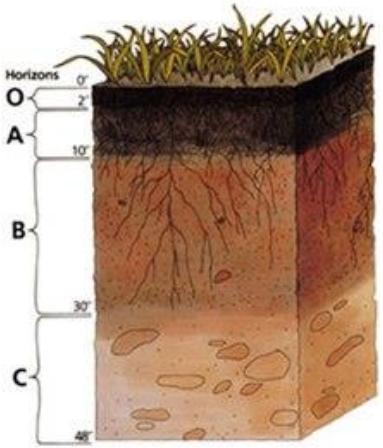
Bodenprofil:

Org. Horizont = Auflagehorizont

A-Horizont = Oberboden

B-Horizont = Mineralischer Horizont

C-Horizont = Ausgangsgestein



Quelle: Wikipedia.org

Definition

Wenn wir von Boden sprechen, verstehen wir das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluss der Umweltfaktoren an der Erdoberfläche entstandene und im Ablauf der Zeit sich weiterentwickelnde Umwandlungsprodukt mineralischer und organischer Substanzen, welches in der Lage ist, höhere Pflanzen als Standort zu dienen und Lebensgrundlage für Tiere und Menschen bildet.

Er besteht aus festen anorganischen (Mineralien – Sand, Kies, Schotter) und organischen Teilen (Lebewesen und Humus) sowie Wasser und mit Luft gefüllten Hohlräumen.

Definition essentieller Nährstoffe

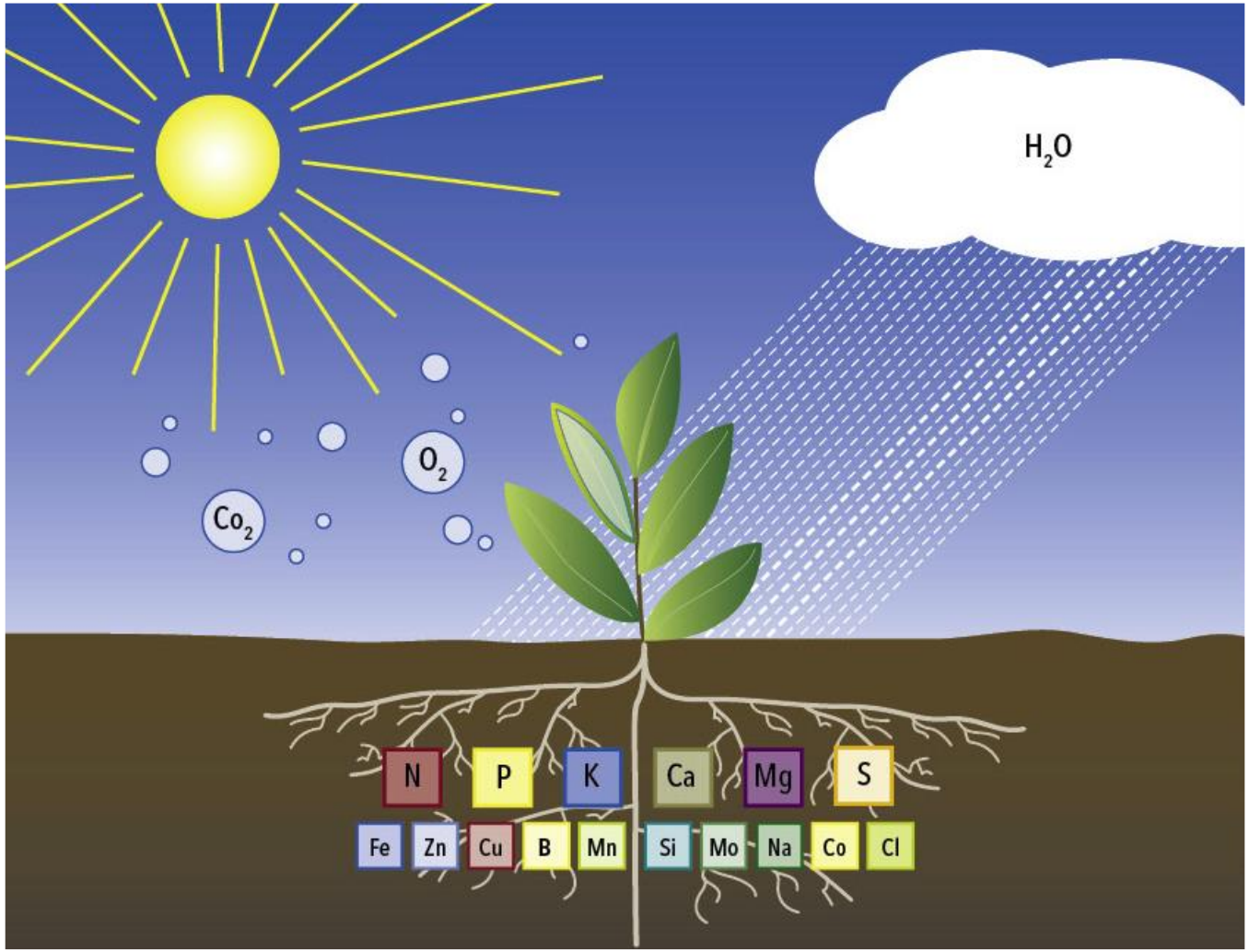
Essentielle Nährstoffe

- in Abwesenheit des Nährstoffs kann die Pflanze ihren Lebenszyklus nicht beenden
- nicht ersetzbar
- definierte physiologische Funktion
- 14 mineralische Elemente: N, K, P, Ca, Mg, S, B, Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni

Förderliche (beneficial) Nährstoffe

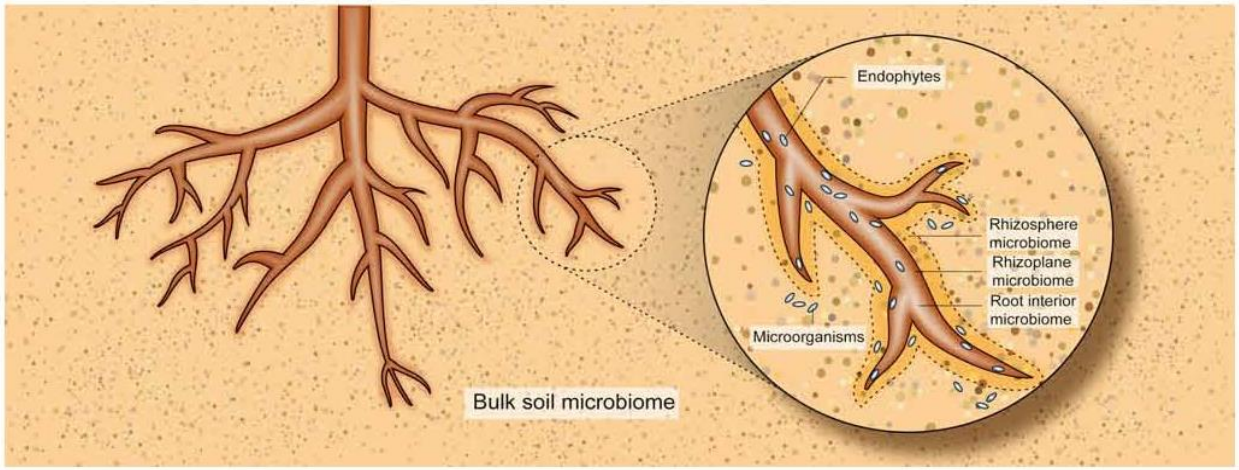
- Wachstumsstimulierend (je nach Pflanzenart) aber nicht essentiell
- Na, Si, Co, Se

Nährstoffkreislauf - Photosynthese



Model Wurzelmikrobiom

September 2013] GAIERO ET AL.—INSIDE THE ROOT MICROBIOME



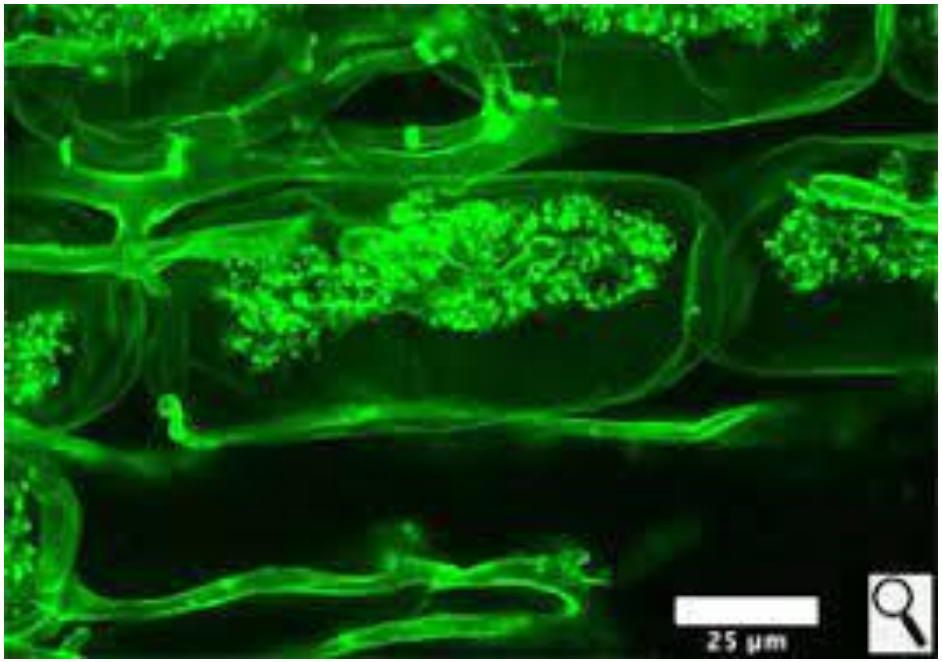
Model des Wurzelmikrobioms. Die Wurzel Mikrobiome bestehen aus Mikroorganismen im Feinwurzelsystem. Die Interaktion zwischen Feinwurzel, Bodenwasser und Mikrobiom in und um den Wurzelbereich. Bakterien und Pilzsporen sind in Interaktion mit der Pflanze für die Aufnahme von Nährstoffen.

