



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope



**Universität
Zürich**^{UZH}



BEWEISSTÜCK UNTERHOSE

Eine schweizweite Erhebung der Bodenqualität mit Bürgerbeteiligung

Was bedeuten die Werte?

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	2
EINLEITUNG.....	2
UNTERHOSEN UND TEEBEUTEL.....	3
KÖRNU NG.....	4
PH-WERT.....	6
KOHLNSTOFF.....	7
STICKSTOFF.....	11
PHOSPHOR.....	12
KALIUM.....	15
POTENTIELLE KATIONEN-AUSTAUSCH-KAPAZITÄT.....	16
BASENSÄTTIGUNG.....	17
QUELLEN.....	18
WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN.....	18

EINLEITUNG

Vielen Dank, dass du beim Projekt Beweisstück Unterhose aktiv mitgemacht und uns neben Unterhosen und Teebeuteln auch deine Bodenproben zugeschickt hast!

Die vorliegende Interpretationshilfe dient dazu, **dass du besser verstehst, was der Abbau der Teebeutel und Unterhosen sowie die einzelnen Bodenparameter von deiner Fläche bedeuten**. Dazu werden einige Hintergrundinformationen, eine grobe Einteilung der Werte und mögliche Interpretationen gegeben¹.

- ➔ Garten- und Ackertipps findest du auf dem Dokument **«Tipps für meinen Boden»** auf unserer Webseite.
- ➔ Möchtest du noch genauer wissen, wie du die Bodentierchen und Mikroorganismen in deinem Boden fördern kannst (unser Hauptanliegen), haben wir dir dazu das Dokument **«Gesunde Böden durch biologische Vielfalt»** zusammengestellt.
- ➔ Wenn du **weiterführende Informationen** möchtest, findest du auf der letzten Seite in diesem Dokument eine Übersicht über nützliche Veröffentlichungen und Webseiten.
- ➔ Hast du **Fragen**? Dann kannst du im Forum auf unserer Webseite nachschauen: [Index - Forum - Beweisstück Unterhose - Citizen Science App \(beweisstueck-unterhose.ch\)](#). Vielleicht wurde dort eine ähnliche Frage bereits beantwortet, oder du stellst gleich selbst eine Frage. Du kannst uns natürlich auch ein Mail an info@beweisstueck-unterhose.ch schreiben. Wir werden versuchen eure Fragen nach bestem Gewissen zu beantworten.

Wir wünschen dir viel Spass beim Eintauchen in die faszinierende Welt des Bodens und hoffen, dass du einige nützliche Infos findest!

Dein Beweisstück Unterhose Team

¹ Diese Informationen sind als grobe Orientierung zu verstehen. Detailliertere Einstufungen und Zusammenhänge der Bodenparameter sind sehr komplex und können Bücher füllen. Die Beurteilungen sind auf Gemüse und Ackerkulturen abgestimmt. Auf Flächen wie z.B. Waldstandorten, Grünlandflächen oder spezialisierten Pflanzenarten können wir in dieser Interpretationshilfe nur teilweise eingehen.

UNTERHOSEN UND TEEBEUTEL



Was sagt der ABBAU DER UNTERHOSEN UND TEEBEUTEL über meinen Boden aus?

Anhand des Abbaus der Unterhosen und Teebeutel kannst du feststellen, **wie aktiv die Tierchen und Mikroorganismen in deinem Boden waren.**

Abbau	Bedeutung
< 20 %	<p>Die Bodenlebewesen in deinem Boden waren nicht sehr aktiv und hungrig</p> <ul style="list-style-type: none">• Entweder leben nicht viele Tierchen und Mikroorganismen in deinem Boden• Den Bodenlebewesen hat etwas gefehlt• Oder das Klima war nicht optimal (z.B. zu trocken, zu kalt, zu nass) <p>➔ Schau dir am besten die Tipps Seite 3 in «Tipps für meinen Boden» an</p> <p>➔ Mehr Informationen über das Bodenleben und wie du es fördern kannst findest du im Factsheet «Gesunde Böden durch biologische Vielfalt»</p>
20 – 60 %	Die Bodenlebewesen in deinem Boden waren durchschnittlich aktiv
> 60 %	Die Bodenlebewesen in deinem Boden waren sehr aktiv und gefräßig 😊

Welche Faktoren nun genau den Abbau der Unterhosen und Teebeutel (und damit die Aktivität der Bodenlebewesen) beeinflussen, versuchen wir mit unseren wissenschaftlichen Analysen noch herauszufinden. Dazu gibt es dann in ein paar Monaten mehr Informationen.

Der Abbau deiner Teebeutel kann sich im Vergleich zu den Unterhosen etwas unterscheiden. Dies liegt unter anderem daran, dass die Unterhosen aus anderen Materialien bestehen als die Teebeutel. Die Unterhosen bestehen hauptsächlich aus kohlenstoffhaltiger Zellulose, die Teeblätter in den Teebeuteln enthalten hingegen weniger Kohlenstoff und mehr Stickstoff. Dies kann einen Einfluss auf den Appetit der Bodenlebewesen haben, welche unterschiedliche Materialien mögen und brauchen.

