



Der Boden als Basis

Dr. rer. nat. Selina Thanheiser

Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

Tel.: +49 160/7946336
E-Mail: info@st-boden.de

Vorstellung

Lehrtätigkeit

Regierung von Schwaben



Fachkräfteschmiede



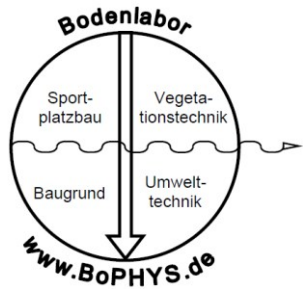
*Lernen
und Erleben*

Schwerpunkte



- Böden im Sportplatzbau
- Bodenkundliche Feld- und Labormethoden
- Härtemessung von Sportrasensystemen im dem Clegg Impact Soil Tester
- Bodenprobenahme
- Böden im Klimasystem
- Einführung in die Meteorologie und Klimatologie für Greenkeeper
- Probenahme nach LAGA PN98
- Die neue Mantelverordnung
- Die neue Bundesbodenschutzverordnung in der Praxis

Partner



Gesellschaft für
bodenphysikalische
Untersuchungen mbH

- Prüfstelle für Sportplatzbau
- Prüfstelle Erd- und Straßenbau
- Zugelassene Prüfstelle im Rahmen der RAL-Gütesicherung Dachsubstrate



Gutachten und Laboranalysen

Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfplätze:

- Untersuchungen RTS & DS nach DIN, FLL & ÖNROM
- Nährstoffanalysen
- Baugrunduntersuchungen
- Aufbauempfehlungen
- Schäden- und Mängel
- Klimawandelanpassungen
- Härtemessungen

Wasserrechtliche Entnahmegenehmigungen
Bodenkundliche Baubegleitungen
Ökologische Bilanzierungen



Vorstellung

Praxisbeispiel: Ökologische Bilanzierung – Schutzgut Biotope

Pos.	Ausgangszustand								Endzustand						Ergebnis
	Biotop-Schlüssel	Biototyp	Bezeichnung	Grundwert	Wertspanne	Basis-modul	Fläche [m²] / Anzahl	Bilanzwert	Biotop-Schlüssel	Biototyp	Bezeichnung	Planungswert	Fläche [m²] / Anzahl	Bilanzwert	
1	13.80	Naturfernes Kleingewässer	Teichbestand	4	2-8	I	1.736	6.944	13.80	Naturfernes Kleingewässer	Teichbestand	4	1.736	6.944	0
2	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	5.066	20.264	13.80	Naturfernes Kleingewässer	Teichfläche neu	4	5.066	20.200	0
3	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	4.026	16.104	33.80	Zierrasen	Semirough: Einbaustelle Aushub	4	4.100	16.400	+ 296
4	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	1.607	6.428	33.41	Fettwiese mittlerer Standort	Rough: Einbaustelle Aushub	13	1.650	21.450	+ 15.022
5	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	1.327	5.308	33.41	Fettwiese mittlerer Standort	Rough	13	1.327	17.251	+ 11.943
6	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	917	3.668	33.41	Fettwiese mittlerer Standort	Rough: Einbaustelle Aushub	13	950	12.350	+ 8.682
7	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	669	2.676	33.41	Fettwiese mittlerer Standort	Rough	13	669	8.697	+ 6.021
8	33.80	Zierrasen	Semirough	4	4-12	I	217	868	13.20	Tümpel / Hüle	Wechsel-feuchtes Biotop	21	217	4.557	+ 3.689
9	45.10a*	Einzelbäume geringwertiger Biotope	Prunus avium (Vogelkirsche)	6	4-6	I	Stck: 9	1026	45.40b	Streuobst auf Fettwiese 33.41 P1 heimisch.	Einzelbäume (Streuobst)	5 (+) 3	Stck: 9	1440	+ 342
10									45.10b	Laubbaum auf Fettwiese 33.41 P1 heimisch	Einzelbäume	5	Stck: 9	855	+ 855
Summe:							15.565	63.286					15.715	110.136	+ 46.850

Vorstellung

Praxisbeispiel: Ökologische Bilanzierung – Schutzgut Boden

Eingriffs-Ausgleichsbilanz Böden													
Ausgangszustand							Planzustand						
Pos.	Bezeichnung	Fläche [m ²]	Bodenfunktionen*	Wertestufe	Ökopunkte	Bilanzwert	Bezeichnung	Fläche [m ²]	Bodenfunktionen*	Wertestufe	Ökopunkte	Bilanzwert	Ergebnis
1	Teichbestand	1.736	0 - 0 - 0	0	0	0	Teichbestand	1.736	0 - 0 - 0	0	0	0	0
2	Semirough Aushub	5.066	2 - 2 - 2	2,00	8,00	40.528	Teichfläche (neu)	5.066	0 - 0 - 0	0	0	0	-40.528
3	Semirough Bestand	6.700	2 - 2 - 2	2,00	8,00	53.600	Semirough Einbau Aushub**	6.700	2 - 2 - 2	2,00	8,00	53.600	53.600
	Summe	13.502				94.128	Summe	13.502				53.600	-40.528

* Die einzelnen Ziffern entsprechen der Bewertungsklasse jeweils einer der Bodenfunktionen »Natürliche Bodenfruchtbarkeit«, »Ausgleichskörper im Wasserkreislauf« und »Filter und Puffer für Schadstoffe«.

** Modellierungsfläche

Zusammenfassung der Bilanz						
Ausgangszustand			Planzustand			
1	Ökopunkte Biotope*		63.286	Ökopunkte Biotope*	110.136	+ 46.850
2	Ökopunkte Boden		94.128	Ökopunkte Boden	53.600	- 40.528
	Summe		157.414	Summe	163.736	+ 6.322

* Bericht vom 30. April 2023 – Anlage 3

Vorstellung

Praxisbeispiel: Probenahme Bodenmaterial



Vorstellung

Praxisbeispiel: Probenahme Bodenmaterial

23 Fotodokumentation:



Fotos 1 und 2: Gesamthaufwerk (Südseite) mit Baggerschürfen (untere Reihe: Baggerschürfe BS 1 – BS 7)



Fotos 2 und 3: Baggerschurf 5.1 (links) und 5.2 (rechts)



Fotos 4-6: 3 Mischproben (BS 5.1, 5.2 und 5.3)

Probenbezeichnung	BS 1.1	BS 2.1	BS 3.1
Probenahmedatum/ -zeit	13.05.2024	13.05.2024	13.05.2024
Probennummer	024018777	024018778	024018779

Parameter	Lab.	Akr.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--	--

Probenvorbereitung Feststoffe

Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	ANT	LB	LB: DIN EN 13657:2003-01; FS: DIN EN ISO 54321:2021-4			unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	ANT	LB	DIN EN 14345, Verfahren A; 2007-03	0,1	Ma.-%	84,6	86,4	86,0
--------------	-----	----	------------------------------------	-----	-------	------	------	------

Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01

Element	ANT	LB	DIN EN 15171:2017-01					
Arsen (As)				0,8	mg/kg TS	7,2	8,5	7,9
Blei (Pb)				2	mg/kg TS	17	18	17
Cadmium (Cd)				0,2	mg/kg TS	0,2	0,3	< 0,2
Chrom (Cr)				1	mg/kg TS	18	27	22
Kupfer (Cu)				1	mg/kg TS	16	18	18
Nickel (Ni)				1	mg/kg TS	21	27	26
Quecksilber (Hg)				0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)				0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)				1	mg/kg TS	49	54	57

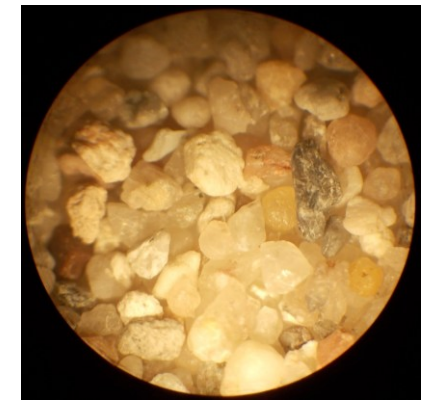
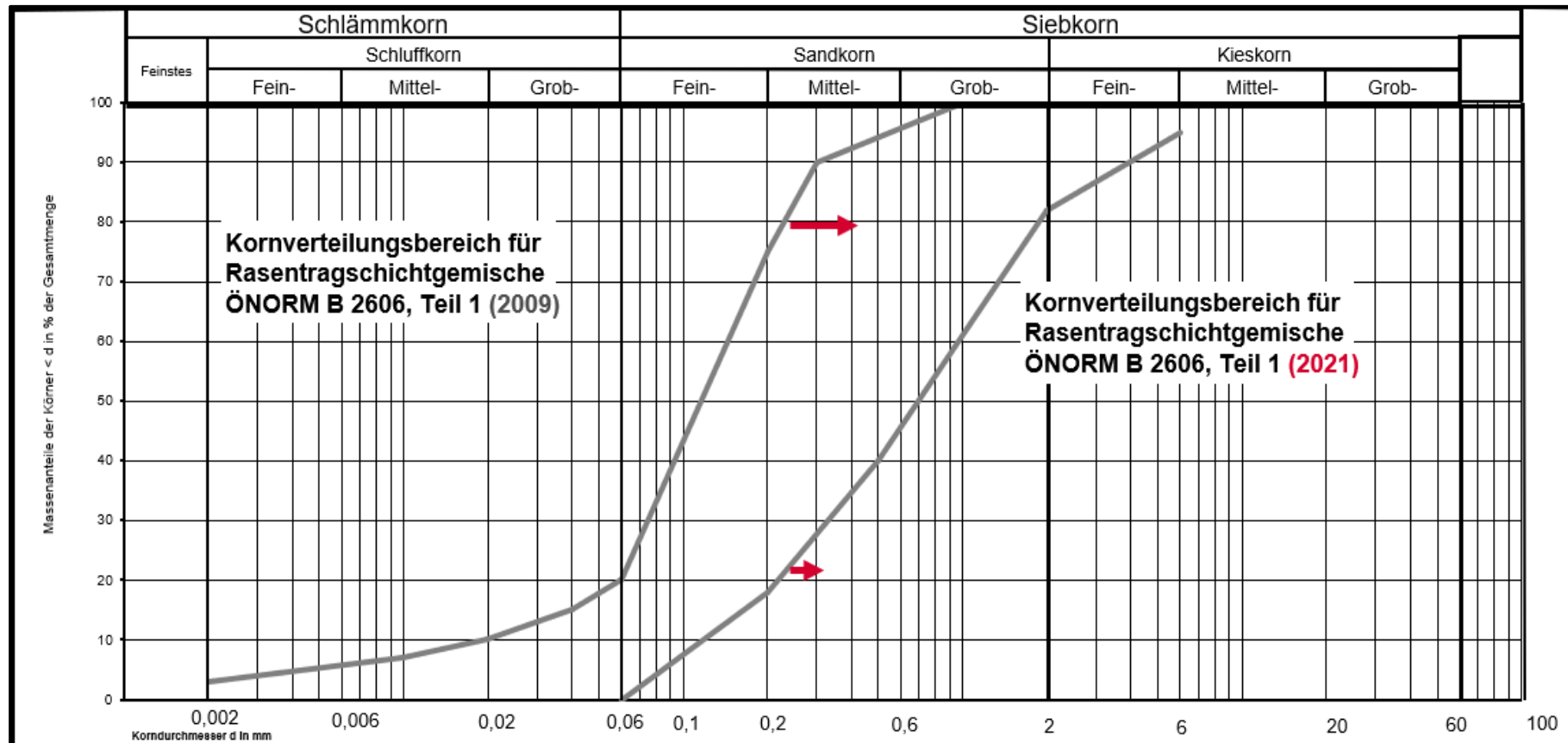
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz

Parameter	ANT	LB	DIN EN 15936: 2012-11 (AN.LB: Ver.A; FG,FS: Ver.B)					
TOC				0,1	Ma.-% TS	0,9	1,0	0,7
EOX			DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22			DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40			DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	44	< 40	< 40

Vorstellung

Herausforderungen des Klimawandels für Sportplätze in Mitteleuropa

Anpassung der Sieblinie der RTS an **starke Niederschlagsereignisse**



Weitere Möglichkeit:
Anpassung der
Kornform des
Besandungs-Sandes
an klimatische
Veränderungen.