Mykorrhiza & stickstoffbindende Knöllchen

- Mykorrhiza: Austausch von Wasser, Mineralstoffe und Stickstoffverbindungen gegen Zucker + Vergrößert Wurzelvolumen
- Knöllchen: signalisieren den Wurzeln den Ernährungszustand der Pflanze und wie viele symbiontische Bakterien benötigt werden

Hinweis wichtig: Mykorrhifizierung funktioniert nur, wenn nicht zu viel P im Boden ist. bei pH Werten über 8 findet auch nahezu keine Mykorrhifizierung mehr statt.

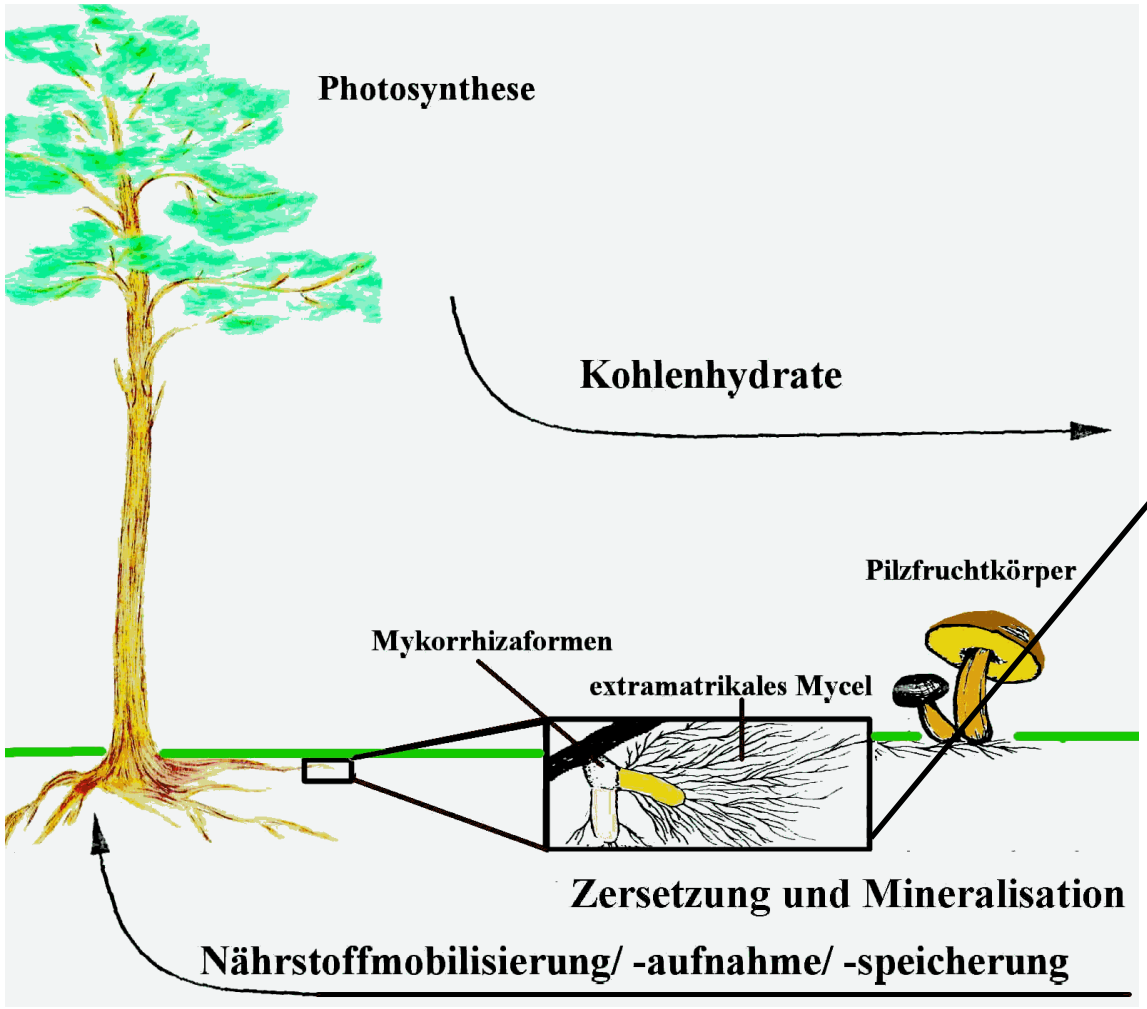
Mykorrhiza-Pilze und die Wirkung

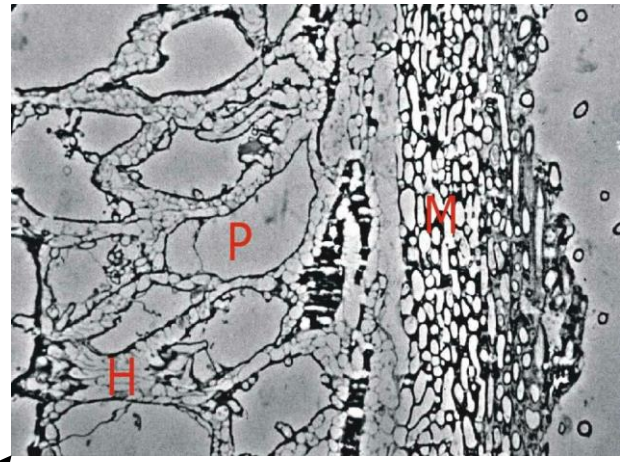


Während der Coevolution von Pflanzen und Pilzen haben sich stabile Wechselwirkungssysteme herausgebildet, bei denen sich beide Partner ernährungs-physiologisch ergänzen und daher wesentlich voneinander profitieren können. Eine dieser Lebensgemeinschaften bezeichnet man als Mykorrhiza, die Symbiose zwischen einem Pilz und einer Pflanzenwurzel. Mykorrhizen sind unter den terrestrischen Pflanzen fast universell verbreitet.

Die bei weitem häufigste Form ist die vesikulärarbuskuläre Mykorrhiza (VAM), die in mehr als 80 % aller Pflanzenfamilien vorkommt. Hierbei dringt das Pilzmycel in das Cortexgewebe der Pflanzenwurzel ein und bildet von dort aus ein fein verzweigtes Hyphengeflecht, das in die Zellen einwächst und sich in die Protoplasten einstülpt (Abbildung). Pilz und Pflanzenzelle bleiben dabei durch ihre Grenzmembranen und die dazwischen liegenden Zellwände beider Partner getrennt. Dieses Hyphengeflecht dient dem Stoffaustausch und wird als **Arbuskel** bezeichnet. Darüber hinaus bildet der Pilz Vesikel, charakteristisch aufgeblähte Endhyphen mit Speicherfunktion. Diese Art der intrazellulären Mykorrhiza entstand wahrscheinlich bereits während der Entwicklung der ersten Landpflanzen; die fossilen Dokumente reichen mehr als 400 Millionen Jahre zurück. Die hohe Konservierung während der Evolution belegt die physiologischen Vorteile dieser Ernährungsgemeinschaft und die Fähigkeit der Pflanzen, zwischen „nützlichen“ und pathogenen Pilzen zu unterscheiden, d. h. ein Abwehrsystem zu entwickeln, das nur gegen letztere gerichtet

Wirkung Mykorrhiza





Mikroskopischer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze der Kiefer (Vergrößerung 1000 fach). **H** = Hartig-Netz, ein Hyphennetz welches sich zwischen die Wurzelzellen der Baumwurzel gequetscht hat; **M** = Mantel aus Pilzhyphen die die Wurzelspitze umhüllen; **P** = Parenchymzelle der Baumwurzel.

Als Hartigsches Netz wird ein interzelluläres dichtes Netzwerk aus Hyphen von Pilzen bezeichnet, die symbiotisch mit Gehölzpflanzen zusammenleben.

Ektomykorrhiza.de

Funktion der Mykorrifizierung

- Mykorrifizierung vergrößert den Bodenbereich um die Wurzeln, aus dem sich die Pflanzen Nährstoffe aneignen können. Die radiale Ausdehnung dieses Bodenbereiches ist abhängig von der Länge der externen Hyphen und kann mehrere cm betragen (siehe Li et al., 1991)
- Aufgrund ihres geringen Durchmessers (1-5 µm; Wurzelhaare 30-40 µm; Wurzeln > 200 µm) können Hyphen in kleine Bodenporen eindringen, die bei abnehmenden Bodenwassergehalten länger mit Wasser gefüllt bleiben, in denen also auch bei geringen Bodenwassergehalten noch Diffusion stattfinden kann.
- Mykorrhiza verbessert die Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen, die in geringer Konzentration in der Bodenlösung vorliegen und die effektiv in den Hyphen zur Wurzel hin transportiert werden können (vor allem P, auch Zn, Cu).
- Da der Haupteffekt der Mykorrhiza auf die Nährstoff(P)aufnahme durch die Vergrößerung der Austauschfläche zwischen Boden und Pflanze zustande kommt (bessere räumliche Nährstoffverfügbarkeit) treten positive Effekte auf die P-Ernährung vor allem bei geringen P-Gehalten im Boden auf und bei solchen Pflanzenarten, für die die räumliche Nährstoffverfügbarkeit aufgrund eines groben und wenig verzweigten Wurzelsystems gering ist

Schweizer ideen-Werkstatt, 35452 Heuchelheim, Ludwig-Rinn-Straße 59, Iris Schweizer

Mykorrhizaprodukte als Biostimulanzien

- Biostimulanzien wirken durch Ihre anregende Wirkung indirekt auf die biologische und chemischen Komponente in der Pflanze und im Boden
  - Mikroorganismen
  - Pflanzen- und Meeresalgenextrakte
  - Aminosäuren
  - Huminsäuren
  - Mineralsalze

- Beispiele von Biostimulanzien
  - BioSi®KompMix+Herbs mit BioSi®Meli
  - BioSi®Humin
  - BioSi®Alive
  - BioSi®Protection Sleeves

Humus und der Einfluß auf die Bodengesundheit

Wasser

Pflanzenverfügbares Wasser wird in den Poren des Ton-Humus-Komplex gespeichert

Nährstoffquelle

Gebundene Nährstoffe werden langsam an Pflanzen abgegeben

Bodenstruktur

Sandige Böden halten Wasser, lehmige Böden werden wasser-durchlässiger + Luft

Bodentemperatur

Humusreiche Böden sind wärmer.