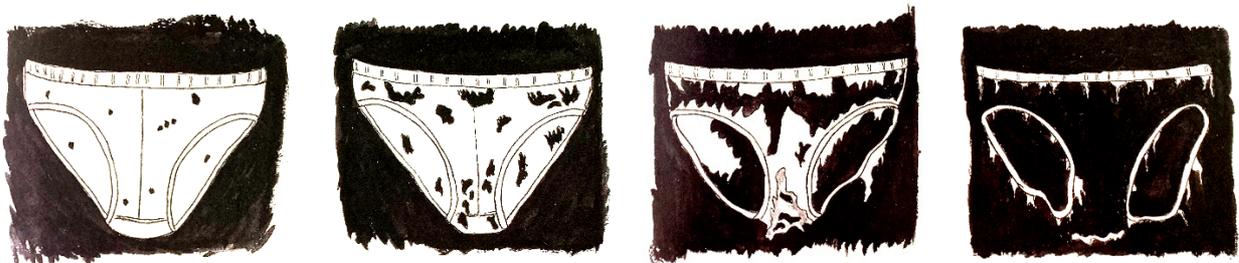


Bild: Unterhosen nach zwei, vier, sechs und acht Wochen im Boden. © inkandcolour.ch

KÖRNUNG

Böden bestehen aus einem Gemisch aus Steinen, Sand und noch kleineren Schluff- und Tonpartikeln, sowie aus zersetztem pflanzlichem und tierischem Material – im Alltag oft Humus² genannt.

Bei der Körnung werden nur die Körner angeschaut, die kleiner als 2mm sind (Humus und grössere Steine sind ausgenommen). Diese werden nach Grösse sortiert und folgendermassen eingeteilt:

- Sand: 0.063-2mm
- Schluff: 0.002-0.063mm
- Ton: < 0.002mm

Je nachdem, wie viel Anteil an Sand, Schluff oder Ton dein Boden enthält, wird er einer unterschiedlichen **Bodenart** zugeteilt. Die Bodenart ist vor allem durch die geologischen Gegebenheiten an deinem Standort bestimmt und lässt sich nur schwierig beeinflussen. Eine grobe Einteilung der Bodenart kann mit dem Tongehalt gemacht werden – siehe nächste Seite.



Bild: «Schwerer» Tonboden bei Trockenheit mit Schrumpfrissen – Ton schrumpft bei Trockenheit, bildet Risse und dehnt sich bei Feuchtigkeit wieder aus. Shutterstock/Firdes Sayilan

² Der Begriff 'Humus' ist nach neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht mehr zutreffend. Korrekterweise sollte man von 'organischer Bodensubstanz' sprechen. Zur besseren Lesbarkeit und leichterem Verständnis verwenden wir den Begriff 'Humus' hier jedoch weiterhin.



Was sagt der TONGEHALT über meinen Boden aus?

Mit dem ermittelten Tongehalt kannst du herausfinden, was für eine Bodenart du hast. Je nachdem, ob dein Boden aus vielen grossen Sandkörnern oder kleinen Tonkörnern besteht, gibt es unterschiedliche Auswirkungen auf Pflanzen, die darauf wachsen und Organismen, die darin leben.

Tongehalt	Bodenart	Vor- und Nachteile deines Bodens
< 15 %	«Leichter» Sandboden (Enthält viel Sand, wenig Schluff und Ton)	<ul style="list-style-type: none"> + Bodentierchen und Wurzeln haben genügend Platz und Sauerstoff + Wasser kann leicht versickern – keine Staunässe + Erwärmt sich schnell, kühlt aber auch rasch wieder ab + Einfach zu bearbeiten - Nährstoffe und Wasser werden nicht gut gespeichert - Im Sommer kommt es schnell zu Trockenheit <p>➔ Am besten berücksichtigst du die Tipps auf Seite 4 in «Tipps für meinen Boden»</p>
15 – 35 %	«Mittelschwerer» Boden (Enthält ähnlich viele Anteile aus Sand, Schluff und Ton)	<p>Optimal für die meisten Kulturen 😊 Diese Böden gelten als sehr fruchtbar - die jeweiligen positiven Eigenschaften der Korngrössen ergänzen sich gegenseitig:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Kann Wasser und viele Nährstoffe speichern (Eigenschaft Ton) + Genügend Wasser kann versickern (Eigenschaft Sand) – wenig Gefahr vor Staunässe + Wurzeln und Bodenlebewesen haben genügend Platz + Leicht zu bearbeiten
> 35 %	«Schwerer» Tonboden (Enthält viel Ton, wenig Schluff und Sand)	<ul style="list-style-type: none"> + Viel Wasser und Nährstoffe können gespeichert werden - Schwer zu bearbeiten (fest und klebrig) - Tendenz zu Staunässe (kaum wasserdurchlässig) - Bodentierchen und Wurzeln haben wenig Platz und Sauerstoff - Wärmt sich schwer auf, kann im Herbst aber auch länger Wärme speichern <p>➔ Am besten berücksichtigst du die Tipps auf Seite 4 in «Tipps für meinen Boden»</p>

PH-WERT

Der pH-Wert beschreibt, ob dein Boden sauer, neutral oder basisch ist. Die pH-Wert Skala reicht von sehr sauer (pH 1) zu sehr basisch (pH 14). Ein pH-Wert von 7 nennt man neutral. Mit dem pH-Wert kannst du Aussagen über die **Aktivität des Bodenlebens** und die **Verfügbarkeit von wichtigen Nährstoffen** in deinem Boden treffen.