Vorstellung

Anpassung an Trockenheit



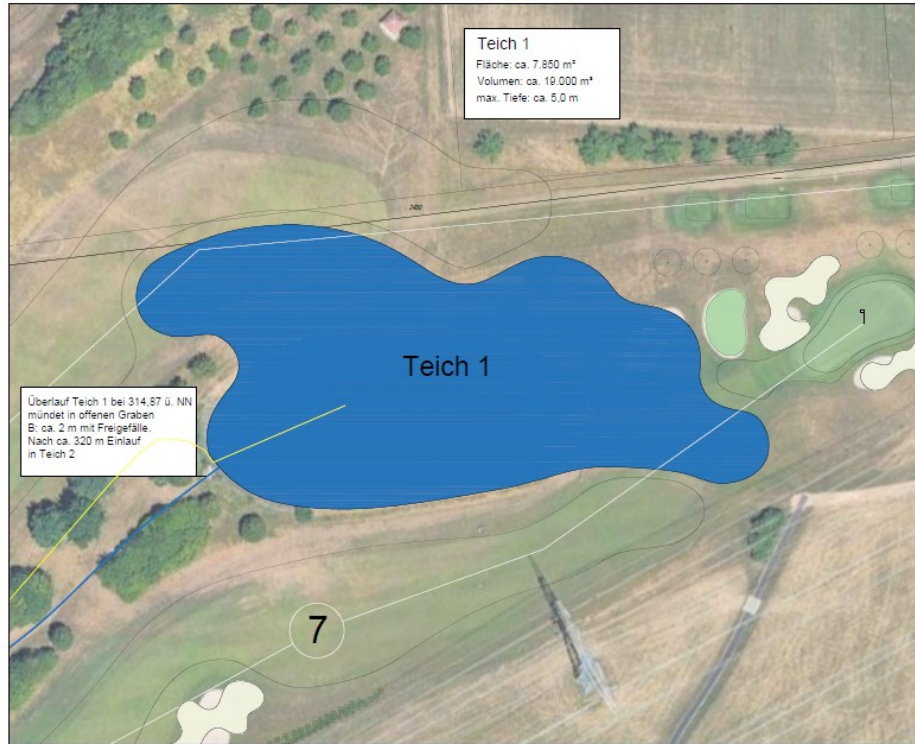
Trockenheitstolerante Gräser



Speicherteiche

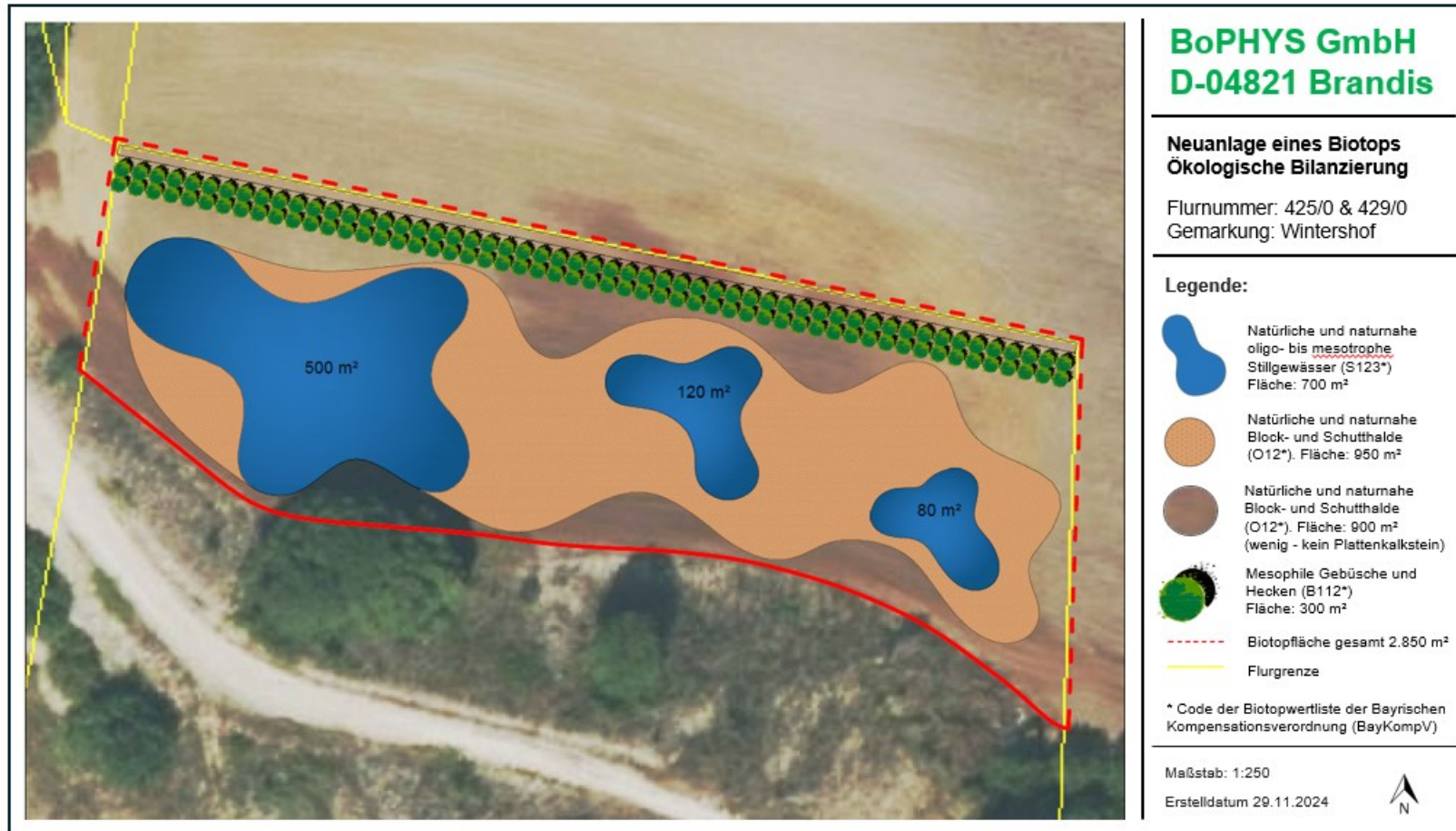
Vorstellung

Anpassung an Trockenheit



Vorstellung

Biotope



BoPHYS GmbH • Gewerbeallee 5 • 04821 Brandis | Datengrundlage: Bayernatlas (2024)

Fragestellungen

Der Boden als Basis

1. Was ist Boden?
2. Welche Böden gibt es?
3. Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?
4. Wie kommen Nährstoffe in den Boden?
5. Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?
6. Welche Rolle spielt der pH-Wert bei der Nährstoffaufnahme?
7. Übersicht über Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfrasen.

1 Was ist Boden?

Bedeutung und Funktionen von Böden

Bedeutung von Böden

- Welternährung
- Rohstofflager
- CO₂ Speicher (Klimasystem)
- Lebensraum

Funktionen von Böden

- Lebensmittelproduktion
- Infrastruktur
- Trinkwasserfilter
- Archiv



Teil 1: Was ist Boden?

Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV)

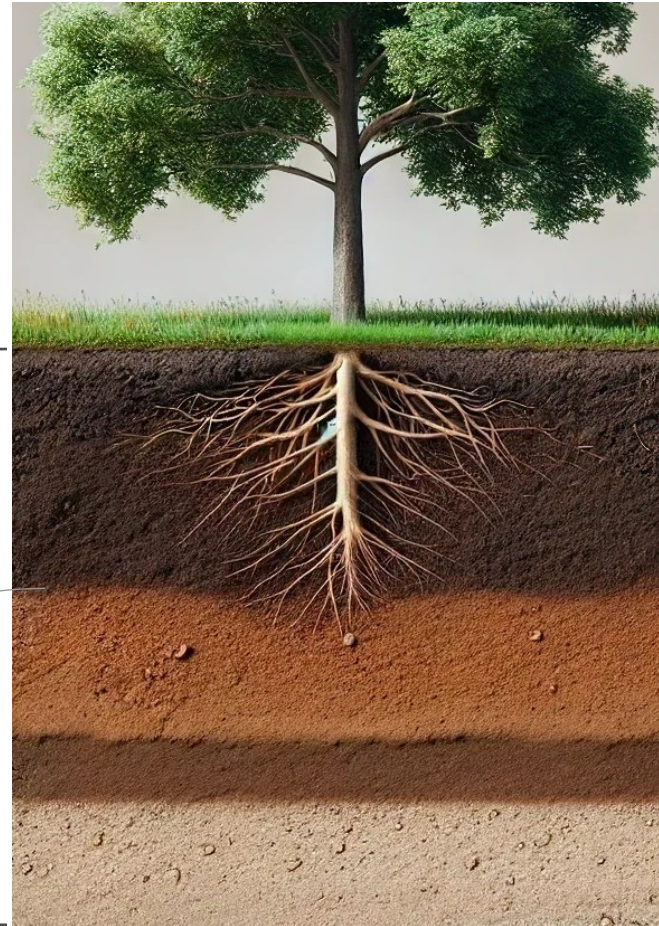
Material darf nur auf oder in den Boden eingebracht werden, wenn:

1. keine schädliche Bodenveränderung entsteht und
2. min. eine Bodenfunktion nachhaltig verbessert, gesichert oder wiederhergestellt wird.

- **Mineralische Fremdbestandteile < 10 V.-%** (sofern bereits enthalten).
- **Anlage 1 Tabelle 1 und 2 BBodSchV** oder
- **Anlage 1 Tabelle 1 EBV** als **BM0** und **BG0** klassifiziert.

+

- Bodenmaterial **ohne Oberboden**
- Baggergut, das aus Sanden und Kiesen besteht und dessen **Feinkornanteil < 63 Mikrometer** ist, höchstens **10 M.-%** beträgt.



Wann muss keine Untersuchung gemacht werden?

- **§ 18** Sachverständiger BBodSchG (o. vergleichbare Sachkunde), keine Anhaltspunkte, dass die Werte in **Anlage 1 Tabelle 1 und 2 BBodSchV** überschritten werden.
- weniger als **500 m³** Material
- Bei **Umlagerung** der Materialien am Herkunftsort oder in dessen räumlichen Umfeld

Bei Verfüllung einer Abgrabung und beim Massenausgleich von Baumaßnahmen:

- **Anlage 1 Tabelle 4** (BBodSchV) oder **Anlage 1 Tabelle 1** (EBV) **BM0* BG0***

Abstand Grundwasser: 1,5 m, Mächtigkeit der durchwurzelbaren Bodenschicht: min. 2 m.

1 Was ist Boden?

§ 2 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)

(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes



1. natürliche Funktionen als:

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,



2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie

3. Nutzungsfunktionen als

- Rohstofflagerstätte,
- Fläche für Siedlung und Erholung,
- Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
- Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

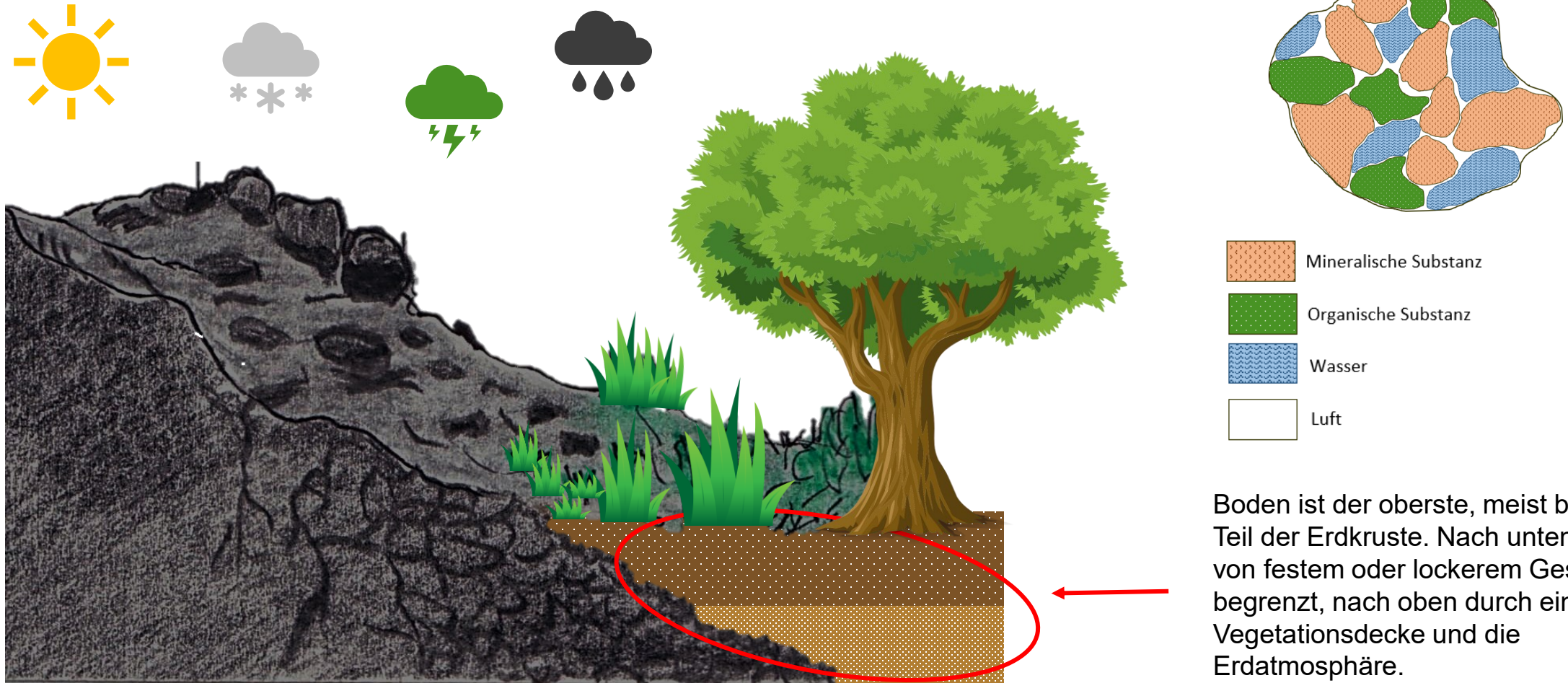


(3) Schädliche Bodenveränderungen im Sinne dieses Gesetzes sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.