Die dunkle Farbe erwärmt den Boden

Biodiversität im Boden

Vielfalt und Aktivität der Bodenleben wird gefördert

Ton-Humus-Komplexe

Puffert pH-Wert bei Eintrag, CO2-Speicher

Bodenbewohner / Mikroorganismen bringen den Boden zum Leben

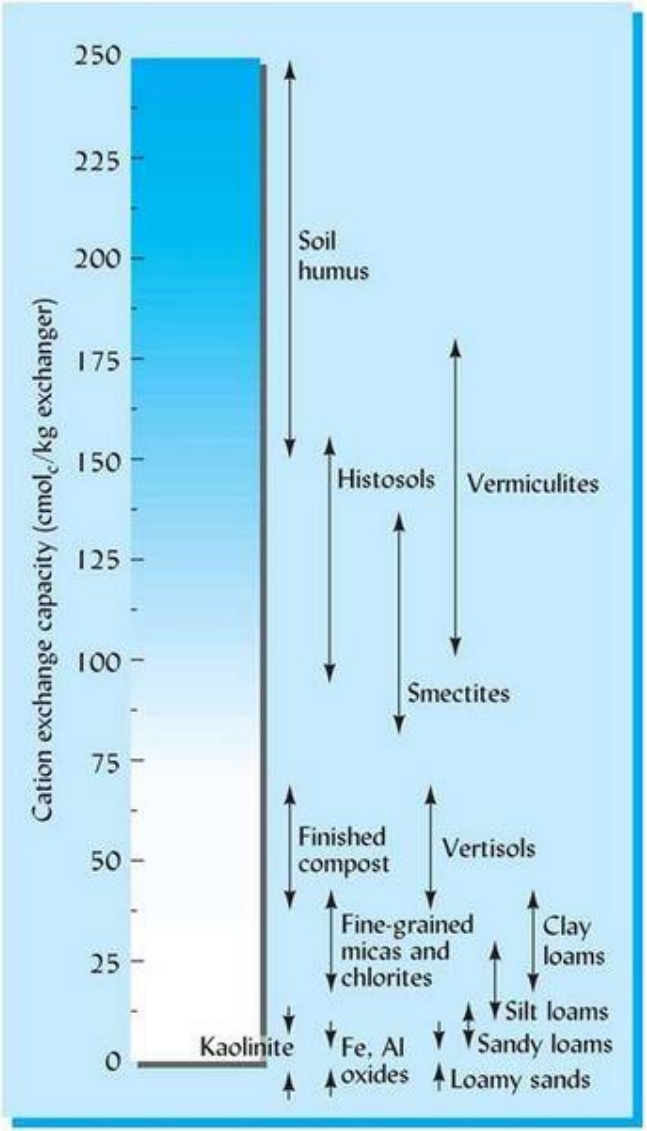
Bodenfruchtbarkeit wird gemessen durch:

- Zusammensetzung des Bodens, Menge
- Boden leben – Flora und Fauna
- Bodenart, Bodenskelett und Struktur
- Tiefgründigkeit
- pH-Wert
- Nährstoffe
- Humusgehalt

Boden und Biodiversität

Nur ein Boden mit einer hohen Artenvielfalt ist ein Garant für die Stabiliät des Systems

Kationenaustauschkapazität: wichtig für die Nährstoffversorgung

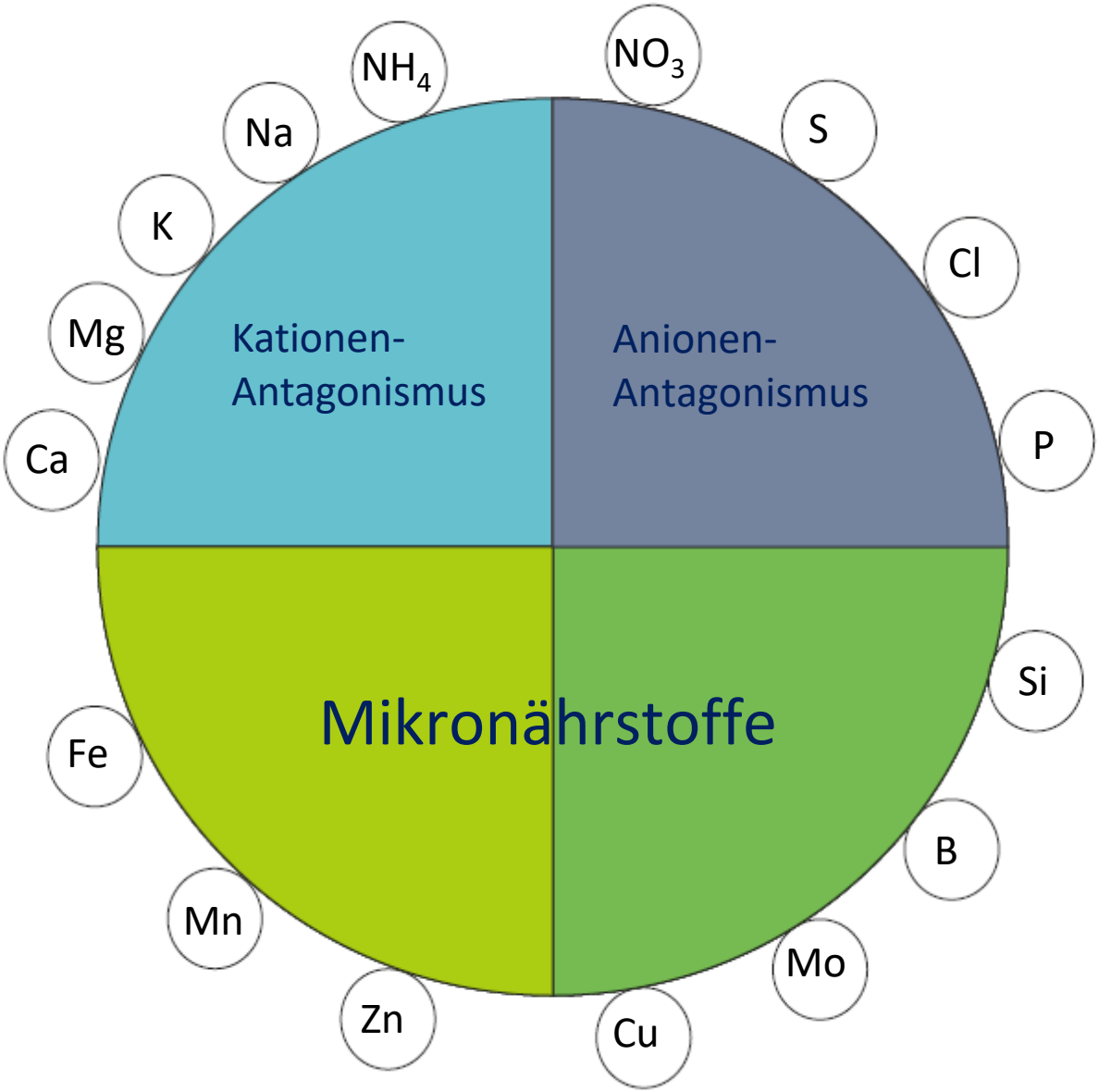


http://bowasan.at/bodenfruchtbarkeit/sorptionskomplex/

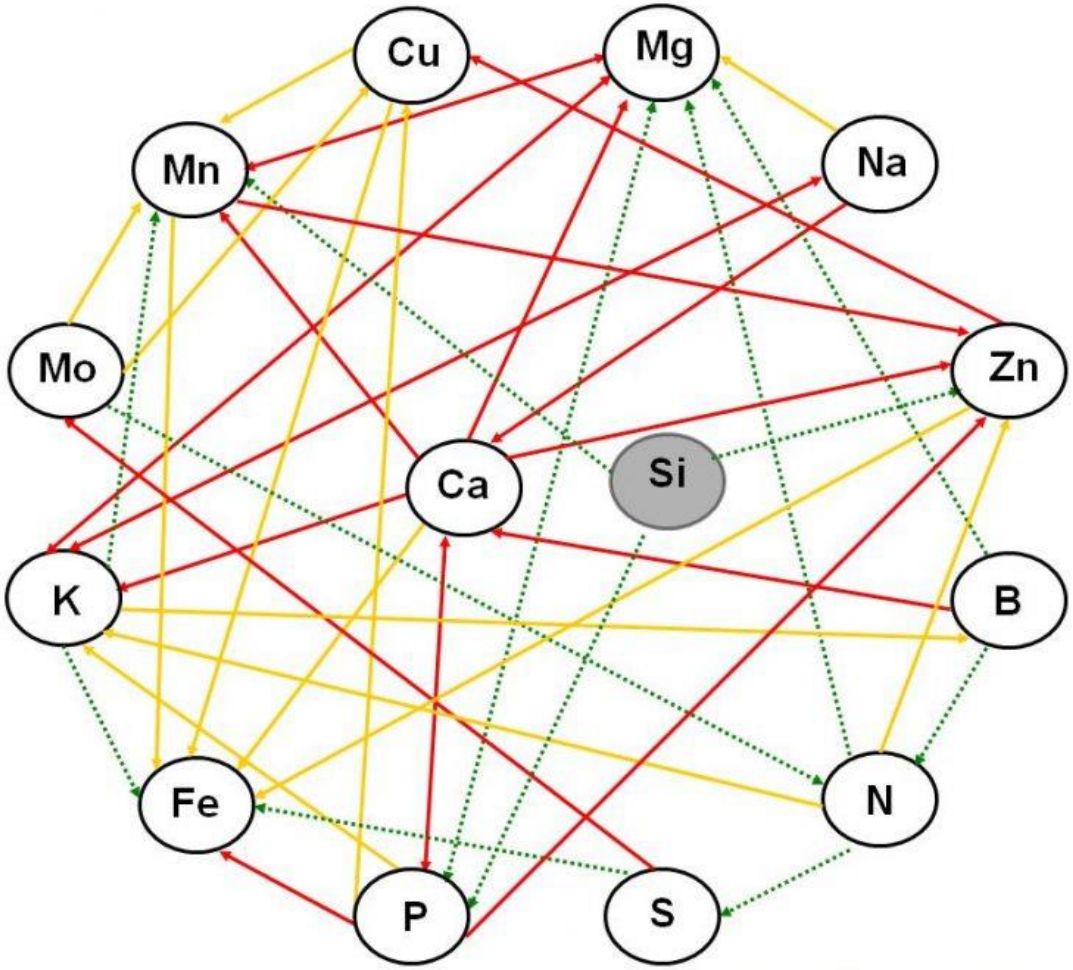
Aufgabe der Bodenkolloide:

- Speicherung von Nährstoffen, die ausgetauscht werden können, sobald es „die Wurzel möchte“
- Negativ geladen → ziehen positives an!
- Kationen werden angezogen und festgehalten
  → Anionen bewegen sich frei in der Bodenlösung und im Wasser
- Messung in Milliequivalent (ME) → stellt kolloidale Energie dar, die notwendig ist, um Kationen festzuhalten

Zusammenspiel der Nährstoffe



Da die meisten Nährstoffe sich bei der Aufnahme durch die Pflanze gegenseitig beeinflussen, sind die Verhältnisse dieser am Sorptionskomplex entscheidend.