Was sagt der PH-WERT meines Bodens aus?

pH-Wert	Dein Boden ist	Bedeutung für Pflanzen, Bodenstruktur und Bodenorganismen
< 5.5	sauer	<ul style="list-style-type: none">- Für viele Gemüsesorten und Ackerkulturen zu sauer. Auch Bodenorganismen sind in diesem Bereich nicht mehr sehr aktiv.- Bei Werten unter 4.5 können giftige Substanzen wie Schwermetalle gelöst und in die Pflanzen eingelagert werden- Humus wird weniger umgewandelt (reduzierte mikrobielle Aktivität), wichtige Nährstoffe (z.B. Phosphor, Stickstoff, Kalium) werden weniger freigesetzt und die Bodenstruktur wird negativ beeinflusst (z.B. gering ausgebildete Krümelstruktur)

➔ Siehe Tipps auf Seite 5 in «**Tipps für meinen Boden**»

5.5 – 7.5	Neutral bis leicht sauer	<p>Optimaler Bereich für die meisten Kulturen ☺</p> <ul style="list-style-type: none">+ Die meisten Nährstoffe sind hier gut verfügbar+ Viele Bodenlebewesen fühlen sich in diesem Bereich pudelwohl+ Die Bodenstruktur ist durch den vorhandenen Humus, Kalkgehalt und die Aktivität der Bodenorganismen krümelig → kann von den Pflanzen gut durchwurzelt werden und Bodenlebewesen sind genügend mit Sauerstoff versorgt
-----------	--------------------------	--

> 7.5	Basisch (auch alkalisch genannt)	<ul style="list-style-type: none">- Dieser Boden ist für viele Kulturen zu kalkhaltig- V.a. ein pH über 9 vertragen nur noch wenige Pflanzen- Auch einige Nährstoffe (v.a. Phosphor) werden im Boden gebunden und stehen den Pflanzen dann nicht zur Verfügung- V.a. bei Sandböden wird häufig zu viel Humus abgebaut – die Erde hat dann kaum noch Struktur, die Wasser oder Luft in sich aufnehmen kann+ Schwermetalle bleiben im Boden gebunden und gelangen nicht in die Pflanze
-------	----------------------------------	--

➔ Siehe Tipps auf Seite 5 in «**Tipps für meinen Boden**»

KOHLENSTOFF

Kohlenstoff kommt im Boden in Form von kalkhaltigen Gesteinen (mineralischer Kohlenstoff) und in der organischen Bodensubstanz (organischer Kohlenstoff) – umgangssprachlich auch Humus genannt – vor.



Was sagt der GESAMTKOHLENSTOFF WERT (C_{tot}) meines Bodens aus?

Der Gesamtkohlenstoff Wert zeigt an, **wieviele Prozent deines Bodens aus Kohlenstoff besteht** – dieser kann in Gesteinen und im organischen Material gespeichert sein.

→ Der Gesamtkohlenstoff Wert an sich ist für den Gartenbau und Ackerbau nicht sehr aussagekräftig. Interessant ist vor allem der Anteil an organischem Kohlenstoff (Humus) – siehe Infobox unten und C_{org} auf der nächsten Seite.



INFOBOX Arten von Kohlenstoff im Boden

Organischer Kohlenstoff: Humus

Alles lebende Gewebe – bei Pflanzen, Pilzen als auch Tieren – ist zu grossen Teilen aus organischen Kohlenstoffverbindungen aufgebaut. Im Boden bestehen beispielsweise alle abgestorbenen Pflanzenreste (Blätter, Wurzeln, Zweige, Nadeln etc.) und toten Bodenorganismen etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff.

Stirbt z.B. pflanzliches Material ab, wird es von den Bodenlebewesen (wie Bakterien und Regenwürmern) als Nahrung gebraucht. Damit beginnt ein Ab- und Umbau dieses Materials. Es wird zersetzt, zerkleinert und stabilisiert. Dadurch entsteht sehr wertvoller, nährstoffreicher und wasserspeichernder Humus.

Mineralischer Kohlenstoff: Kalkhaltige Gesteine

Aber nicht nur abgestorbenes Gewebe enthält Kohlenstoff. Auch gewisse Gesteine im Boden können viel Kohlenstoff enthalten. Dies sind vor allem Kalk-Dolomit-Gesteine und -Mergel. Diese kommen in deinem Boden vor allem häufig vor, wenn dieser ursprünglich auf und aus diesem Gestein entstanden ist.

Im Laufe der Zeit lösen sich diese kalkhaltigen Gesteinsanteile auf, was u.a. dazu führt, dass Böden immer saurer werden.



Bild: Dunkler humusreicher Boden. Einen humusreichen Boden erkennt man meistens an seiner dunklen Farbe (Huminstoffe). Er fühlt sich auch sehr fein an. Shutterstock/J. Chizhe



Was sagt der ORGANISCHE KOHLENSTOFF WERT (C_{org}) meines Bodens aus?

Dieser Wert gibt an, wieviel organisches Material dein Boden enthält (siehe Infobox oben – Humus) und dient als **Mass für den Humusgehalt**. Er ist primär von der Bewirtschaftung und dem Tongehalt deines Bodens abhängig.

C_{org} Wert	Bedeutung
< 2 %	<p>Ist häufig zu wenig organisches Material für einen gut funktionierenden Boden. In Böden mit hohem Sandgehalt (Tongehalt < 15%) kommen C_{org} Werte < 2% häufig vor.</p> <ul style="list-style-type: none">➔ Die Vorteile von Humus auf die Bodenqualität – siehe Seite 10 in diesem Dokument – sind kaum gegeben➔ Beachte die Tipps auf Seite 6 in «Tipps für meinen Boden» (Humusgehalt erhöhen)

2 bis 10%	<p>Liegen im optimalen Bereich für den Gartenbau 😊</p> <ul style="list-style-type: none">➔ Dein Boden profitiert von den Vorteilen, die Humus liefert – siehe Seite 10 in diesem Dokument➔ Behalte dein Humusmanagement bei. Liegen deine Werte nahe bei 2% kannst du auch versuchen mehr Humus aufzubauen – siehe Tipps auf Seite 6 in «Tipps für meinen Boden»
-----------	---