Teil 1: Was ist Boden?

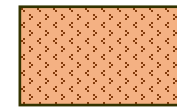
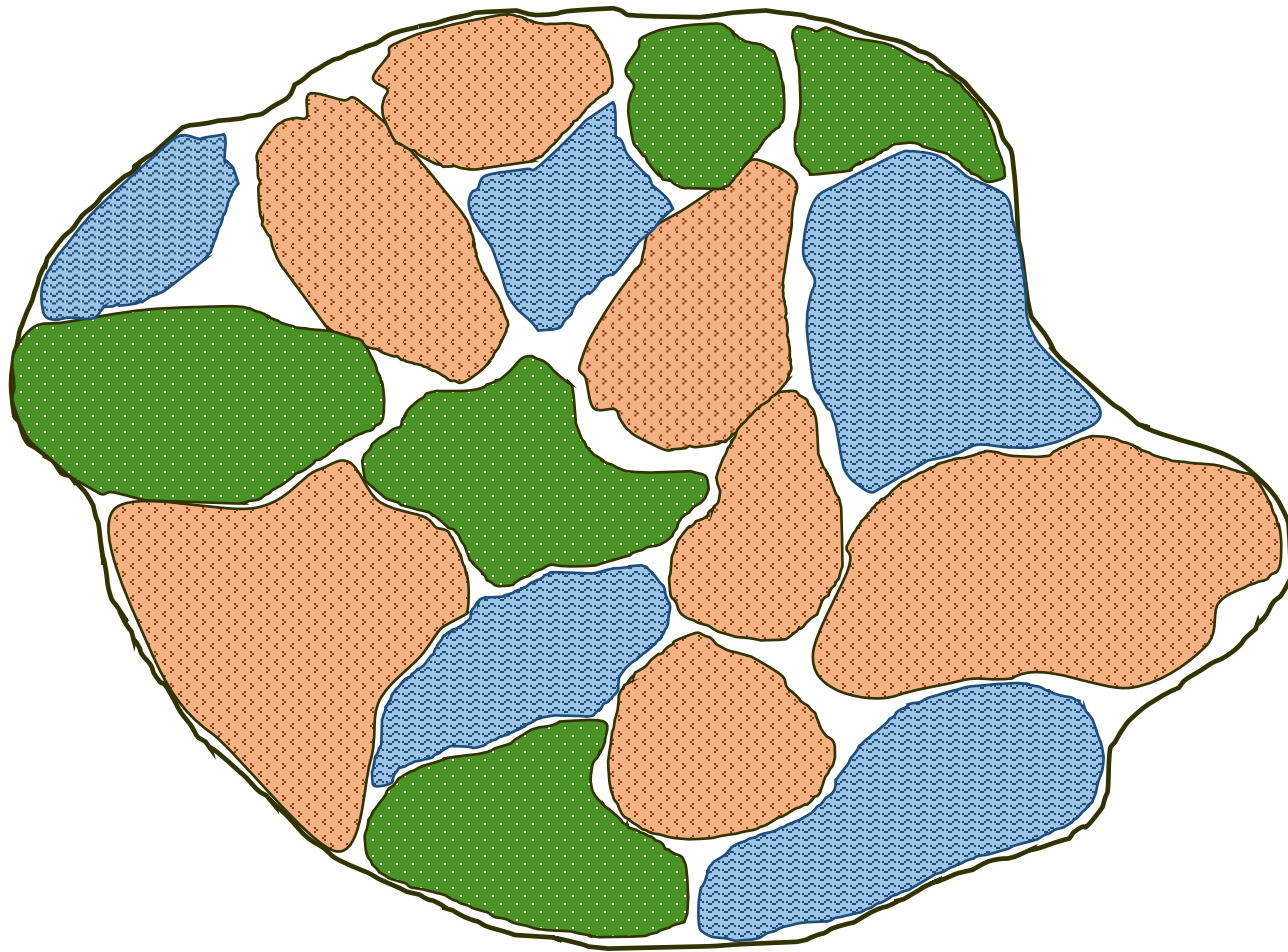
Entstehung von Boden



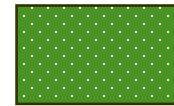
© Thanheiser (2026)

Boden ist der oberste, meist belebte Teil der Erdkruste. Nach unten wird er von festem oder lockerem Gestein begrenzt, nach oben durch eine Vegetationsdecke und die Erdatmosphäre.

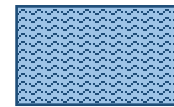
Teil 1: Was ist Boden?



Mineralische Substanz



Organische Substanz



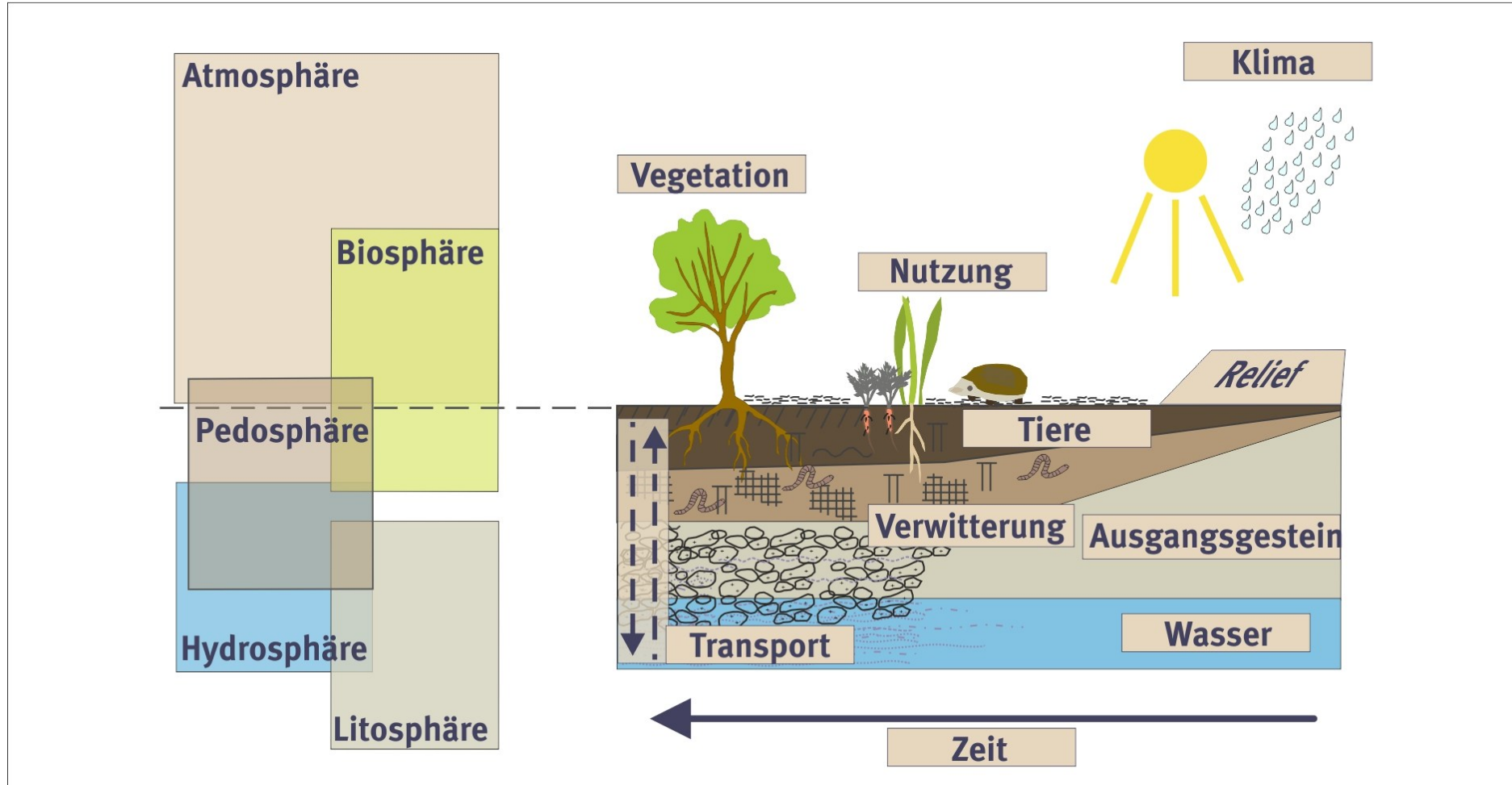
Wasser



Luft

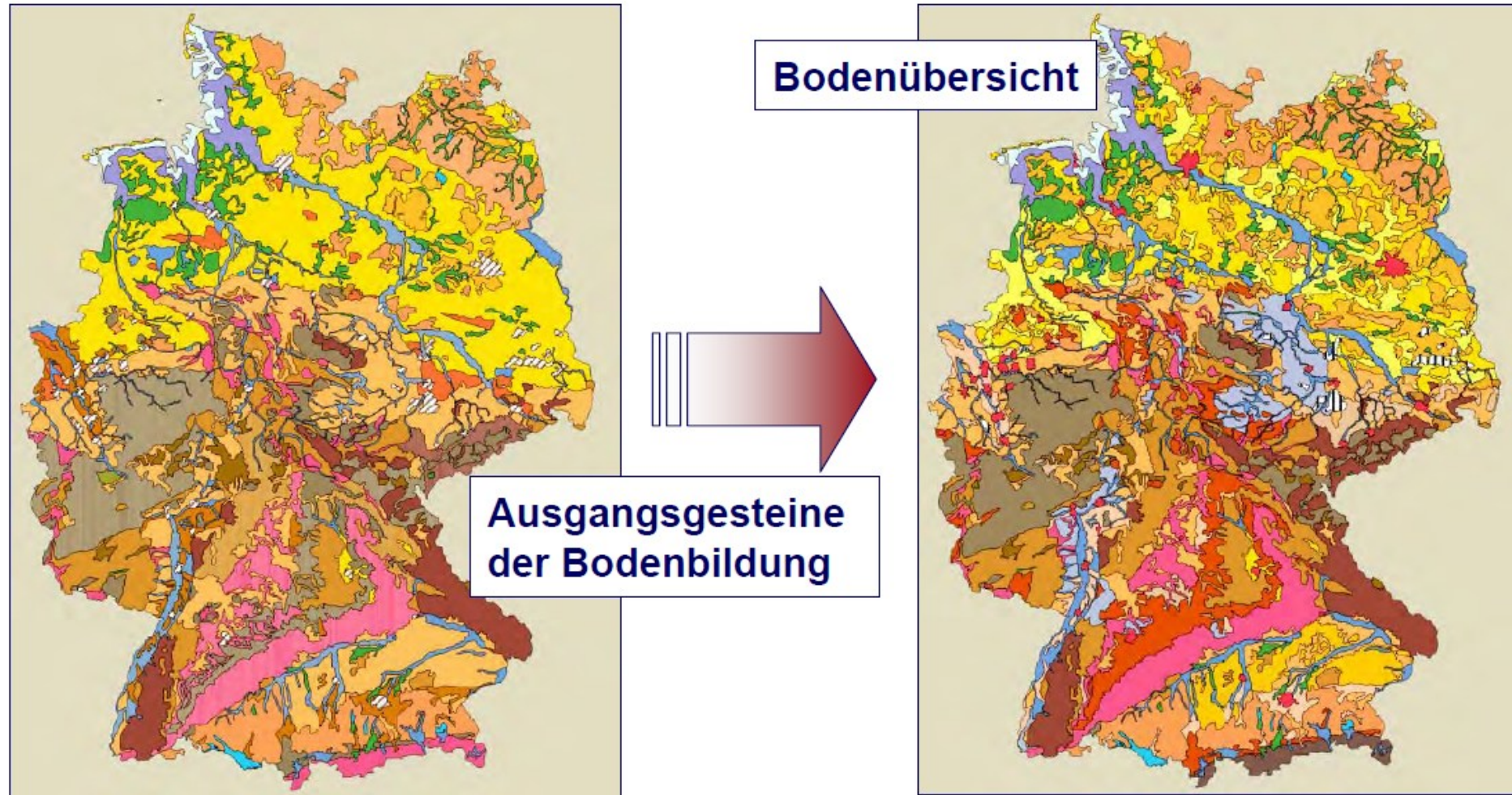
Teil 1: Was ist Boden?