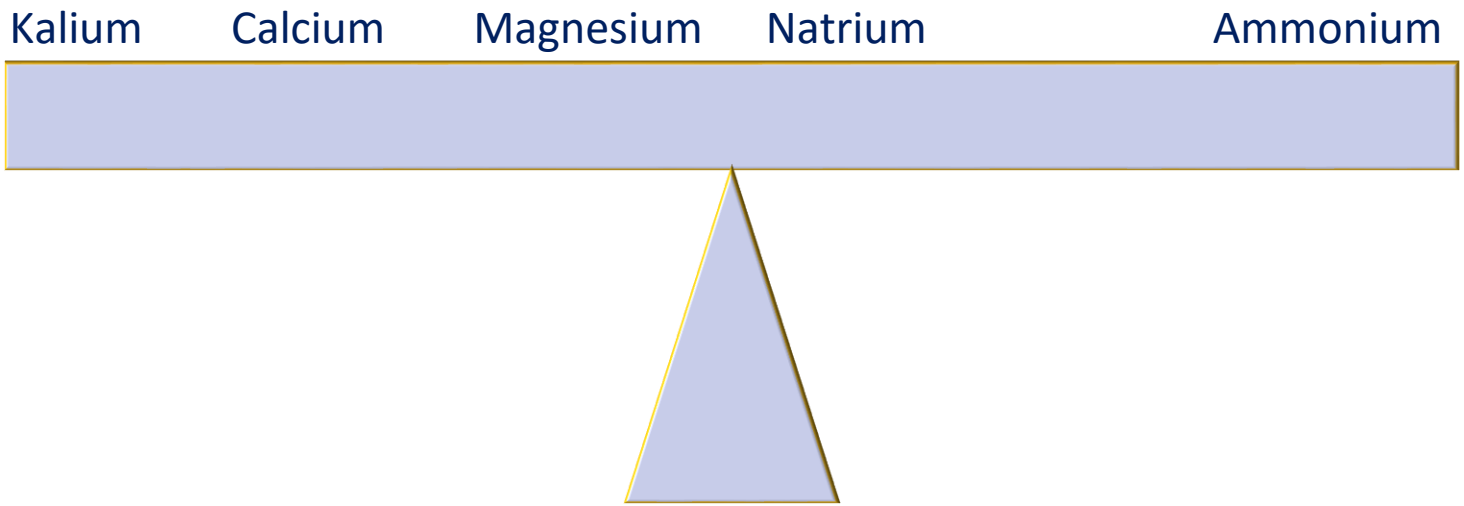


Quelle: SGD Weinbau, 2006 mod. Unterfrauner 2015

Wirkungsgefüge von Stoffen (mod. nach SGD Weinbau, 2006)
rote Pfeile: Antagonismus stark,
gelbe Pfeile: Antagonismus schwach,
grüne Pfeile: Synergismus

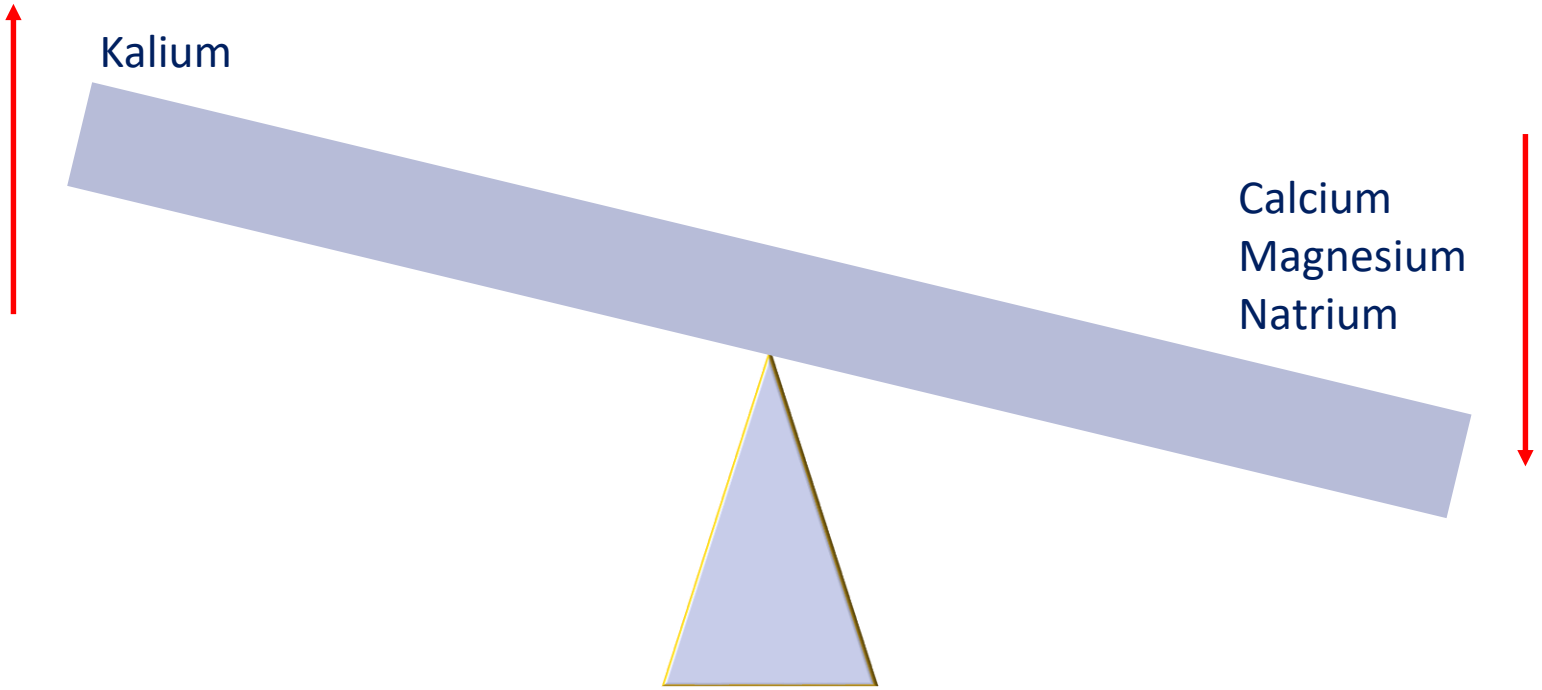
Antagonistische Interaktionen

- Die Kationen-Balance ist ausschlaggebend für die Aufnahme



Antagonistische Interaktionen

- Hier stimmt die Balance nicht!