> 10%	<p>Für den Gemüse- und Ackerbau sind solche Werte oft zu hoch (in einem Wiesen, Wald, oder ehemaligen Moorstandort jedoch nicht ungewöhnlich) – du fügst deinem Boden ev. zu grosse Mengen an organischem Material (z.B. Kompost) bei (Überdüngungsgefahr) oder dieses kann nicht gut abgebaut werden (z.B. durch geringe Aktivität von Mikroorganismen – siehe nächste Seite C/N-Verhältnis).</p> <ul style="list-style-type: none">➔ Du kannst die Tipps auf Seite 6 in «Tipps für meinen Boden» beachten
-------	--

Für eine genaue Bewertung deines Humusgehaltes spielt auch der Ton- und Stickstoffgehalt deines Bodens eine Rolle. Für die Bewertung der Humusqualität kannst du beispielsweise das C/N-Verhältnis brauchen – siehe nächste Seite.

«Die natürliche Entwicklung von 1cm humusreichem Boden kann zwischen 100 bis 300 Jahre dauern»

❓ Was sagt das C/N-VERHÄLTNIS meines Bodens aus?

Dieses Verhältnis wird als Indikator für die **Humusqualität** verwendet. Es ist ein Mass dafür, wieviel organische Bodensubstanz abgebaut wird. Je kleiner das C/N-Verhältnis, desto mehr Stickstoff ist im Vergleich zum organischen Kohlenstoff vorhanden.

C/N Verhältnis	Humusqualität	Bedeutung
> 20 %	Gering	Zu tiefes Verhältnis, dein Humus trägt nicht viel zur Pflanzenversorgung bei
20 – 15%	Mittel	➔ Du kannst die Tipps auf Seite 6 in « Tipps für meinen Boden » berücksichtigen

< 15	Hoch	Optimaler Bereich 😊 + Es wird viel organisches Material umgesetzt (hoher Humifizierungsgrad) + Viel Stickstoff (und wahrscheinlich andere Nährstoffe) steht deinen Pflanzen zur Verfügung (Weitere Infos zu Stickstoff siehe Seite 11 und 12 in diesem Dokument)
------	------	--



INFOBOX Humus als globaler Retter?

Die organische Bodensubstanz macht im Allgemeinen zwar nur wenige Prozent von Böden aus, trotzdem hat sie einen enormen Einfluss auf die Bodenqualität. So hat diese nicht nur für dein Gemüse und deine Ernte vorteilhafte Effekte – mit dem Einbau von organischem Material, besonders, wenn es aus deinem eigenen Betrieb oder Garten kommt, kannst du sogar noch etwas für einige der grössten globalen Herausforderungen tun:

«Humus speichert Kohlenstoff und beugt Bodenerosion und Gewässerüberdüngung vor»

«Humusreiche Böden sind resistenter gegenüber zunehmendem Stress von aussen – wie Trockenheit, extremen Temperaturen, Verdichtung und Pestizideinsätzen»

«Eine optimale Humusversorgung – nicht zu viel und nicht zu wenig – ist die Grundlage zur nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit, Ertragssicherung und zum Umweltschutz»

Dies ist so, weil die organische Bodensubstanz nahezu alle wichtigen Bodeneigenschaften und –funktionen beeinflusst:

- **Lebensraum und Nahrung für Bodenlebewesen**
Fördert biologische Aktivität und Vielfalt
- **Kann Wasser und Nährstoffe speichern und den Pflanzen wieder zur Verfügung stellen**
- **Bildet eine gute Bodenstruktur**
Die Bildung von Bodenkrümeln (mit Ton zusammen) stabilisiert den Boden. Dieser ist dadurch u.a. belastbarer und Bodenerosion wird vorgebeugt.
- **Puffert Schadstoffe**
- **Verbessert das Porenvolumen**
Gut für die Durchlüftung, denn Wasserhaushalt und Wurzeln haben genügend Raum
- **Boden wird schnell erwärmt**
Durch die dunkle Farbe des Humus

- **Speichert Kohlenstoff (Kohlenstoffsенke)**
Der Boden speichert in der Schweiz 7mal so viel Kohlenstoff wie in der Luft enthalten ist. Dieser kann aber bei falscher Bearbeitung auch wieder ausgestossen werden.



Bild: Der Regenwurm – eines der wichtigsten Bodenlebewesen für den Humusaufbau. © Agroscope

STICKSTOFF

Stickstoff (N) ist neben Phosphor (P) und Kalium (K) einer der bedeutendsten Pflanzennährstoffe. Vor allem im Frühjahr haben dein Gemüse und deine Ackerkulturen einen hohen Nährstoffbedarf, um genügend Biomasse (Blätter, Früchte etc.) aufzubauen und zu wachsen.

❓ Was sagt der GESAMTSTICKSTOFF WERT (N_{tot}) meines Bodens aus?

Der Gesamtstickstoff Wert sagt dir, **wieviel Prozent deines Bodens aus Stickstoff besteht**. Er sagt jedoch nicht, wieviel davon den Pflanzen direkt zur Verfügung steht – dies ist nur ein sehr kleiner Teil (<5%). Der Rest ist hauptsächlich im Humus fest eingebunden. Dieser Stickstoff muss zunächst durch das Bodenleben freigesetzt werden, bevor Pflanzen ihn aufnehmen können (als Ammonium und Nitrat).

→ Bei einem optimalen Humusgehalt – siehe Seite 8 in diesem Dokument – hast du wahrscheinlich auch einen guten Stickstoffvorrat im Boden.