Bodenbildende Faktoren



Quelle: Umweltbundesamt (2013)

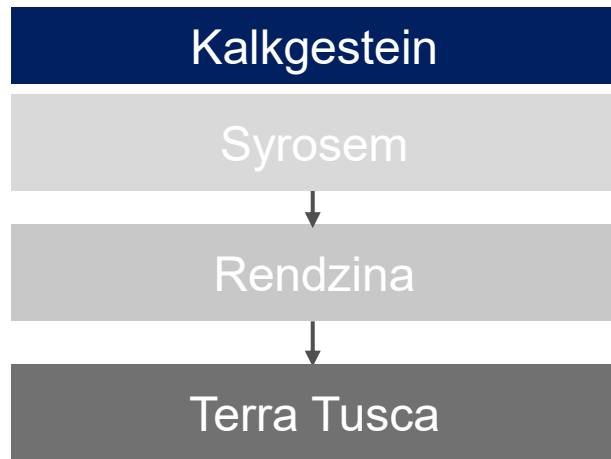
Teil 2: Welche Böden gibt es?



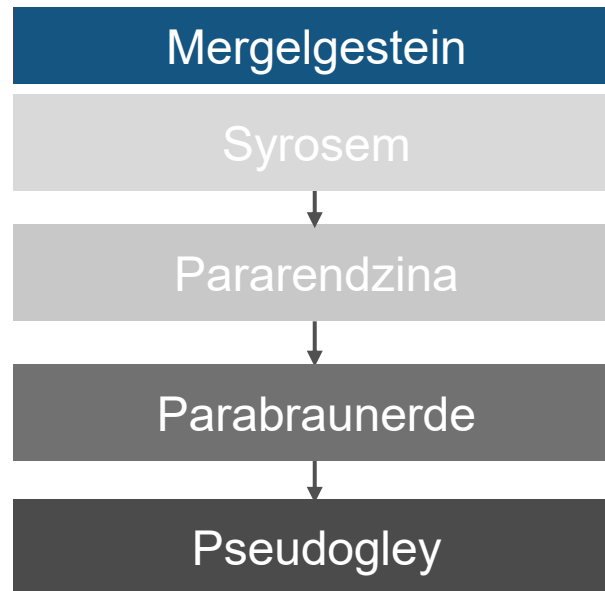
Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (2013)

Teil 2: Welche Böden gibt es?

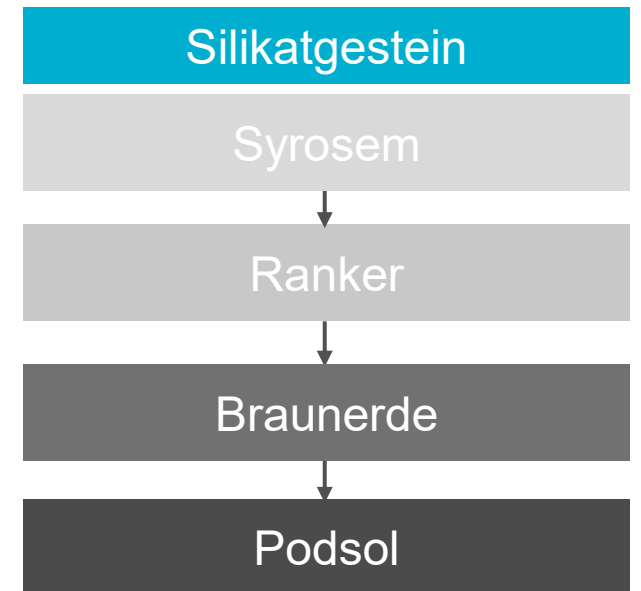
Bodenbildende Prozesse



Quelle: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau LGRB (2026)



Quelle: Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2026)



Quelle: F. Schmidt, LfU Bayern (2021).

Teil 2: Welche Böden gibt es?

Übersicht über die Bodenhorizonte

L → Streuschicht

O → Organischer Horizont

A → Oberer mineralischer mit organischer Substanz

B → Mineralhorizont im Unterboden

OI	Organischer Auflagehorizont, org. Substanz kaum zersetzt (Streu)
Of	Organischer Auflagehorizont, org. Substanz mehr oder weniger stark zersetzt bzw. fermentiert
Oh	Organischer Auflagehorizont, stark humushaltig, org. Substanz weitgehend zersetzt
Ah	Terrestrischer Oberbodenhorizont, mit Humusanreicherung
Al	Terrestrischer Oberbodenhorizont, verarmt an organischer Substanz, Ton und Eisen (Auswaschungshorizont)
Bh	Terrestrischer Unterbodenhorizont mit Humusanreicherung
Bs	Terrestrischer Unterbodenhorizont mit Anreicherung von Sesquioxiden (Al, Fe)
Bv	Terrestrischer Unterbodenhorizont mit Anreicherung von Tonmineralen (verwittert)
C	Ausgangsgestein

Teil 2: Welche Böden gibt es?

Bodenbildende Prozesse: Entsalzung & Entkalkung

Entsalzung (Translokationsprozess) -> Salze werden durch Niederschlag ausgewaschen.

Entkalkung / Entbasung (Translokationsprozess) -> Fällung von CaCO_3 (Calciumkarbonat), Freisetzung von Eisenoxiden, pH-Wert Abnahme;

-> Ah Horizont entsteht (Terrestrischer Oberbodenhorizont, mit Humusanreicherung)

-> **Rendzina** entsteht bei Kalkstein als Ausgangsgestein

-> **Ranker** entsteht bei Silikatgestein als Ausgangsgestein



Teil 2: Welche Böden gibt es?

Bodenbildende Prozesse: Verbraunung

Verbraunung (Transformationsprozess)

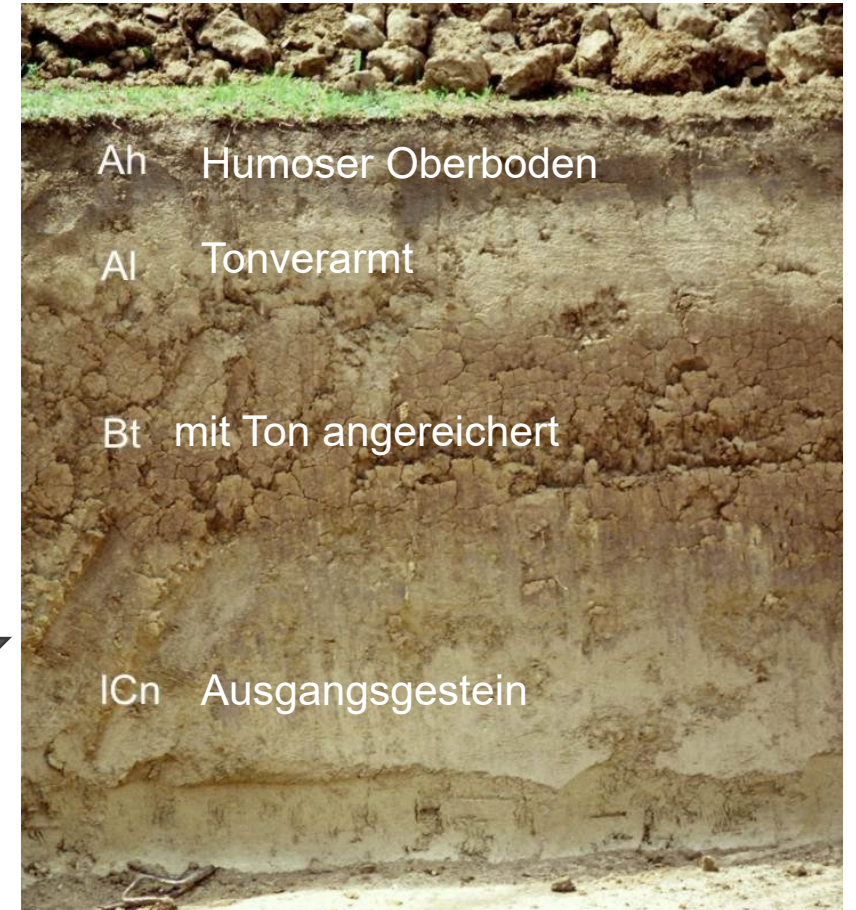
Setzt nach der Entkalkung und nach dem sinken des pH-Werts ein. Durch Verwitterung eisenhaltiger Minerale bilden sich Eisenoxide (daher Braunfärbung).

- > brauner Bv Horizont zw. Ah und C Horizont (Terrestrischer Unterbodenhorizont mit Anreicherung von Tonmineralen)
- > **Braunerde** entsteht

Teil 2: Welche Böden gibt es?

Bodenbildende Prozesse: Tonverlagerung/Lessivierung (Umlagerung o. Translokationsprozess)

- 1. Dispergierung:** Zerlegung der Ton-Aggregate in Primärteilchen (durch Entsalzung / Entkalkung des Oberbodens)
- 2. Transport:** schnell bewegliches Sickerwasser löst Tonminerale und lässt diese nach unten wandern (v.a. in Grob-/Mittelporen)
- 3. Ablagerung:** Ablagerung der Tonminerale (Ursachen: erhöhte Salz-/Kalkkonzentration, Verengung von Poren, etc.)





Podsol

Quelle: Klett Verlag (2023)



Pseudogley

Quelle: Klett Verlag (2023)

Teil 2: Welche Böden gibt es?

Puffersysteme im Boden

- Die **Pufferung** eines Bodens ist seine Widerstandsfähigkeit gegen pH-Wert-Änderungen.

pH-Bereich	Puffersystem
8,6 – 6,2	Karbonat-Pufferbereich (Entkalkung)
6,2 – 5,0	Ionenaustausch-Silikat-Pufferbereich (Tonminerale)
5,0 – 4,2	Austausch-Pufferbereich (Kationen durch H ⁺ -Ionen ausgetauscht)
4,2 – 3,0	Aluminium-Pufferbereich (Freisetzung von Aluminium-Ionen)
<3,0	Eisen-Pufferbereich (Auflösung von Fe- und Al-Oxiden)