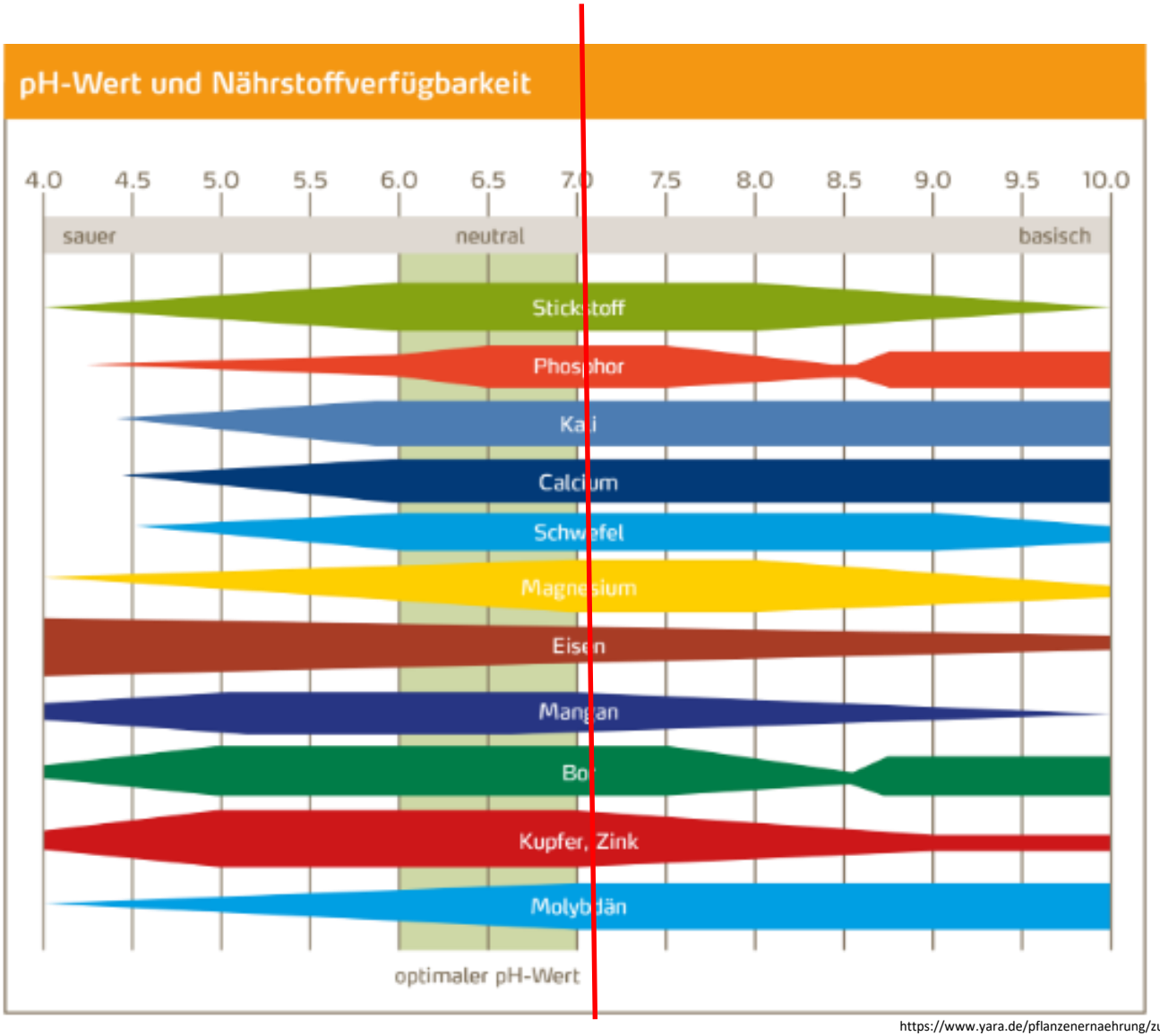


Boden-pH

- Der pH des Bodens wird durch 4 Elemente beeinflusst: Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}

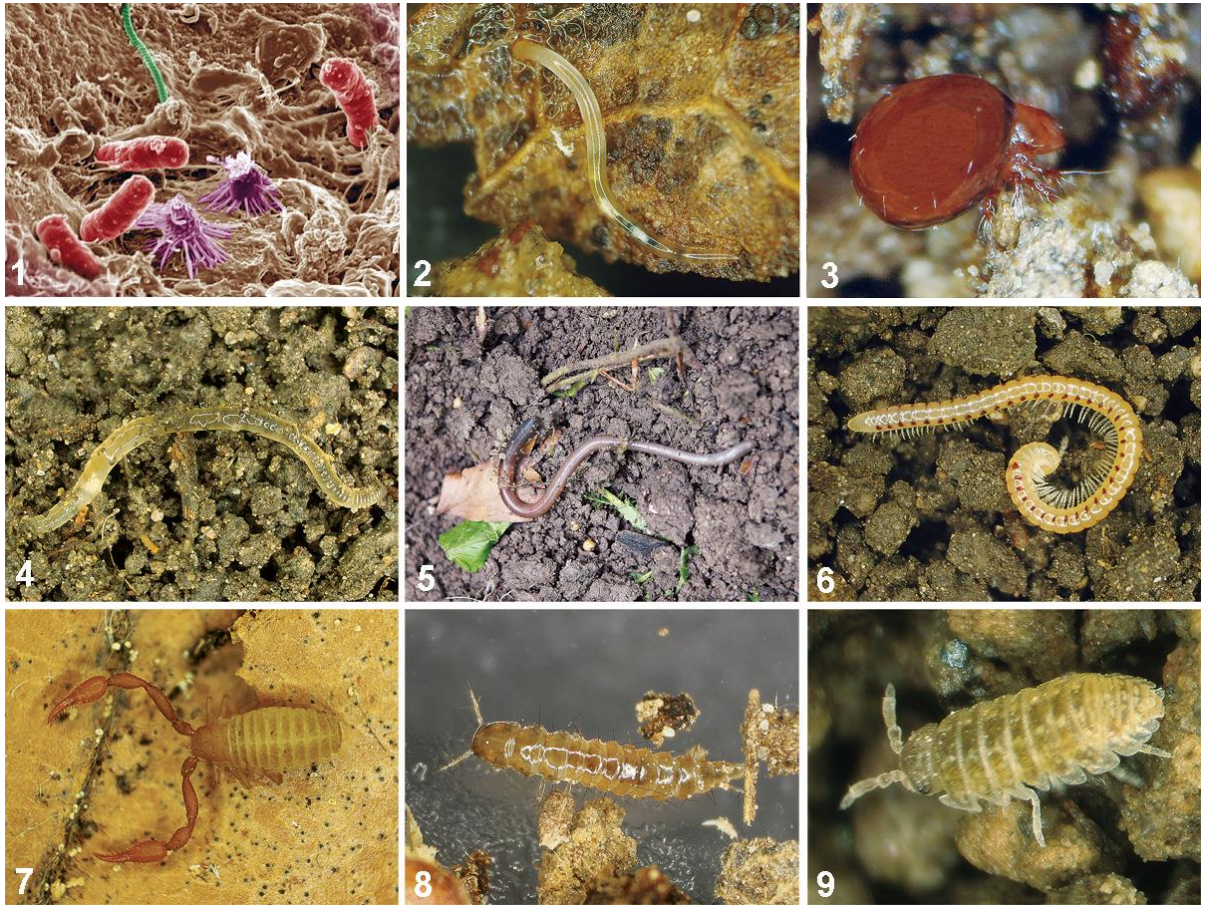
  → Bodenprobe wichtig!
- Mg^{2+} kann –pro kg– den pH-Wert um das 1,67 fache steigern wie K^{+}
- Ausgewogenes Verhältnis schafft optimalen Lebensraum für Bakterien und Pilze
- Unausgewogenes Verhältnis begünstigt Humusabbau!
- 70 % Ca^{2+} optimal für Mikroorganismen → mikrobielle Aktivität wird gefördert → Bodenfruchtbarkeit steigt

Boden-pH beeinflusst Nährstoffverfügbarkeit/-mobilität



https://www.yara.de/pflanzenernaehrung/zuckerrueben/agronomische-prinzipien/

Neben Regenwürmern, Asseln, Spinnen, Milben und Springschwänzen leben in einer Hand voll Boden mehr Mikroorganismen (etwa Bakterien, Pilze oder Amöben) als Menschen auf der Erde



Fotografische Übersicht von wichtigen Bodenorganismen: 1) Bakterien, 2) Fadenwürmer, 3) Hornmilben, 4) Weisswürmer, 5) Regenwürmer, 6) Doppelfüsser, 7) Pseudoskorpione, 8) Insektenlarven, 9) Asseln. Fotos: Alice Dohnalkova/Pacific Northwest National Laboratory, Marco Walser und Doris Schneider Mathis.

https://www.waldwissen.net/wald/boden/wsl_waldboden_merkblatt/index_DE

Bodenorganismen in Aktion

Humus
enthält
58% C und
6 % N
=
Aktiver
Klimaschutz

https://www.waldwissen.net/wald/boden/wsl_waldboden_merkblatt/index_DE

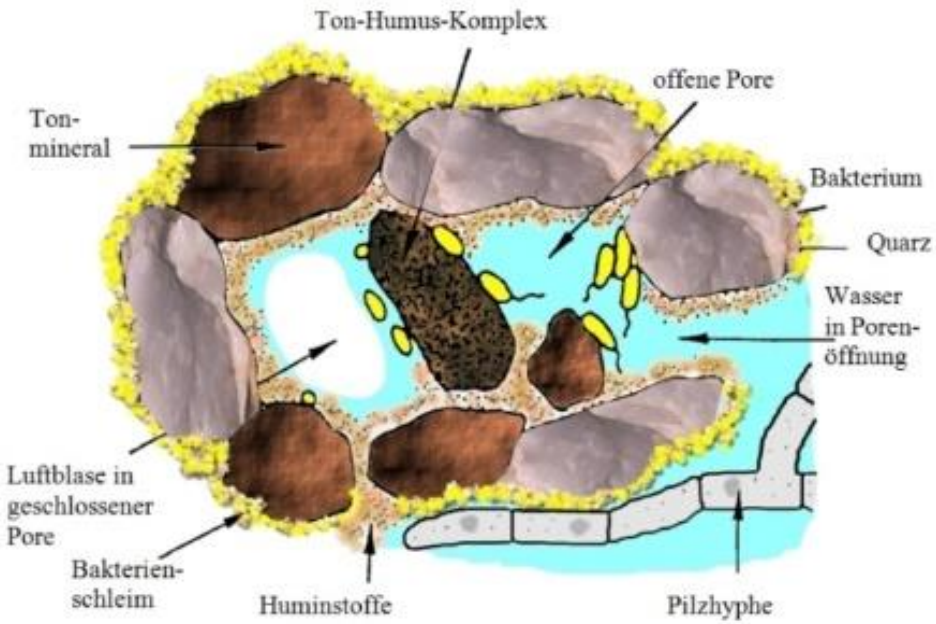
Nährhumus

+ Nahrungsmittel für die Bodenlebewesen
+ Wird schnell abgebaut
+ leicht verfügbar für Pflanzen

1 : 2

Dauerhumus

+ stabile Verbindungen von Ton-Humus-Komplexen
+ sehr langsam abbaubar von Mikroorganismen
+ Nährstoffe werden angelagert
+ Luft + Wasser in den Zwischen-räumen
+ Huminstoffe = komplexe org. Verbindungen