→ Für den Gartenbau ist es jedoch v.a. wichtig zu wissen, wie gut der Stickstoff im Humus auch für die Pflanzen verfügbar gemacht werden kann. Dazu verrät dir das C/N-Verhältnis mehr – siehe Seite 9 in diesem Dokument.



INFOBOX Wissenswertes über Stickstoff

Gefahr Stickstoffverluste

Wird (zu) viel Humus aufgebaut (z.B. durch hohen Kompost- oder Misteinsatz) kann bei optimalen Bedingungen für Mikroorganismen (Wärme, Feuchtigkeit und genügend Sauerstoff) sehr viel Stickstoff aus dem Humus gelöst werden. Wird zusätzlich mineralisch gedüngt, liegt sehr viel im Bodenwasser gelöster Stickstoff vor:

- Pflanzen können überdüngt werden
- Stickstoff kann v.a. in Form von Nitrat (NO_3^-) rasch aus dem Boden ausgewaschen werden. Ammonium (NH_4^+) wird etwas besser im Boden gehalten.
- Im Winterhalbjahr (mit viel Niederschlag) besteht die Gefahr von hohen Stickstoffverlusten, welche das Grundwasser, die Flüsse und unser Trinkwasser belasten können
- In der Landwirtschaft besteht beim Düngen von Feldern (v.a. Flüssigdünger wie Gülle) auch die Gefahr, dass Stickstoff als gasförmige klimaschädliche Emissionen in die Atmosphäre gelangt.

Leguminosen als Stickstoffspeicher

Viele Leguminosen (z.B. Kleesorten, Erbsen, Lupinen, Wicken) reichern den Boden mit Stickstoff an. Dies tun sie mit Hilfe von Bakterien an ihren Wurzeln (Knöllchenbakterien), welche Stickstoff aus der Luft gewinnen. Die Bakterien kriegen von den Pflanzen Zucker (Kohlenhydrate) und geben den Pflanzen im Gegenzug Stickstoff.

V.a. sogenannte Feinleguminosen (z.B. Luzerne, Esparsette, Kleesorten) produzieren mehr Stickstoff als die Pflanzen für ihren Eigengebrauch benötigen.



Bild: Knöllchen an den Wurzeln, die stickstofffixierende Bakterien enthalten. Shutterstock/Tomasz Klejdysz

«Die Kunst ist, dein Gemüse und deine Ackerkulturen optimal mit Stickstoff – z.B. aus dem Humus – zu versorgen und Stickstoffverluste so gering wie möglich zu halten»

? Wie erkenne ich einen Stickstoffmangel oder -überschuss bei meinen Pflanzen?



Bild: Gelbe Gurkenblätter deuten auf einen Stickstoffmangel hin.
Shutterstock/ Korostylev Dmitrii

Stickstoffmangel:

- Häufig eine Aufhellung oder Gelbfärbung bei den älteren Pflanzenteilen
- Pflanzen bleiben im Wuchs zurück (z.B. kleinere Früchte, schwächere Stängel)
 - ➔ Kann sich z.B. auch im Umknicken insbesondere von Getreiden, Flachs, Kartoffeln und Mais zeigen

Stickstoffüberschuss:

- Sehr schnell wachsende Pflanzen. Diese bauen unter Umständen zu wenig Stützgewebe auf
 - ➔ Umknickgefahr
- ➔ Siehst du dieses Anzeichen, kannst du die Tipps auf Seite 7 in «**Tipps für meinen Boden**» berücksichtigen

PHOSPHOR

Phosphor ist einer der wichtigsten Nährstoffe für alle Organismen. Pflanzen benötigen Phosphor vor allem als Energieträger und Förderer des Wurzelwachstums. Im Boden liegt Phosphor hauptsächlich in riesigen Mengen gebunden vor. Jedoch steht nur ein sehr kleiner Teil deinem Gemüse und deinen Ackerkulturen zur Verfügung.

? Was sagt der GESAMTPHOSPHOR WERT (P_{tot}) meines Bodens aus?

Dieser Wert sagt dir, **wieviele mg Phosphor in einem Kilogramm deines Bodens** vorliegt – in gebundener und in pflanzenverfügbarer Form.

- ➔ Dieser Wert ist ein Indikator dafür, wieviel Phosphor als Vorrat in deinem Boden vorliegt
- ➔ In Schweizer Böden liegt meistens genügend Phosphor Vorrat vor

- ➔ Dieser Wert sagt dir jedoch nicht, wieviel davon deinem Gemüse und deinen Ackerkulturen zur Verfügung steht
- ➔ Relevant im Gartenbau ist der Phosphor verfügbar Wert (siehe nächste Seite)



Was sagt der PHOSPHOR VERFÜGBAR WERT meines Bodens aus?

Der Phosphor verfügbar Wert zeigt dir auf, wieviel **Phosphor in pflanzenverfügbare Form** im Bodenwasser vorliegt. In folgender Tabelle kannst du einschätzen, ob deinem Boden genügend Phosphor zur Verfügung steht.