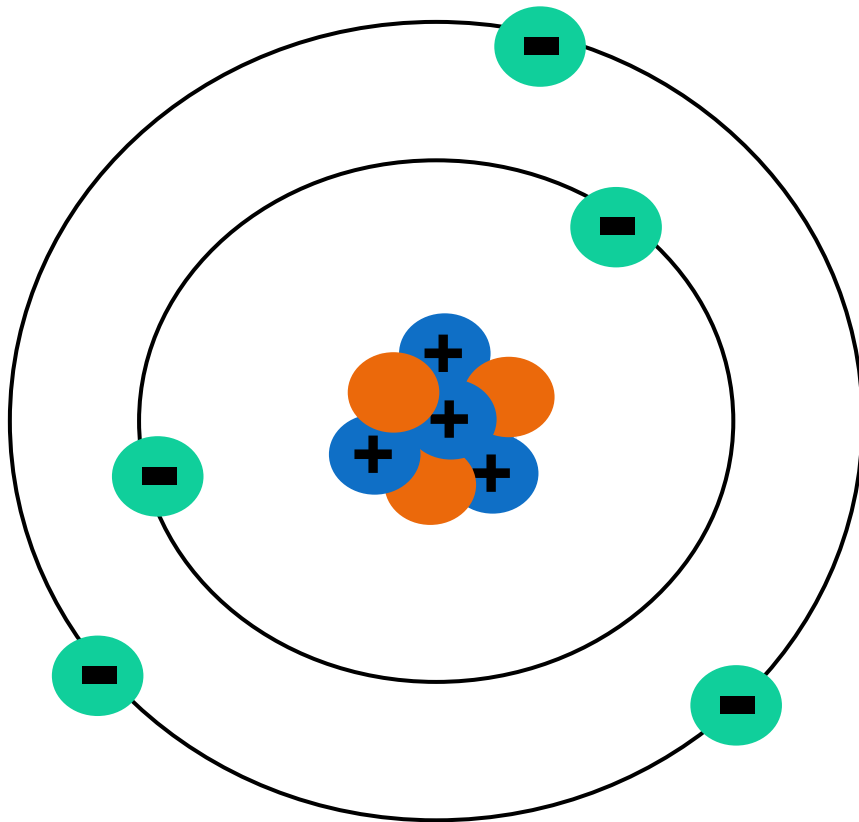
Tonminerale




H⁺

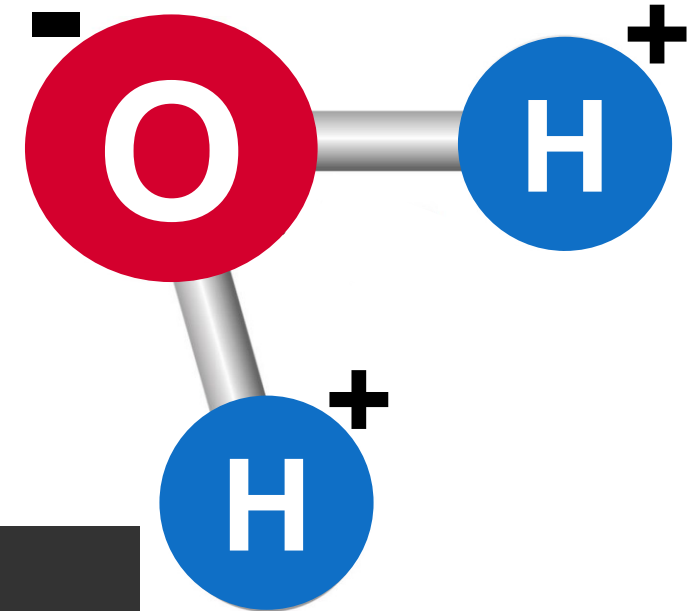


Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Ionen

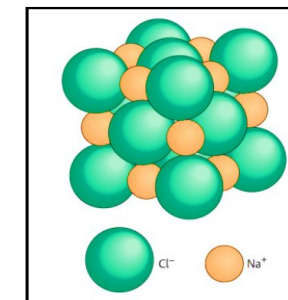


-  Elektron
-  Proton
-  Neutron



Periodic Table of the Elements

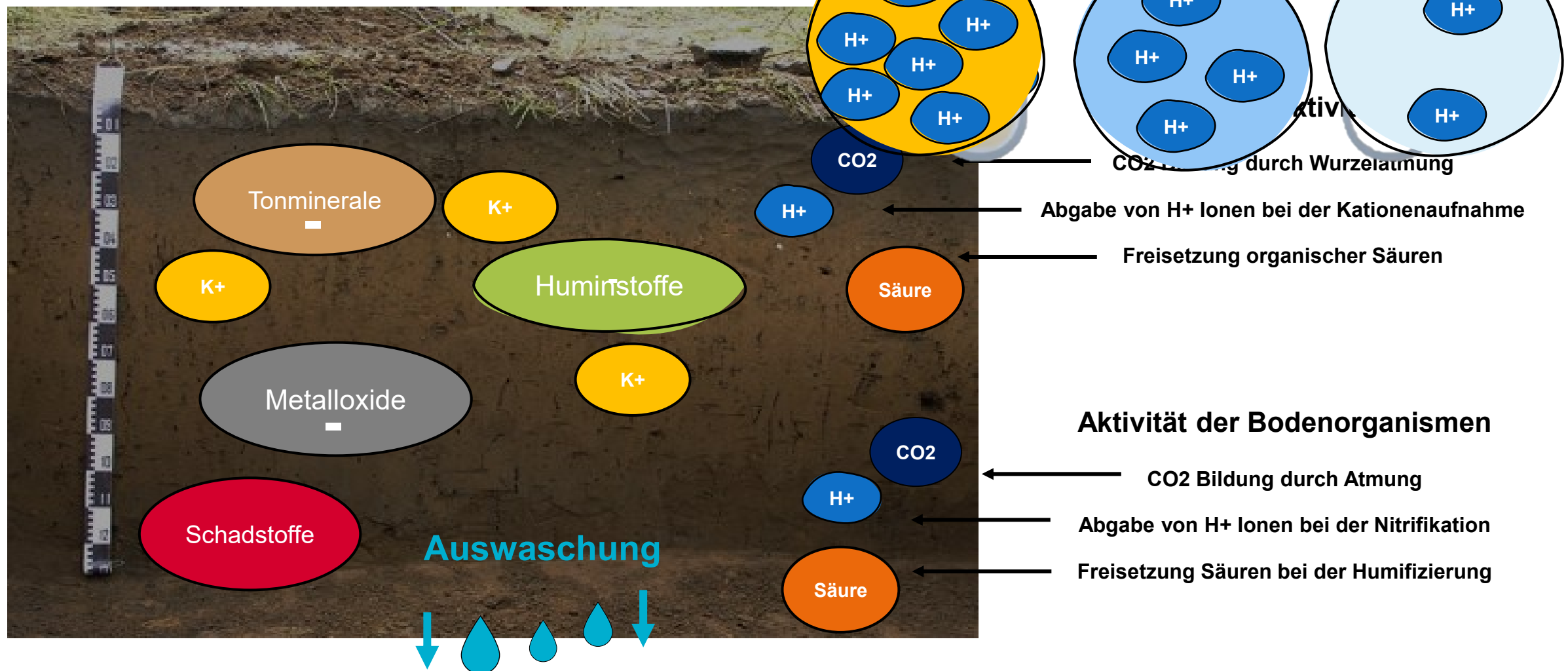
1 IA H Hydrogen 1.008																	18 VIIIA He Helium 4.003
2 IIA Li Lithium 6.941	3 IIIA Be Beryllium 9.012											13 IIIA B Boron 10.811	14 IVA C Carbon 12.011	15 VA N Nitrogen 14.007	16 VIA O Oxygen 15.999	17 VIIA F Fluorine 18.998	18 VIIIA Ne Neon 20.180
9 IIA Na Natrium 22.990	10 IIIA Mg Magnesium 24.305	3 IIIB Sc Scandium 44.956	4 IVB Ti Titanium 47.883	5 VB V Vanadium 50.942	6 VIB Cr Chrom 51.996	7 VIIB Mn Mangan 54.938	8 VIIB Fe Eisen 55.845	9 VIIB Co Cobalt 58.933	10 VIIB Ni Nickel 58.693	11 IIB Cu Kupfer 63.546	12 IIB Zn Zink 65.38	13 IIIA Al Aluminium 26.982	14 IVA Si Silicium 28.086	15 VA P Phosphor 30.974	16 VIA S Schwefel 32.06	17 VIIA Cl Chlor 35.45	18 VIIIA Ar Argon 39.948
19 IIA K Kalium 39.098	20 IIA Ca Calcium 40.078	39 IIIB Y Yttrium 88.906	40 IVB Zr Zirkon 91.224	41 VB Nb Niobium 92.906	42 VIB Mo Molybdän 95.94	43 VIIB Tc Technetium 98	44 VIIB Ru Ruthenium 101.07	45 VIIB Rh Rhenium 101.07	46 VIIB Pd Palladium 106.36	47 IIB Ag Silber 107.868	48 IIB Cd Cadmium 112.411	49 IIIA In Indium 114.818	50 IIIA Sn Zinn 118.710	51 IVA Sb Antimon 121.757	52 IVA Te Tellur 127.6	53 VA I Jod 126.905	54 VA Xe Xenon 131.29
55 IIA Cs Cäsium 132.905	56 IIA Ba Baryum 137.327	71-72 IIIB Hf Hafnium 178.49	73 IVB Ta Tantal 180.948	74 VB W Wolfram 183.84	75 VIB Re Rhenium 186.207	76 VIIB Os Osmium 190.23	77 VIIB Ir Iridium 192.222	78 VIIB Pt Platin 195.084	79 VIIB Au Gold 196.967	80 IIB Hg Quecksilber 200.59	81 IIB Tl Thallium 204.383	82 IIIA Pb Blei 207.2	83 IIIA Bi Bismut 208.98	84 IVA Po Polonium 209	85 VA At Astatin 210	86 VA Rn Radon 222	
87 IIA Fr Francium 223	88 IIA Ra Radium 226	101-102 IIIB Rf Rutherfordium 261	103 IVB Db Dubnium 262	104 VIB Sg Seaborgium 263	105 VIIB Bh Bohrium 264	106 VIIB Hs Hassium 265	107 VIIB Mt Meitnerium 266	108 VIIB Ds Darmstadtium 267	109 VIIB Rg Roentgenium 268	110 IIB Cn Copernicium 269	111 IIB Nh Nihonium 270	112 IIB Fl Flerovium 271	113 IIIA Mc Moscovium 272	114 IIIA Lv Livermorium 273	115 VA Ts Tennessin 274	116 VA Og Oganesson 274	
57 La Lanthan 138.905	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodym 140.908	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium 145	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.255	69 Tm Thulium 168.930	70 Yb Ytterbium 173.054	71 Lu Lutetium 174.967			
89 Ac Actinium 227	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237	94 Pu Plutonium 244	95 Am Americium 243	96 Cm Curium 247	97 Bk Berkelium 247	98 Cf Californium 251	99 Es Einsteinium 252	100 Fm Fermium 257	101 Md Mendelevium 258	102 No Nobelium 259	103 Lr Lawrencium 260			



Quelle: Mortimer, Müller 2007, S.26

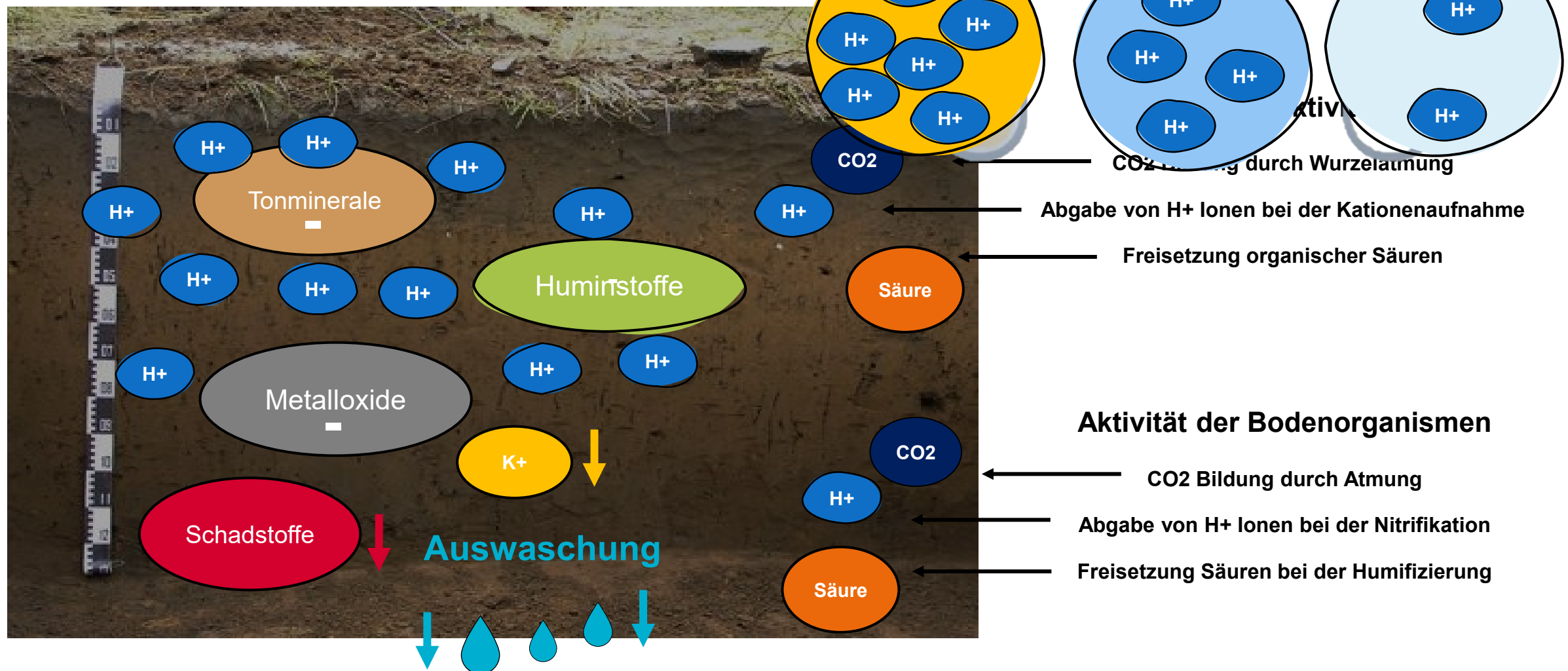
Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanze abhängig?