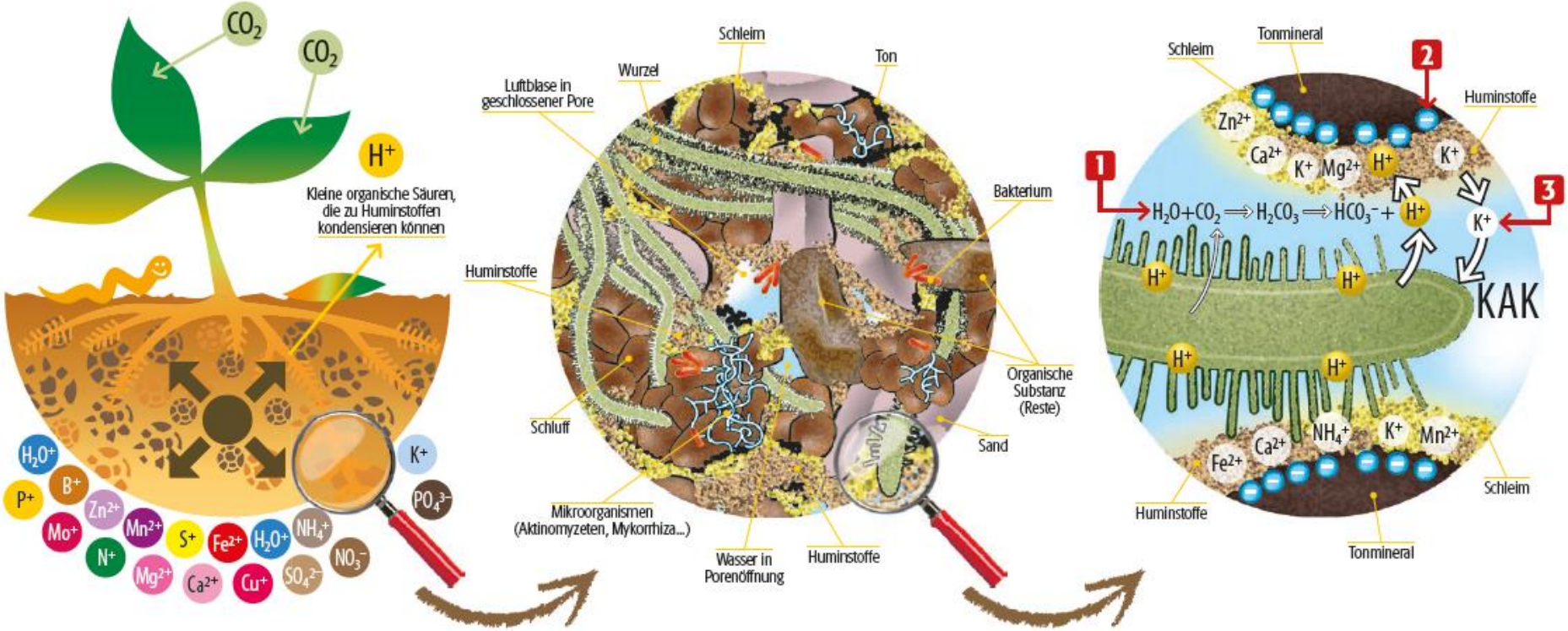
Ton-Humus-Komplexe

+ ↑ Fruchtbarkeit und verbessert Bodenstruktur
+ stabile organisch-mineralisch-bakterielle Verbindungen
+ mit BioSi® werden die Komplexe gestärkt

Wurzelexsudate

→ Exsudate dienen der in der Rhizosphäre lebenden Mikrofauna als Nahrung
→ Pflanzen profitieren in Symbiose von den Ausscheidungen dieser Tierchen, Mikroben und Bakterien, beispielsweise von den stickstoffbindenden Knöllchenbakterien

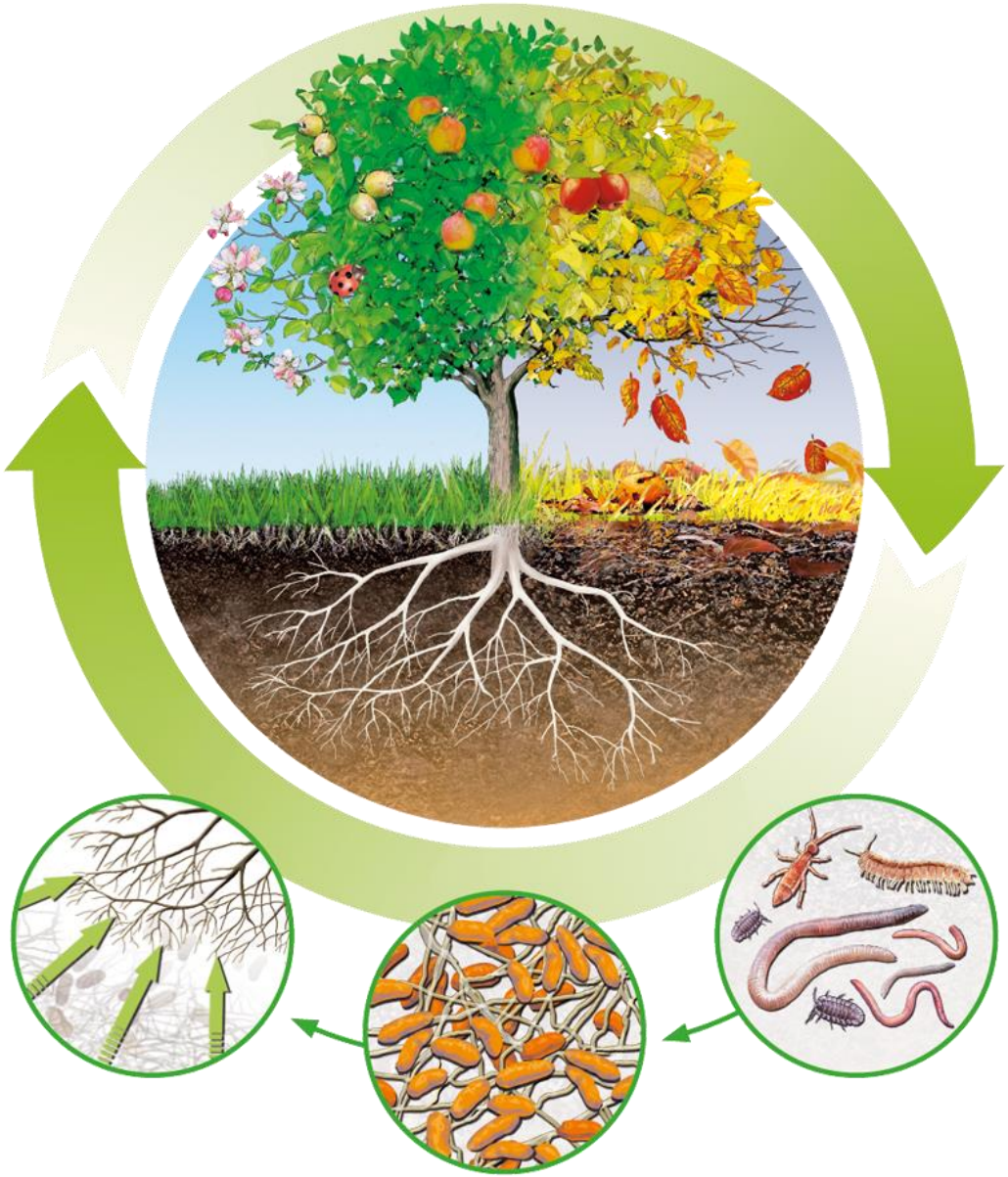
Nährstoffe (Kationen und Anionen) halten



1 Die Kationen werden mit den Protonen aus der Kohlensäure (H_2CO_3) oder aus der Pflanze selbst ausgetauscht.
2 Ein Tonpartikel, der negativ geladen ist, bindet Kationen. 3 Mineralische Kationen werden in die Bödenlösung freigesetzt.

https://www.humintech.com/de/agrarwirtschaft/informationen/was-sind-huminsaeuren.html

Der Kreislauf des Bodens



Ziele zur Verbesserung der Bodengesundheit

- Veränderung, Verbesserung der Bodenstruktur
- Verbesserung chem. Eigenschaften (z.B. pH-Wert, KAK,…)
- Verbesserung physikalischer Eigenschaften:
  Wasserhaltekraft; Veränderung der Porenstruktur
- Erhöhung der Stressresistenz (z.B. Mykorrhiza)
- Nährstoffversorgung (Düngung)

Krankheitsresistenz und Vorbeugung durch

- Verbesserung des Mikroklima mit Hilfe von Hecken
- Neuanlage / Pflanzungen – Wasserabfluss berücksichtigen (keyline)
- Erhöhung der Biodiversität durch 1-2 x Mähen / Jahr (früh. Juni – spätestens August - staffelmähen)
- Mähgut abtrocknen lassen und für Mulchung verwenden.
- Randzonen für Biotope nutzen

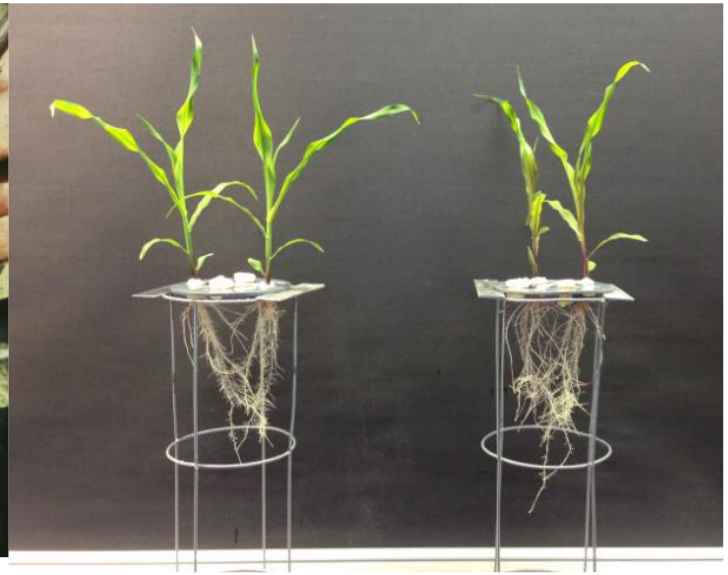
Nährstoffe

Stickstoff (N)

- nur teilweise pflanzenverfügbar (Nitrat, Nitrit, Ammonium, Ammoniak, Harnstoff
- Nitrat = hohe Konzentrationen in der Bodenlösung → Massenfluss
- Ammonium = eher in geringeren Konzentrationen → Diffusion
- pH-Wert des Wurzelmediums beeinflusst die N-Aufnahme:
  - → NO_3^--Aufnahme durch niedrige pH-Werte
  - → NH_4^+-Aufnahme durch höhere pH-Werte
- Bei pH-Werten > 7 = zunehmende + unkontrollierte Aufnahme von NH_4