Phosphor verfügbar Wert (mg P/kg Boden)	Bedeutung
< 0.6	<p>Dein Boden enthält für viele Kulturen zu wenig pflanzenverfügbares Phosphor</p> <p>➔ Schwachzehrer und Pflanzen mit einem dichten Wurzelwerk wie Wintergetreide, Radieschen, Feldsalat kommen ev. damit klar.</p> <p>➔ Siehe Tipps auf Seite 8 in «Tipps für meinen Boden»</p>
0.6 – 3	<p>Dein Boden enthält für viele Acker- und Gemüsesorten genügend pflanzenverfügbares Phosphor 😊</p> <p>➔ Liegt dein Wert eher näher bei 0.6 kann es gut sein, dass gewisse Kulturen einen Phosphormangel haben</p> <p>➔ V.a. Kulturen mit einem wenig dichten Wurzelwerk (siehe Bild unten) und Starkzehrer brauchen eher einen etwas höheren Gehalt (> 1.5): Z.B. Kartoffeln, Kürbis, Tomaten, Gurken, Auberginen etc.</p>
> 3	<p>Dieser Boden enthält zu viel pflanzenverfügbares Phosphor</p> <p>➔ Kann einen negativen Effekt auf deine Pflanzen und gewisse Bodenorganismen (z.B. Mykorrhiza Pilze) haben</p> <p>➔ Es kann zu Phosphor Verlusten kommen (Auswaschung in das Grundwasser und in die Flüsse/Seen – verursacht dort Umweltprobleme)</p> <p>➔ Siehe Tipps auf Seite 8 in «Tipps für meinen Boden»</p>

Dies sind sehr grobe Richtwerte. Diese variieren z.B. auch mit dem Tongehalt deines Bodens.



INFOBOX Wissenswertes über Phosphor

Pilze als Helfer

Phosphor ist in der Regel fest im Boden gebunden und kann von den Pflanzen nur aufgenommen werden, wenn die Pflanzenwurzel in dessen direkter Nähe wächst. Deshalb haben Pflanzen mit einem dichten und weiten Wurzelwerk einen Vorteil in der Phosphoraufnahme.

Viele Pflanzen gehen deswegen auch eine Partnerschaft mit Pilzen ein (Mykorrhiza-Pilze). Diese Pilze dringen in die Wurzeln ein und bilden lange Pilzfäden (Hyphen), die wie feine Wurzeln den Boden durchdringen. Somit erweitern sie quasi das Wurzelnetz der Pflanzen, versorgen sie mit Nährstoffen (v.a. Phosphor) und kriegen im Austausch Zucker. Mehr Informationen wie man sie fördern kann gibt es hier: [Bauer sucht Pilz - AGRIDEA \(abacuscity.ch\)](http://Bauer%20sucht%20Pilz%20-%20AGRIDEA%20(abacuscity.ch))

Verfügbares Phosphor als Mangelware

Trotz riesiger Phosphor-Vorräte im Boden steht pflanzenverfügbares Phosphor häufig nur in geringen Mengen zur Verfügung. Denn dieser Vorrat muss zuerst über Verwitterung und mit Hilfe von Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln (stossen u.a. Säure aus) umgewandelt und gelöst werden.

Gewässerbelastung durch Phosphordüngung

Phosphor bindet sich im löslichen Zustand recht schnell wieder an den Humus und an Tonpartikel. Deshalb werden sie weniger leicht ausgewaschen als Stickstoff. Bei starken Niederschlägen kann Phosphor (v.a. bei Überdüngung) jedoch über die Erosion von Boden (Oberflächenabfluss) abgeschwemmt werden und Gewässer belasten. Dort können schon geringe Mengen an Phosphor grosse Probleme verursachen.

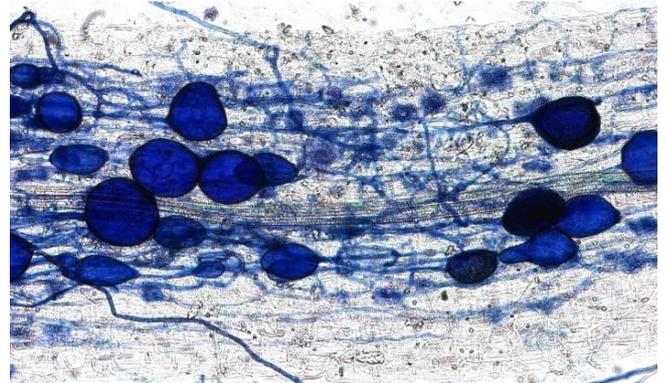


Bild: Mikroskopaufnahme einer Pflanzenwurzel – hier geschieht der Nährstoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze. Die blauen Fäden sind Pilzfäden (Hyphen) und die blauen Kreise sind sogenannte Vesikel (Speicherorgane). © UZH



Wie erkenne ich einen Phosphormangel oder -überschuss bei meinen Pflanzen?



Bild: Phosphormangel bei einem Tomatenblatt (rötlich-violette Verfärbung). Shutterstock/ Aaron J Hill

Phosphormangel:

Auswirkungen und Symptome können je nach Pflanzenart sehr unterschiedlich sein. Trotzdem gibt es einige Merkmale:

- Vermindertem Wachstum, schlechte Erträge
- Häufig eine blau-grüne, z.T. auch eine rötlich-violette Verfärbung der Blätter
- Langsamer Wachstumsstart im Frühjahr
- Bei Mais: Wurzel- und Stängelfäule

➔ Siehst du diese Anzeichen an deinen Pflanzen, kannst du die Tipps auf Seite 8 in «**Tipps für meinen Boden**» anschauen

Phosphorüberschuss:

- Negative Effekte, wie z.B. Wachstumsbeeinträchtigungen treten erst spät auf und sind schwer erkennbar

KALIUM

Vor allem Kulturen, die Stoffe in Speicherorganen einlagern – wie z.B. Zuckerrüben und Kartoffeln – haben einen hohen Kaliumbedarf. Pflanzen benötigen Kalium unter anderem, dass sie belastbar gegen Trockenheit, Kälte und Krankheiten werden. Ein grosser Teil des Kaliums im Boden liegt gebunden vor (in Gesteinen, Tonmineralien, im Humus). Erst durch die Arbeit von Bodenlebewesen und Verwitterung wird dieses gebundene Kalium pflanzenverfügbar gemacht.