Böden als Puffersystem



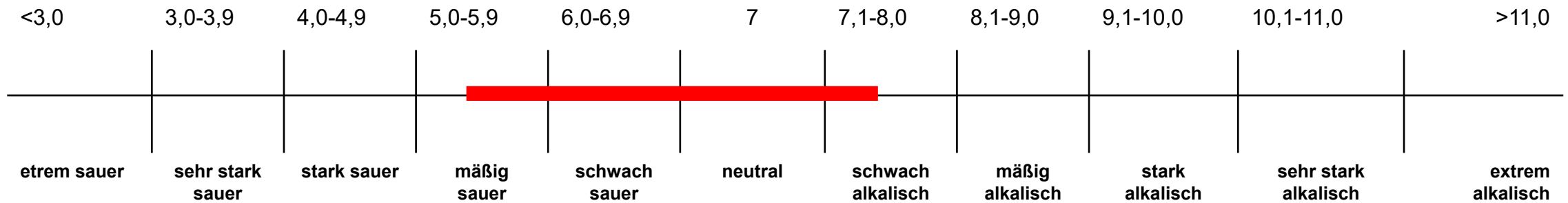
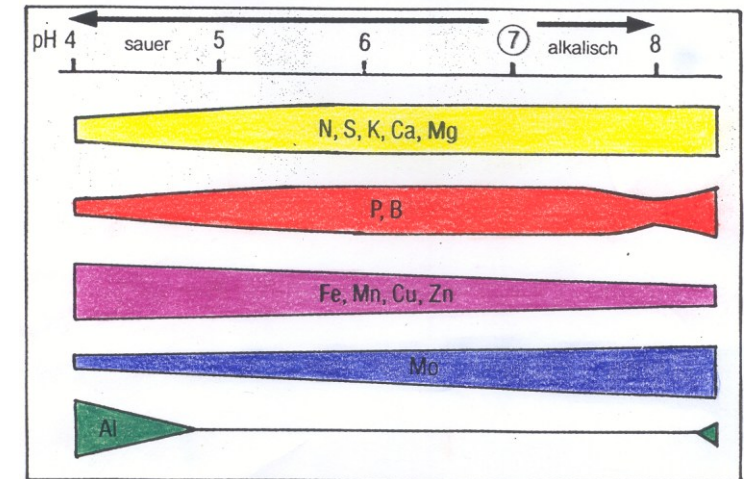
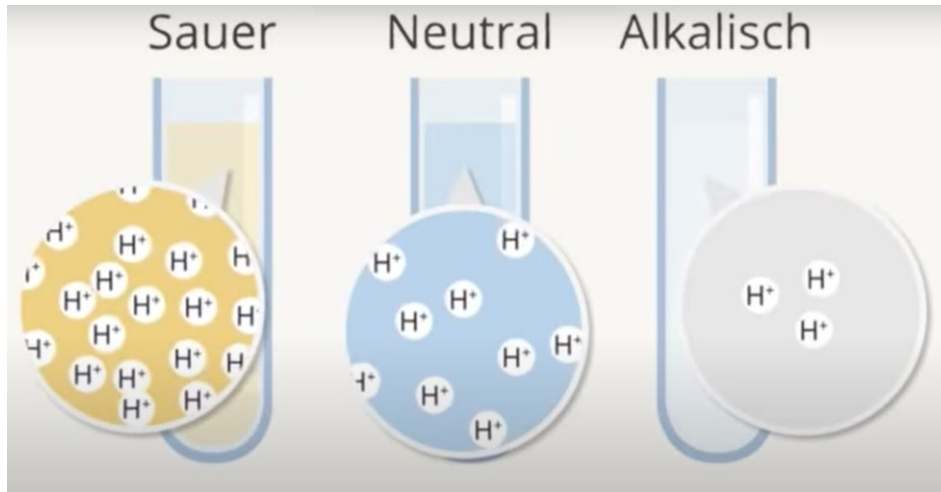
Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanz abhängig?

Böden als Puffersystem

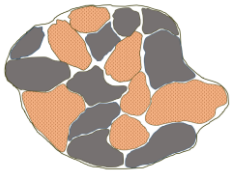


Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

pH-Wert / Bodenreaktion

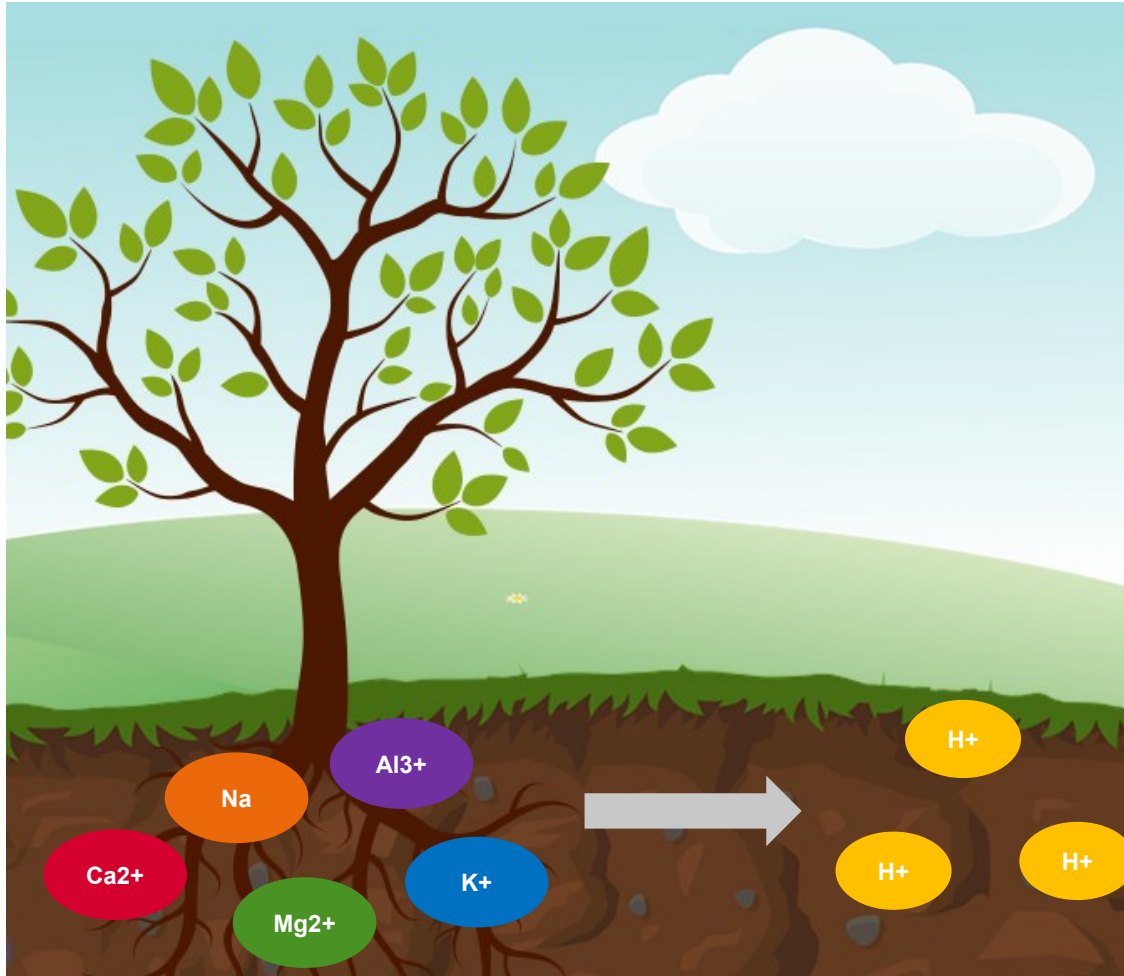


Einstufung der Böden nach dem pH (CaCl₂)-Wert.



Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Nährstoffe im Boden



Die für die Pflanze wichtigsten Nährstoffe liegen als Kationen vor:

Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺

Die Pflanzen geben **Wasserstoffionen (H⁺)** im Austausch für Kationen an den Boden ab.

Quelle: <https://www.edingershops.de/> (2021)

Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Einflüsse auf den Austauschvorgang der Kationen



Kurzformel der Nährstoffe: 18+20+10+2

	N	P ₂ O ₂	K ₂ O	MgO
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Magnesium
Kurzformel	18	20	10	2
Verhältnis	1	1,1	0,6	0,1
Wertigkeit	3	3	1	2
Ionenradius	146	44	138	72



Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Nährstoffanalyse

Probenbezeichnung/ Parameter	Green 7 Probe 1 0 – 5 cm	Green 7 Probe 2 5 – 15 cm	
Phosphor P ₂ O ₅ [mg/100 g]	6,4	6,0	+0,4
Kalium K ₂ O [mg/100 g]	12,7	4,1	+8,6
Magnesium Mg [mg/100 g]	9,1	5,6	+3,5

Tabelle 6: Nährstoffgehalt

Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Nährstoffanalyse

	Parameter	Einheit	Green 18: Tiefe 0-5 cm	Green 18: Tiefe 5-10cm
	Wassergehalt	%	19,4	14,2
	pH-Wert		6,7	7,1
	Glühverlust (org.Substanz)	%	2,52 ₅₎	1,25 ₅₎
	Salzgehalt	mg/l	183	255
	Leitfähigkeit	µS/cm	27	30
	Kohlenstoff (C) organisch	%	1,27 ₅₎	0,467 ₅₎
	C/N-Verhältnis	%	13 ₅₎	12 ₅₎
	Stickstoff gesamt	mg/l	1030	552
	Stickstoff gesamt (N)	%	0,10 ₅₎	0,04 ₅₎
	Phosphat gesamt	mg/l	942	1210
	Phosphat gesamt (P2O5)	%	0,091 ₅₎	0,088 ₅₎
	Kalium gesamt	mg/l	600	800
	Kaliumoxid gesamt (K2O)	%	0,058 ₅₎	0,058 ₅₎
	Magnesium gesamt	mg/l	3.020	4.540
	Magnesium gesamt	%	0,29 ₅₎	0,33 ₅₎
	N lösl. (CaCl2)*)	mg/l	12	16
	Ammonium-N lösl. (CaCl2)*)	mg/l	6 ₂₎	8 ₂₎
	Nitrat-N lösl. (CaCl2)*)	mg/l	6 ₂₎	8 ₂₎
	Magnesium lösl. (CaCl2)	mg/l	72	70
	Phosphor lösl. (P2O5-CAL)*)	mg/l	95	129
	Kalium lösl. (K2O-CAL)	mg/l	145	64
	Calcium/eff KAK*)	cmol+/kg	3,53 ₅₎	3,35 ₅₎
	Magnesium/eff KAK*)	cmol+/kg	0,61 ₅₎	0,52 ₅₎
	Kalium/eff KAK*)	cmol+/kg	<0,10 _{4),5)}	<0,10 _{4),5)}
	Natrium/eff KAK*)	cmol+/kg	<0,05 _{4),5)}	<0,05 _{4),5)}