Stickstoff – Mangel

- kümmerliches, spärliches Wachstum; blassgrüne/gelbe Färbung der Blätter; kurzer Spross, kleine Blätter; Verfärbung der Blüten; später Nekrosen; Rotverfärbungen sind möglich (Anthocyanpigmente)
- Gelbe Farbpigmente werden dann nicht mehr durch die grünen Chlorophyllpigmente überdeckt
- gute Verlagerbarkeit von N → zuerst an den alten Blättern zu erkennen



Phosphor (P)

- liegt als Anion der Phosphorsäure (vor allem HPO_4^{2-} und $H_2PO_4^-$) in der Bodenlösung vor → direkt pflanzenverfügbar → unter guten Wachstumsbedingungen nimmt ein Pflanzenbestand täglich etwa 1-2kg P/ha auf
- liegt normalerweise nur in geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vor → Diffusion zur Wurzel
- Calciumphosphate = unterschiedliche Löslichkeiten → nehmen mit sinkendem pH-Wert zu

Phosphor – Mangel

- junge Pflanzen sind zwergwüchsig & dünn; purpurrote Verfärbungen der Blattränder, Adern und Stängel („Anthocyanverfärbungen“); Seitenwurzel-bildung ist beeinträchtigt
- P ist gut verlagerbar → erste Symptome zunächst an älteren Blättern

Schwefel (S)

- Sulfat liegt meist in mittleren Konzentrationen in der Bodenlösung vor

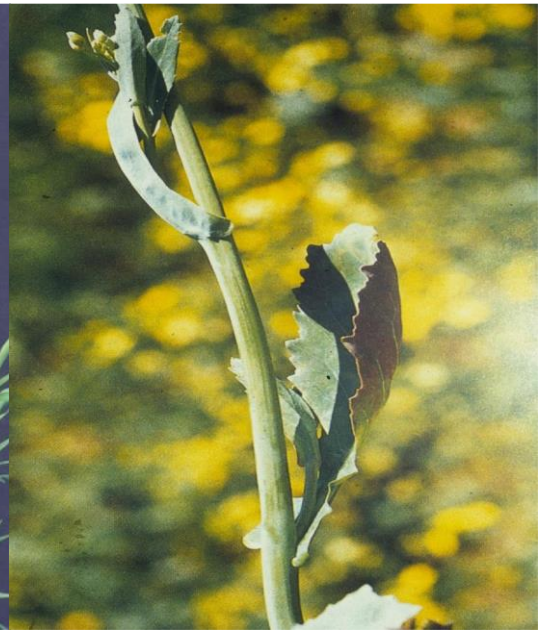
  → hauptsächlich über Diffusion zur Wurzel – aber auch mit Massenfluss

- wird als Sulfat aus der Bodenlösung wie Nitrat im H^+-Cotransport aufgenommen

  → bei hohen Konzentrationen in der Atmosphäre auch gasförmige Aufnahme über die Blätter in Form von SO_2 möglich.

Schwefel – Mangel

- kümmerliches, straff aufrechtes Wachstum; löffelartige Verformungen bei Raps; Chlorosen zwischen den Blattnerven der jüngeren Blätter → die jüngsten Blätter sind hellgelb, da schlecht verlagerbar



Kalium (K)

- Erdrinde enthält ungefähr 3% Kalium; K-Anteil in organischer Bindung ist sehr niedrig → Huminstoffe enthalten praktisch kein Kalium
- Aufnahme als K^+ → passive Aufnahme & Antagonismus mit Ammonium

Kaliummangel
Ältere Bäume, eingerollt, braune Blattränder, bleiben am Baum meist hängen.
Vorkommen: Kalkarme Tonböden
Empfehlung: K-Volldüngung

Kalium – Mangel

- Ränder und Spitzen der unteren Blätter werden gelb und später braun; fortschreitend Bildung von Chlorosen; Einrollen der Blattränder; Wachstum ist gehemmt; vorzeitigen Welken und Absterben

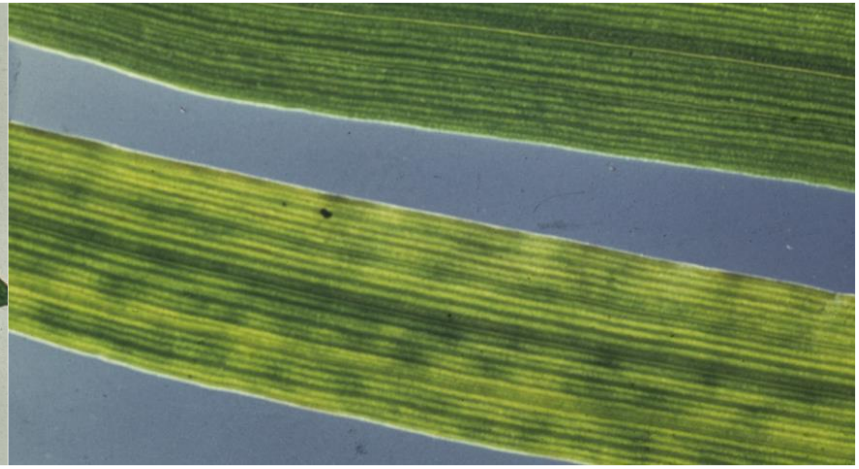
Magnesium (Mg)

- Magnesium liegt normalerweise in relativ geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vor → per Diffusion zur Wurzel
- Starker Antagonismus mit anderen Kationen wie K^+, NH_4^+, Mn^{2+} und Ca^{2+}
- bei hohem Auftreten dieser Kationen trotz genügend Magnesium im Boden = Mg-Mangel möglich

Magnesiummangel
Ältere Bäume zeigen im Juli auf den Langtrieben Schäden, wie Gelbfärbung zwischen den Blattnerven, bis zur Nekrose.
Vorkommen vorwiegende auf sauren Böden, Magnesiumdüngung

Magnesium – Mangel

- gelbliche, unregelmäßige Scheckung/Streifung der Blätter; fortschreitend Bildung von Chlorosen (Blattadern zunächst grün); in den gelblichen Bereichen können nekrotische Flecken auftreten
- Da Mg^{2+} = gut verlagerbar → Mg-Mangel zunächst an den älteren Blättern auf → das unterscheidet den Mg-Mangel vom Fe-Mangel.
- Bei Getreide = perlenschnurartige Aufreihung von dunkelgrünen Punkten an den Blattadern

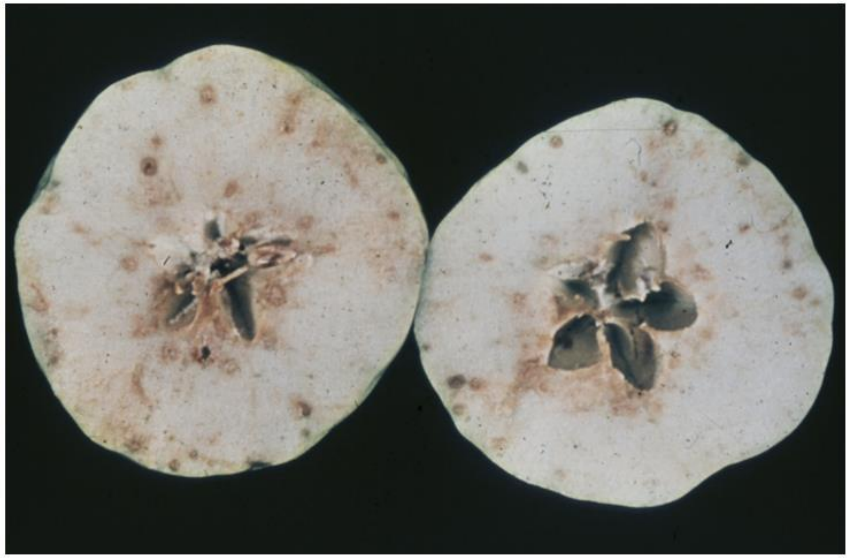


Calcium (Ca)

- Calcium liegt normalerweise in relativ hohen Konzentrationen in der Bodenlösung vor → über Massenfluss zur Wurzel
- Hohe Ca-Mengen = Mikroorganismenleben, Krümelstabilität, Aufbau- & Abbauprozesse im Boden günstig
- Ca-Düngung (meist Kalk) = in erster Linie Bodendüngung → pH-Wert im Boden steigt → Ca wird verfügbar

Calcium – Mangel

- Blattspitzen weisen hellgrüne bis weißliche Flecken auf; fleckige, gestreifte Läsionen; Nekrosen; Blätter oft geringelt
- Typische Krankheiten durch Mangel = Spitzendürre, Fruchtendfäule und Stippigkeit (bei Obst)
- Schlecht verlagerbar → erste Symptome in jungen Blättern + Stabilität der Zellwände beeinträchtigt und es kommt, je nach Gewebe, zu trockenen oder nassen Nekrosen



Eisen (Fe)

- Aufgrund der sehr geringen Löslichkeit liegt Eisen meist nur in sehr geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vor
  → über die Diffusion zur Wurzel
- Eisen ist das vierthäufigste Element in der Erdrinde → generell genug Eisen im Boden vorhanden, aber oft nicht für die Pflanze verfügbar
- pH >7,5 und/oder hoher Tonanteil = Eisen nicht verfügbar

Eisenmangel:
Junge Blätter vergilben, später auch Ältere, Blattadern noch erkennbar (Ausnahme Birne)
Vorkommen: meist kalkreiche Böden
Kurzfristig Eisendünger, Langfristig absenken des pH-Wertes durch Humusaufbau

Eisen – Mangel

- chlorotische Verfärbung der Blätter → schlechte Verlagerbarkeit des Eisens → zuerst an den jungen Blättern zu sehen
- Kommt auf Kalkstandorten vor → daher auch als Kalk-Chlorose bekannt
- weil ungünstige Witterungsbedingungen begünstigen Fe-Mangel → Schlechtwetter-Chlorose (bei Staunässe sammelt sich Bicarbonat an und puffert den pH-Wert des Bodens)
- Physiologischer Fe-Mangel = bei empfindlichen Genotypen auf Kalkstandorten oder bei physiologisch alkalischer Ernährung
- bei Obstbäumen = nestartige Chlorosen

Kupfer (Cu)