❓ Was sagt der KALIUM VERFÜGBAR WERT meines Bodens aus?

Dieser gibt an, **wieviele Kalium** in gelöster Form vorkommt und direkt **pflanzenverfügbar** ist. In der untenstehenden Tabelle kannst du ihn grob einschätzen.

Kalium verfügbar Wert (mg K/kg Boden)	Bedeutung
< 15	Dein Boden enthält sehr wenig pflanzenverfügbares Kalium ➔ Ist für das meiste Gemüse und die meisten Ackerkulturen zu wenig ➔ Siehe Tipps auf Seite 9 in « Tipps für meinen Boden » Kalium Verfügbarkeit erhöhen

> 15	Dein Boden enthält für die meisten Kulturen genügend pflanzenverfügbares Kalium 😊 ➔ Dieser Wert ist im Gartenbau im Minimum anzupfeilen ➔ Kulturen mit hohem Kaliumbedarf (z.B. Zuckerrüben, Kartoffeln) brauchen ev. mehr
------	--

Dies sind sehr grobe Richtwerte (sie variieren z.B. auch mit dem Tongehalt deines Bodens). Kalium Werte sind schwer zu interpretieren und müssen mit anderen Nährstoffen zusammen angeschaut werden: Z.B. hemmt ein Überangebot an Magnesium die Verfügbarkeit von Kalium (und umgekehrt).



INFOBOX Wissenswertes über Kalium

- **Pflanzenverfügbares Kalium ist sehr mobil** und kann – wie Stickstoff – v.a. bei Sandböden leicht ausgewaschen werden. Eine übermässige Kali-umdüngung birgt jedoch im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor kaum ein Umweltrisiko, kann aber den Pflanzen schaden.
- **Viele Standorte in der Schweiz haben ausreichend hohe Kalium-Gehalte.**



Bild: Die Zuckerrübe braucht viel Kalium.
Shutterstock/Bits And Splits



Wie erkenne ich einen Kalimangel oder -überschuss bei meinen Pflanzen?



Bild: Kalimangel bei einem Rebenblatt (braune Blattränder).

© Agroscope

Kalimangel:

- Schlawe Blätter (ähnlich Wassermangel), später Verwelkung
- ➔ Beginnt an Blattspitzen und -rändern, kann auch punktuell auftreten
- ➔ Häufig zuerst untere, ältere Blätter betroffen
- Wachstumsbeeinträchtigungen, z.B. kleinere Fruchtgrösse/Knollen
- Verstärkte Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge (z.B. Pilzkrankheiten)
- Bei Kunstwiesen gibt es eine Verschiebung der Artenzusammensetzung von Klee zu Gras

Kaliüberschuss:

- Kann sich in Wurzelschäden (sogenanntes «Verbrennen» der Wurzeln) zeigen
- Wachstumsstörungen
- Farblose Blätter durch Magnesiummangel (zu viel Kalium im Boden hemmt dessen Aufnahme)
- ➔ Siehst du diese Anzeichen an deinen Pflanzen, kannst du die Tipps auf Seite 9 in «**Tipps für meinen Boden**» anschauen

POTENTIELLE KATIONEN-AUSTAUSCH-KAPAZITÄT

Die potentielle Kationen-Austausch-Kapazität (KAK_{pot}) ist die **Fähigkeit eines Bodens, wichtige Pflanzennährstoffe** (z.B. Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium) und Wasserstoff **zu speichern und wieder abzugeben** (also «auszutauschen»). Je mehr Nährstoffe ein Boden speichern kann, desto höher ist seine Fruchtbarkeit. Vor allem Böden mit viel Ton und Humus haben eine hohe KAK_{pot} und können zahlreiche Nährstoffe binden und nachliefern.



Was sagt der KAK_{pot} WERT aus?

KAK_{pot} (cmol _c /kg)	Bezeichnung
< 8	Gering
8 – 12	Mittel
12 – 30	Hoch
> 30	Sehr hoch

- Je höher die KAK_{pot} , desto besser!
- Optimalerweise liegt dein Boden im grünen Bereich ($KAK_{pot} > 12$)
Denn mit steigender KAK_{pot} steigt auch die potentielle Menge an pflanzenverfügbaren Nährstoffen

- ➔ Hat dein Boden eine $KAK_{pot} < 12$, dann kannst du die Tipps auf Seite 9 in «**Tipps für meinen Boden**» berücksichtigen



INFOBOX Wissenswertes über die KAK_{pot}

Die Kationen – das sind positiv geladene Teilchen – können sich an negativ geladene Tonmineralien, organisches Material (Humus) oder Ton-Humus-Komplexe binden. Die **potentielle KAK** ermittelt die Menge aller Kationen, welche sich bei einem optimalen pH-Wert an diese Materialien binden könnten. Sie sagt aus, wie viele «Andockstellen» unter optimalen Bedingungen zur Verfügung stehen würden. Die **Basensättigung** (siehe nächste Seite) gibt an, wie viele Kationen nun tatsächlich in deinem Boden gebunden sind.

Was heisst dies für meine Pflanzen?