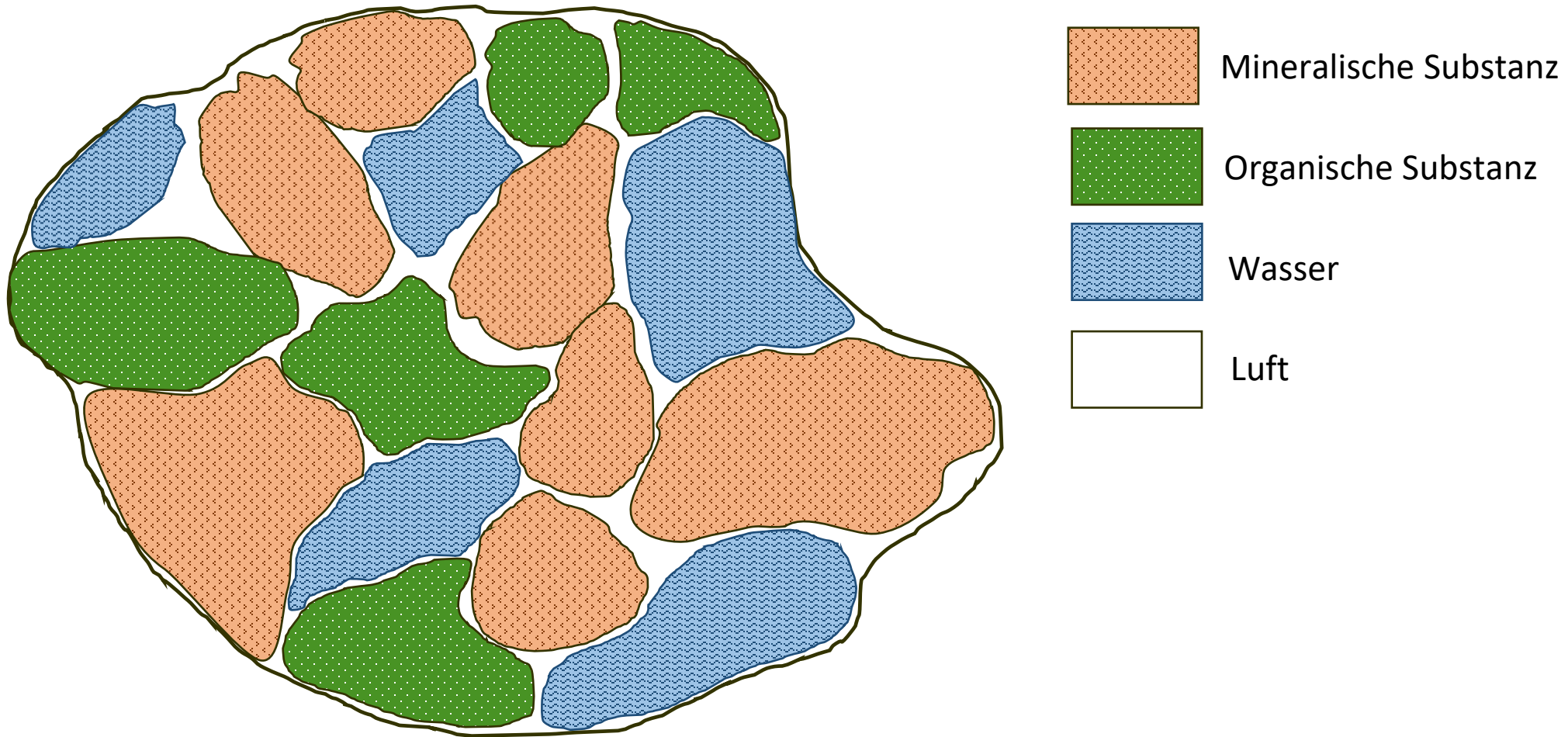
Teil 3: Wovon ist die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abhängig?

Zusammenfassung

- ✓ Nährstoffe im Boden liegen als Kationen vor.
- ✓ Höherwertige Ionen stärker adsorbiert als einwertige.
 - Verdünnung (z.B. NS, Beregnung) einwertige Kationen besser pflanzenverfügbar
 - Erhöhung (z.B. Düngung) zweiwertige Kationen besser pflanzenverfügbar
- ✓ Die Pflanzen geben Wasserstoff-Ionen (H^+) im Austausch für Nährstoffe (Kationen) an den Boden ab.
- ✓ Bodenorganismen geben bei der Zersetzung der Pflanzenreste ebenfalls H^+ Ionen an den Boden ab.
 - Die Folge ist eine natürliche Versauerung bzw. pH-Wertabnahme. (auch durch humides Klima!)
- ✓ Tonminerale, Metalloxide und Huminstoffe nehmen H^+ auf und wirken der natürlichen Versauerung entgegen.

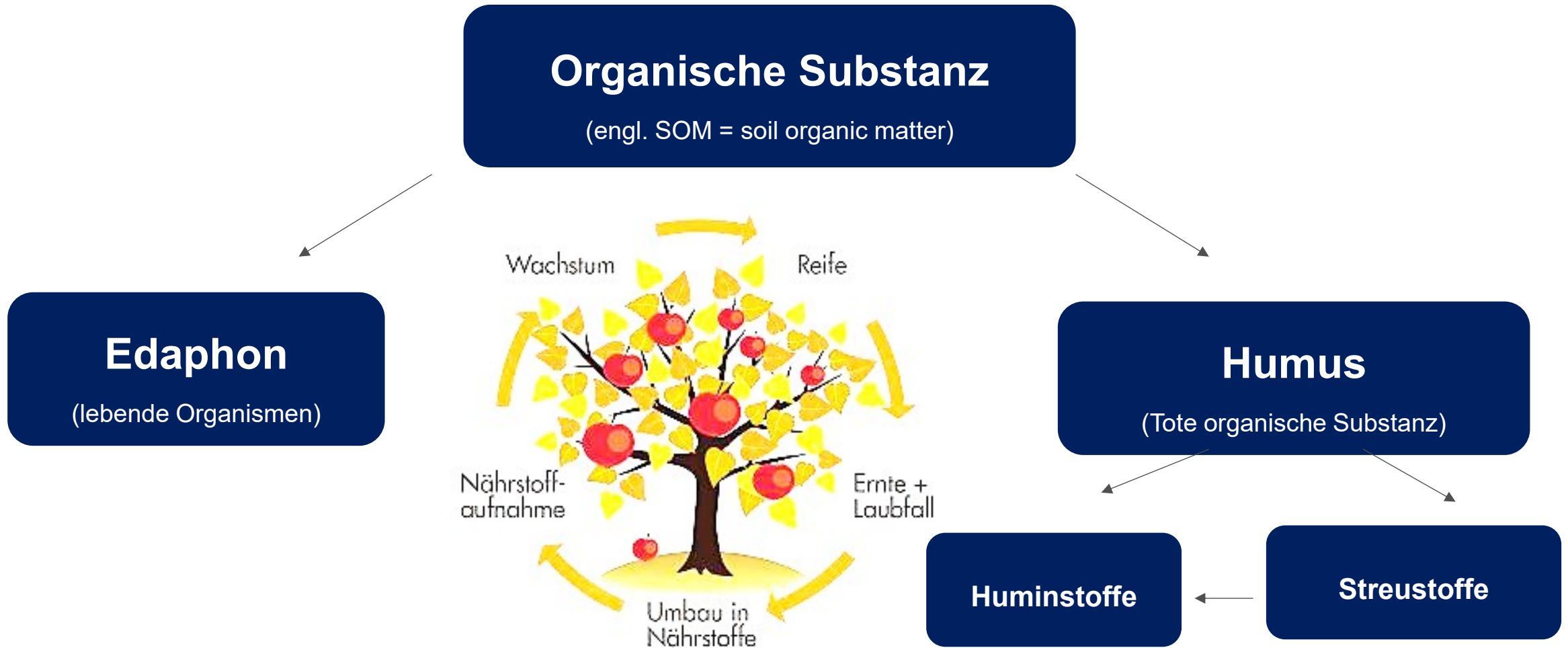
Es kann auch dann zum Nährstoffmangel kommen, wenn ein Nährstoff häufiger vorhanden ist als andere!

Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?





Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?





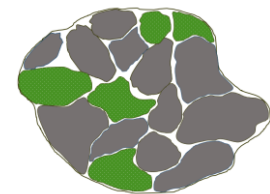
Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?

Organische Substanz

- **Zersetzung:** Abbau organischer Substanzen.
- **Humifizierung:** Umwandlung in Huminstoffe.
- **Mineralisierung:** vollständiger mikrobieller Abbau zu anorganischen Stoffen und Freisetzung von Pflanzennährelementen (Stickstoff, Phosphor und Schwefel).

Faktoren Abbau org. Substanz:

- Edaphon
- C/N-Verhältnis
- Luft- und Wasserhaushalt
- pH-Wert



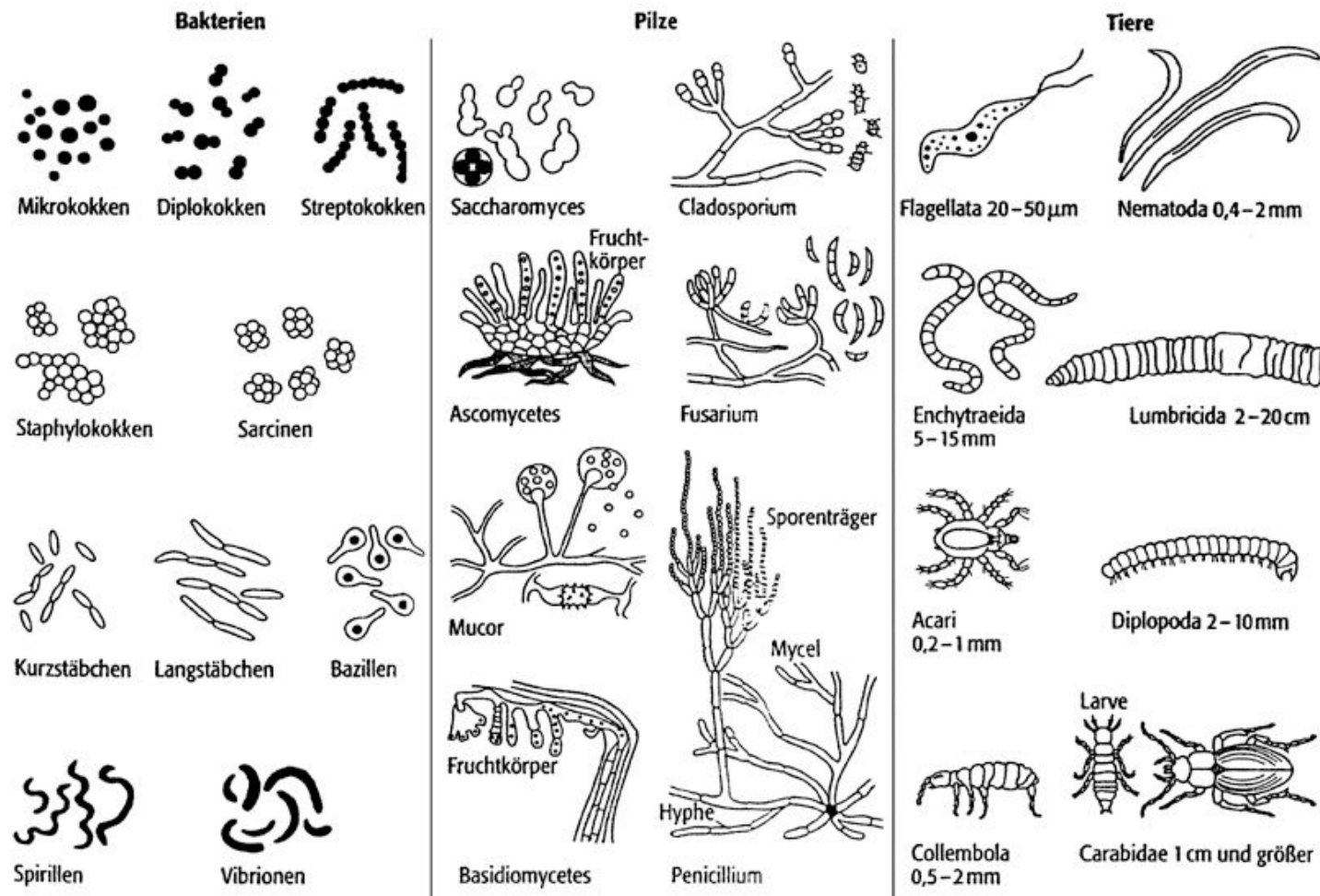
Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?

Edaphon - Bodenleben

Bakterien: Zersetzung der Streu, N-Lieferant, Symbiose mit Pflanzen (Leguminosen).

Pilze: Speicherung von Kohlenstoff und Aufbereitung von Nährstoffen, oftmals in Symbiose mit Pflanzen (Mykorrhiza).

Tiere: kleiner 20mm → Mikrofauna (Spinnen, Schnecken), größer 20mm Megafauna (Mäuse, Maulwürfe), Durchmischung, Belüftung, Lockerung;



Quelle: <https://hypersoil.uni-muenster.de/0/03/01.htm> (2020)



Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?

Glühverlust DIN 18128



Glühen bei 550 °C im Muffelofen

$$w_v = (m_b - m_c) / (m_b \times 100)$$

w_v Glühverlust in Massenprozent [M.-%]

m_b Gewicht nach Ofentrocknung bei 105°C

m_c Gewicht nach dem Glühen im Muffelofen bei 550°C



Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?

Übersicht

TOC: Gesamter org. Kohlenstoff

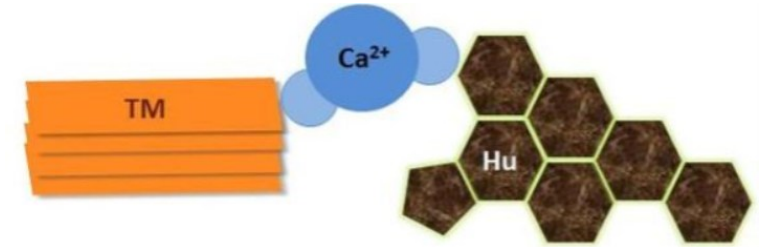
DOC: Gelöster org. Kohlenstoff

Organische Substanz: Humus + Edaphon

Humus: Tote org. Substanz (Streu + Huminstoffe)

Kompost: Biologischer Abfall aus Gartenabfälle, Küchenabfälle, Laub, Schnittgut

Torf: Organisches Sediment, das in Mooren entsteht. Nicht oder nur unvollständig zersetztes pflanzliches Material (Sauerstoffarmut).