- In der Bodenlösung liegt Cu nur in geringen Mengen vor
- wird nur in geringen Mengen von der Pflanze aufgenommen → Aufnahme selbst hängt in erster Linie von der Menge an pflanzenverfügbaren Cu-Ionen im Boden ab
- Je mehr Humus, umso schlechter verfügbar → Bodenprobe empfehlenswert
- pH >7,0 = nicht verfügbar

Kupfer – Mangel

- Cu ist an der Entgiftung von toxischen Sauerstoffradikalen beteiligt → Mangel = nekrotischen Schäden
- Mangel hauptsächlich auf humusreichen Standorten → organischen Substanzen binden Cu besonders stark
- Auch auf kalkhaltigen Böden ist die Cu-Konzentration sehr gering → Cu wird hier entweder besonders stark sorbiert oder als schwerlösliches Salz (Cu-Carbonat, Cu-Phosphat, Cu-Sulfid) ausgefällt

Mangan (Mn)

- kann in zwei-, drei- oder vierwertiger Form vorkommen → Verlagerung in Boden und Pflanze = schlecht
- Niedriger pH-Wert = optimal → Mit dem Anstieg des pH-Wertes nimmt das lösliche Mn beachtlich ab → optimale Lebensbedingungen bei pH 5,5
- Mangan liegt meist nur in sehr geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vor → über die Diffusion zur Wurzel
- Je mehr Humus, umso schlechter vefügbar → Bodenprobe empfehlenswert

Manganmangel:
Gelbfärbung der Blätter mit grün Färbung der Blattadern mit Umfeld.
Vorkommen: Kalkhaltige Böden, starker Regen bei leichten Böden
Manganvolldüngung

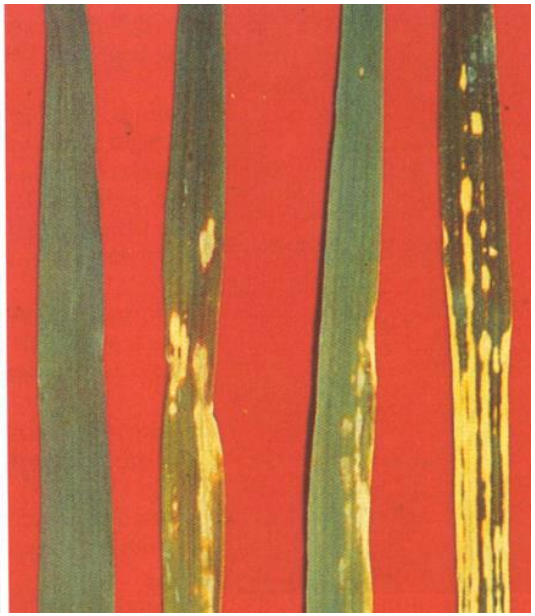
Mangan – Mangel

- bei niedrigen pH-Werten + stark reduzierenden Bedingungen = eher Toxizität als Mangel
- Photosyntheseleistung ist bei Mangel eingeschränkt (Dörrfleckenkrankheit bei Hafer)
- Aktivität der Superoxid-Dismutase ↓ → Nekrosen!

Superoxid-Dismutase ist der Name für alle Enzyme, die Superoxid-Anionen zu Wasserstoffperoxid umwandeln. Diese Enzyme kommen in allen Lebewesen vor. Nur vereinzelten anaeroben Bakterien fehlen diese Enzyme. Superoxid ist sehr reaktionsfreudig und kann Proteine und das Genom schädigen. Wikipedia

Mangan – Toxizität

- tritt dann auf, wenn durch sehr niedrige pH-Werte und ein sehr niedriges Redoxpotential (z.B. bei Staunässe) im Boden sehr viel MnO_2 zu verfügbarem Mn^{2+} reduziert wird
- Braunverfärbungen sind Braunstein (MnO_2). Die Pflanze hat den Mn^{2+} Überschuss in den Vakuolen abgelagert und dort wurde er zu Braunstein oxidiert

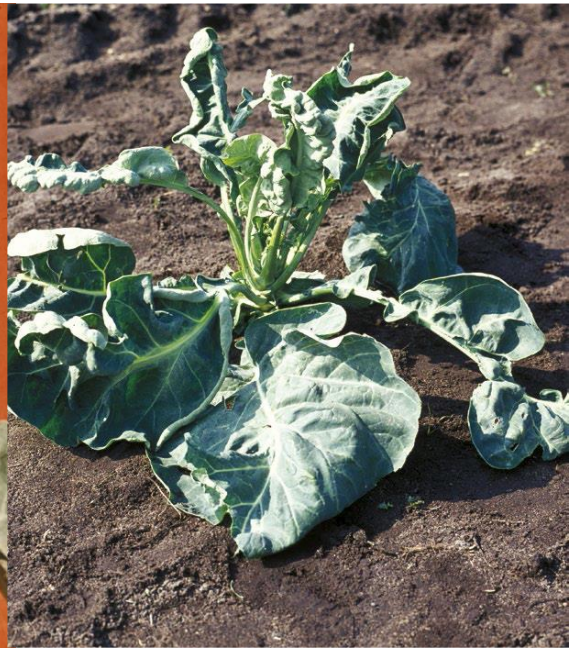


Molybdän (Mo)

- kommt im Boden hauptsächlich als Sulfid (MoS_2) und als Molybdad (MoO_4^{2-}) vor.
- Mo-Konzentration in der Bodenlösung ist niedrig → H^+-Cotransport
- Die Bindungsstärke hängt in hohem Maße vom pH-Wert des Bodens ab
  → Verfügbarkeit nimmt mit fallendem pH-Wert ab, optimal = 7,0
- Je mehr Humus, umso schlechter vefügbar → Bodenprobe empfehlenswert

Molybdän – Mangel

- Aufgrund der Beteiligung von Mo im N-Stoffwechsel kommt es auch bei Mo-Mangel zu den bekannten N-Mangelsymptomen → typisches Mo-Mangelsymptom = Verkümmerung von Blattspreiten
- „Whip Tail-Krankheit“ bei Blumenkohl



Bor (B)

- kommt im Boden hauptsächlich als Borsäure (H_3BO_3) bzw. als Borat vor
- Bei hohen pH-Werten bildet Borsäure eine Lewis-Säure → $B(OH)_{4-}$ wird dann im Boden festgelegt → pflanzenunverfügbar
- B-Verfügbarkeit nimmt > 6,3 pH ab
- Auch mit steigendem Tongehalt vermindert sich im neutralen pH-Bereich die B-Verfügbarkeit
- Verlagerung von Bor in der Pflanze = schlecht, weil es in den Zellwänden festgelegt ist

→ zu viel Bor im Boden ist toxisch → Bor-Vorratsdüngung nicht empfehlenswert!

Bor – Mangel

- Zweikeimblättrige Samen haben einen höheren Bor-Anspruch
- Besonders Zuckerrüben, Sonnenblumen und Raps leiden daher häufig unter B-Mangel.
- → Gewebeschäden (Nekrosen) der jungen Blätter (Zuckerrübe) oder des Blütenkorbs (Sonnenblume)
- durch B-Mangel hervorgerufene Krankheit der Zuckerrübe = Herz- und Trockenfäule.

Chlor (Cl)

- ist als Chlorid in der Natur weit verbreitet & gut beweglich
- liegt in relativ hohen Konzentrationen (6-100 mg L^{-1}) vor
- Aufnahme = sekundär-aktiv, mittels H+-Cotransport

Chlor – Mangel

- tritt in der Praxis eigentlich nicht auf
- Ausnahme aufgrund des hohen Bedarfs = Kokospalmen
- In Cl-freier Nährlösung induzierter Mangel bei Gräsern = Blattrandnekrose
- Erdbeeren zeigen sich empfindlich gegenüber zu viel Chlor (Guttation)

Zink (Zn)

- Zink-Konzentrationen in der Bodenlösung sind niedrig
- größter Teil liegt in organischer Bindung vor (Aminosäuren, Fulvosäuren)
- Zn-Aufnahme + Zn-Bedarf = niedrig

  → Zn-Aufnahme kann durch andere Schwermetalle, besonders durch Cu, behindert werden

Zink – Mangel

- Ein Zn-Mangel gleicht grundsätzlich einem Cu-Mangel → in beiden Fällen ist Funktion der Superoxid-Dismutase eingeschränkt
- Es kommt daher zu nekrotischen Schäden + Früchte werden nicht richtig ausgebildet

Silicium (Si)

- Aufnahme als Monokieselsäure (H_4SiO_4) → Zellwandbestandteil in Gräsern
- Verfügbarkeit hängt vom Grad der Verwitterung der Bodensilicate ab
- Si im Quarz = am schlechtesten zugänglich → Si-Aufnahme auf Sandböden sehr niedrig → steigt in Abhängigkeit vom Bodentyp in folgender Reihenfolge an:

  Moorböden < Sandböden < Parabraunerde < Schwarzerde

- Alle Pflanzen die im Boden wachsen weisen Si auf → sind zu unterteilen in „Si-Sammler“ (viel Si, aktive Aufnahme, z.B: Reis, Gerste und Mais) und „Nicht-Si-Sammler“ (wenig Si, passive Aufnahme)

Silicium – Mangel

- Aufgrund schwacher Zellwände kommt es zu schlaffen Blättern
- Anfälligkeit für Schädlinge (z.B. Maiszünsler) und Krankheiten (z.B. Fusarien, Mehltau) steigt

Schweizer ideen-Werkstatt

Beispiel für Kationen + Anionen, die durch BioSi® Produkte effizienter nutzbar werden

Kationen	Anionen
Calcium - Ca^{2+}	Stickstoff – NO_3^-
Magnesium – Mg^{2+}	Schwefel – SO_4^-
Kalium – K^+	Zink – $ZnCl^-$
Natrium – Na^+	Chlor – Cl^-
Wasserstoff – H^+	Phosphor – HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}
Aluminium – Al^{3+}	Silizium – SiO_4^{4-}, SiO_3^{2-}
Mangan – Mn^{2+}	Molybdän – MO_4^{2-}
Eisen – Fe^{2+}	Die Tabelle zeigt ausgewählte Beispiele

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Fragen helfen wir gerne weiter!

Mail: info@iris-schweizer.de

www.Iris-Schweizer.de