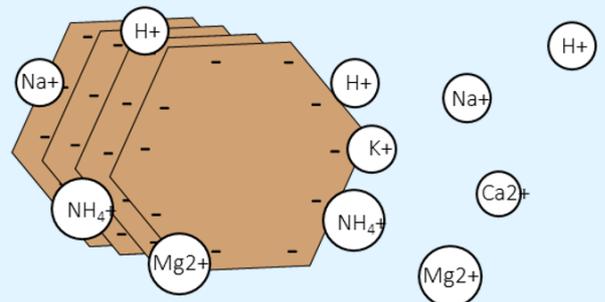
Die gebundenen Kationen sind wichtige Nährstoffe für die Pflanzen (ausser Wasserstoff). In gebundener Form können sie aber noch nicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Sie stehen quasi als Vorrat zur Verfügung.

Da die Bindungen an die Bodenteilchen jedoch nicht sehr stark sind, können die Kationen «andocken» und wieder «abdocken». Ein «abgedocktes» Kation liegt dann in löslicher Form im Bodenwasser vor und kann über die Pflanzenwurzel aufgenommen werden.

Wieso können ton- und humushaltigen Böden mehr Kationen speichern als sandhaltigen Böden?

Tonteilchen sind viel kleiner als Sand und bestehen aus mehreren Schichten. Dadurch besitzen sie eine sehr grosse Oberfläche, an der sich Kationen «andocken» können. Gut zersetzter Humus hat sogar eine noch höhere sogenannte «spezifische Oberfläche» und kann deshalb noch mehr Kationen anlagern.

Bodenwasser (blau) mit positiv geladenen Nährstoffen (Kreise) und negativ geladenem Tonteilchen (braun)



BASENSÄTTIGUNG

Die Basensättigung zeigt an, wieviel Prozent der zur Verfügung stehenden «Andockstellen» an Tonmineralien und am Humus mit den sogenannten basischen Kationen (v.a. Calcium, Magnesium, Kalium, Ammonium) belegt sind.

Diese sind wichtige Bodennährstoffe, daher lässt eine Angabe über die Basensättigung einen **Rückschluss auf die Bodenfruchtbarkeit** zu.

Je saurer der Boden, desto mehr werden die «Andockstellen» vom sauren Wasserstoff Kation besetzt, da dieses sich besonders gut bindet. Ab einem Boden pH-Wert von 7.5 oder höher, blockiert das Wasserstoff Kation die Stellen nicht mehr. Somit herrscht quasi «Gleichberechtigung» für alle Kationen. Die wichtigen Nährstoffe haben dann mehr Möglichkeit, an Tonmineralien und am Humus gespeichert zu werden.



Was sagt mein BASENSÄTTIGUNGS WERT aus?

Basensättigung	Bezeichnung
< 20 %	basenarm
20 – 80 %	mittelbasisch
80 – 100 %	sehr basenreich

- Anzustreben ist ein Basensättigungsgrad von mindestens 80%!

Denn dies bedeutet, dass viele der wichtigsten Nährelemente in deinem Boden gespeichert sind und die Austauschplätze nicht von den sauren H^+ Kationen blockiert werden

- ➔ Hat dein Boden eine Basensättigung < 80%, dann kannst du die Tipps auf Seite 9 in «**Tipps für meinen Boden**» berücksichtigen

QUELLEN

Mit diesen Quellen haben wir die Grenzwerte bestimmt (darin kannst du noch genauere Abstufungen finden):

- Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz, GRUD ([Düngung \(admin.ch\)](#)): Sinaj, S. and Richner, W., 2017. **Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz** (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz*, 8(6).
- Bodenkundliche Kartieranleitung: Eckelmann, W., Sponagel, H., Grottenthaler, W., Hartmann, K.J., Hartwich, R., Janetzko, P., Joisten, H., Kühn, D., Sabel, K.J. und Traidl, R., 2005. **Bodenkundliche Kartieranleitung**. *Ad-Hoc-AG-Boden, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.)*, 5.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

- Das Buch zum Projekt «Beweisstück Unterhose»: [«Der Dschungel unter dem Boden» von Atlant Bieri](#)
- Informationen zur reduzierten Bodenbearbeitung:
[SWISS NO-TILL Publikationen](#)
[AGRIDEA Schonende Bodenbearbeitung](#)
[FIBL Reduzierte Bodenbearbeitung](#)
[TERRANIMO Simulationsmodell](#)
- Vorschläge für Bodenbedeckungen im Ackerbau:
[BEST4SOIL Infoblätter](#)
[SWISS NO-TILL Gründüngung](#)
[FIBL Gründüngung](#)
- Publikationen für eine gute Fruchtfolge im Ackerbau:
[BEST4SOIL Infoblätter](#)
[AGROSCOPE Fruchtfolge](#)
- Eine Anleitung für eine gute Fruchtfolge für den Garten:
[NABU Mischkultur und Fruchtfolge](#)
- Umfangreiche Informationen zur Biodiversitätsförderung auf dem Betrieb:
[FIBL Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb](#)
[AGRIDEA Naturnahe Lebensräume im Ackerland](#)
- Mehr Informationen zu den Helfern im Boden:
[AGRIDEA Bauer sucht Pilz](#)
[AGRIDEA Regenwürmer](#)
- Mehr Informationen zu Humus und organischer Bodensubstanz, besonders im Ackerbau:
[BEST4SOIL Infoblätter](#)
[AGRIDEA Humus in Ackerböden](#)
[FIBL Bodenfruchtbarkeit](#)
[AGROSCOPE Humusbilanz](#)
- Hilfreiche Informationen zur Reduktion von chemischen Pflanzenschutzmitteln:
[AGRIDEA Ackerbau](#)
[FIBL](#) Suchbegriff 'Pflanzenschutz' eingeben
[BIOGARTEN Biologische Pflanzenschutzmittel](#)
- Informationen zur KAK und Basensättigung:
[Broschüre von Labor Ins](#)