Teil 4: Wie kommen Nährstoffe in den Boden?

C/N Verhältnis

Das C/N-Verhältnis ist ein Parameter für die Abbaubarkeit der organischen Substanz:

20:1 → leichter zersetzbar

30:1 → schwerer zersetzbar

Je kleiner die Zahl, desto enger ist das C/N-Verhältnis und umso mehr Stickstoff steht zur Verfügung.

Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Steinböden



Kiesböden



Lössböden



Sandböden



Lehmböden



Organische Böden



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Kornverteilung



Quelle: Georg Armbruster (2016)

Korngrößenverteilung



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Bodenart & Korngrößenverteilung

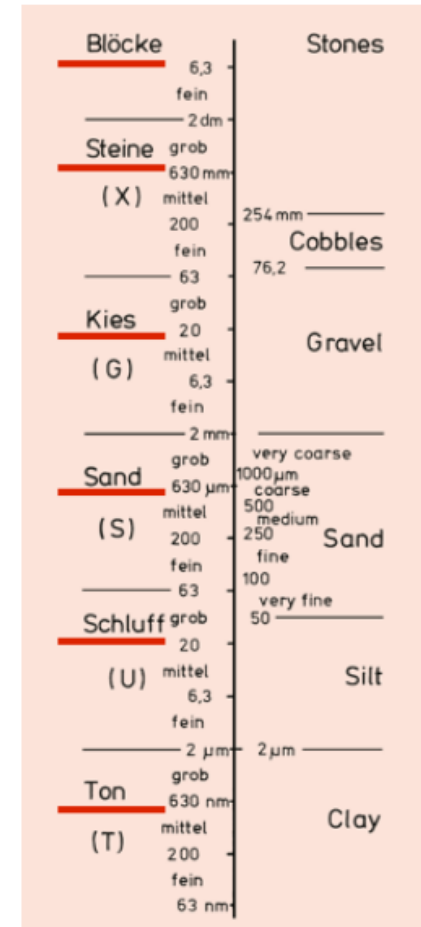
Einteilung:

- Grobboden \leftrightarrow Feinboden (2 mm)
- in 6 Hauptfraktionen
- mit je 3 Unterfraktionen (grob, fein, mittel)
- basierend auf logarithmischer Skala:

- Sand 0,063 mm - 2 mm
- Schluff 0,002 mm - 0,063 mm
- Ton < 0,002 mm

Grobboden

Feinboden



Scheffer & Schachtschabel 2012



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

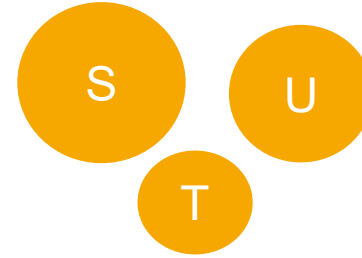
Bodentyp & Bodenart

Während der **Bodentyp** die Erscheinungsform eines Bodens als Folge der Bodenbildung beschreibt, werden **Bodenarten** (auch Bodentextur oder Körnung genannt) nach der Korngrößenzusammensetzung der mineralischen Bodensubstanz unterschieden. Die Hauptbodenarten des Feinbodens sind Sand, Schluff und Ton.

Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart

Bodenansprache

- Natürliche Böden bestehen selten aus Einkorngemengen.
- Zwei oder **Dreikorngemenge** herrschen vor.



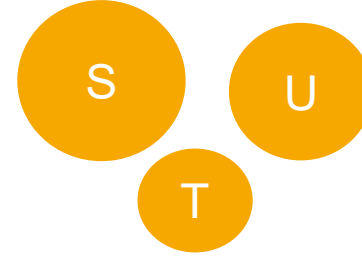
Bodenarten: Sand, Schluff und Ton.

Lehm ist ein Gemisch aus Sand, Ton und Schluff;

Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Bodenansprache

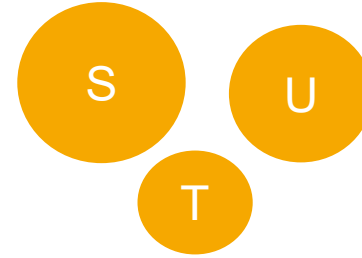
- Natürliche Böden bestehen selten aus Einkorngemengen.
- Zwei oder **Dreikorngemenge** herrschen vor.
- Bei Zweikorngemengen gibt es eine Hauptfraktion und eine Nebenfraktion.
- Die Bezeichnung eines Boden richtet sich nach der **Hauptfraktion**.
- Die **Nebenfraktion** wird als Beiwort angefügt → **schluffiger Sand**.



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Bodenansprache

- Natürliche Böden bestehen selten aus Einkorngemengen.
- Zwei oder **Dreikorngemenge** herrschen vor.
- Bei Zweikorngemengen gibt es eine Hauptfraktion und eine Nebenfraktion.
- Die Bezeichnung eines Boden richtet sich nach der **Hauptfraktion**.
- Die **Nebenfraktion** wird als Beiwort angefügt → **schluffiger Sand**.
- Wenn Ton, Sand und Schluff nahezu gleichrangig vorkommen → **Lehm**.

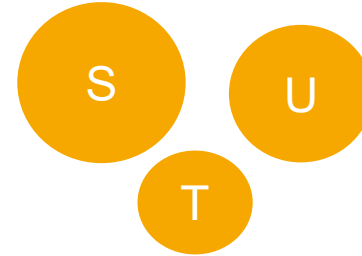




Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Bodenansprache

- Natürliche Böden bestehen selten aus Einkorngemengen.
- Zwei oder **Dreikorngemenge** herrschen vor.



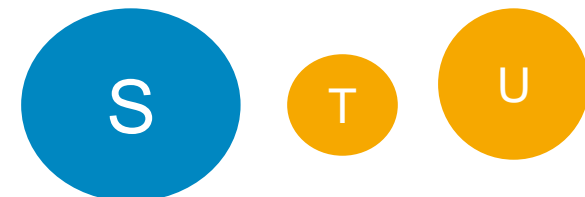
- Bei Zweikorngemengen gibt es eine Hauptfraktion und eine Nebenfraktion.
- Die Bezeichnung eines Boden richtet sich nach der **Hauptfraktion**.
- Die **Nebenfraktion** wird als Beiwort angefügt → **schluffiger Sand**.



- Wenn Ton, Sand und Schluff nahezu gleichrangig vorkommen → **Lehm**.



- Sobald eine der drei Grundfraktionen in einem Dreikorngemenge überwiegt wird diese als Beiwort hervorgehoben. Zum Beispiel **sandiger Lehm**.



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

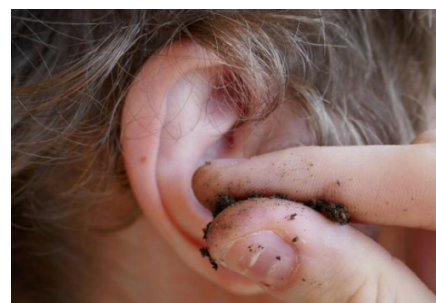
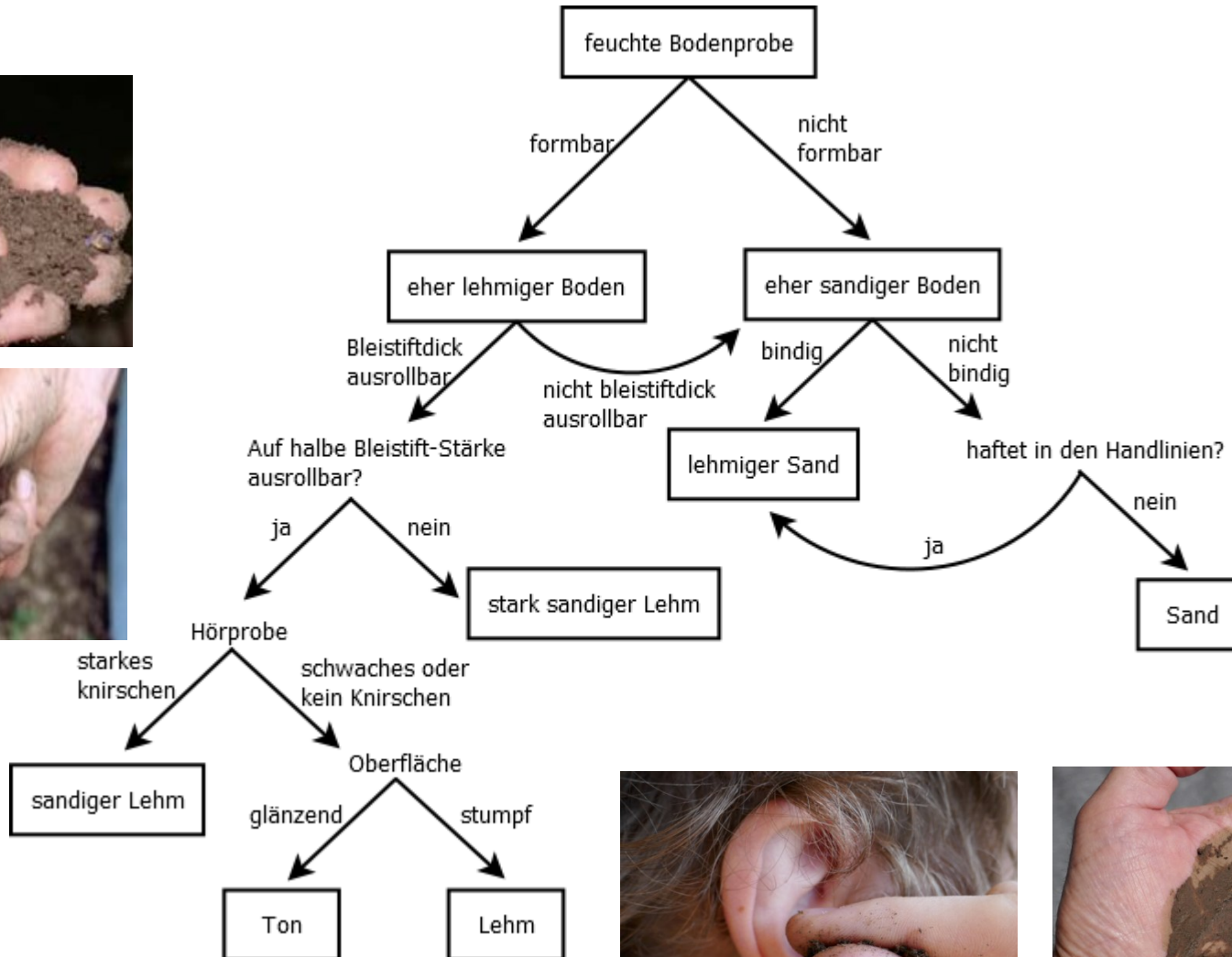
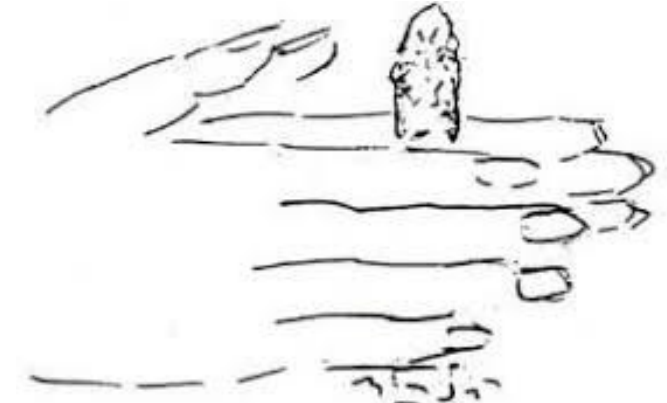
Bodenansprache

- Wenn ein Bestandteil dominiert und die beiden anderen gleichrangig zurücktreten dann bezeichnet man das als lehmig. Zum Beispiel **lehmiger Schluff**.



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Fingerprobe



Quelle: www.die-parzelle.de/



Teil 5: Was ist der Unterschied zwischen Bodentyp und Bodenart?

Korngrößenverteilung: Sedimentation

Ärometerverfahren (DIN EN ISO 17892-4)



Bestimmung der Anteile der Schluff- und der Tonfraktionen $< 0,063$ mm.

Sinkgeschwindigkeit der Partikel abhängig von:

- Durchmesser der Partikel,
- temperaturabhängige Zähigkeit (Viskosität) der Messflüssigkeit sowie
- Dichtedifferenz zw. Partikel & Messflüssigkeit.

Korngrößenverteilung Siebung (DIN EN ISO 17892-4)

Bestimmung der Anteile der $> 0,063$ mm.



<https://izw.baw.de> (2018)



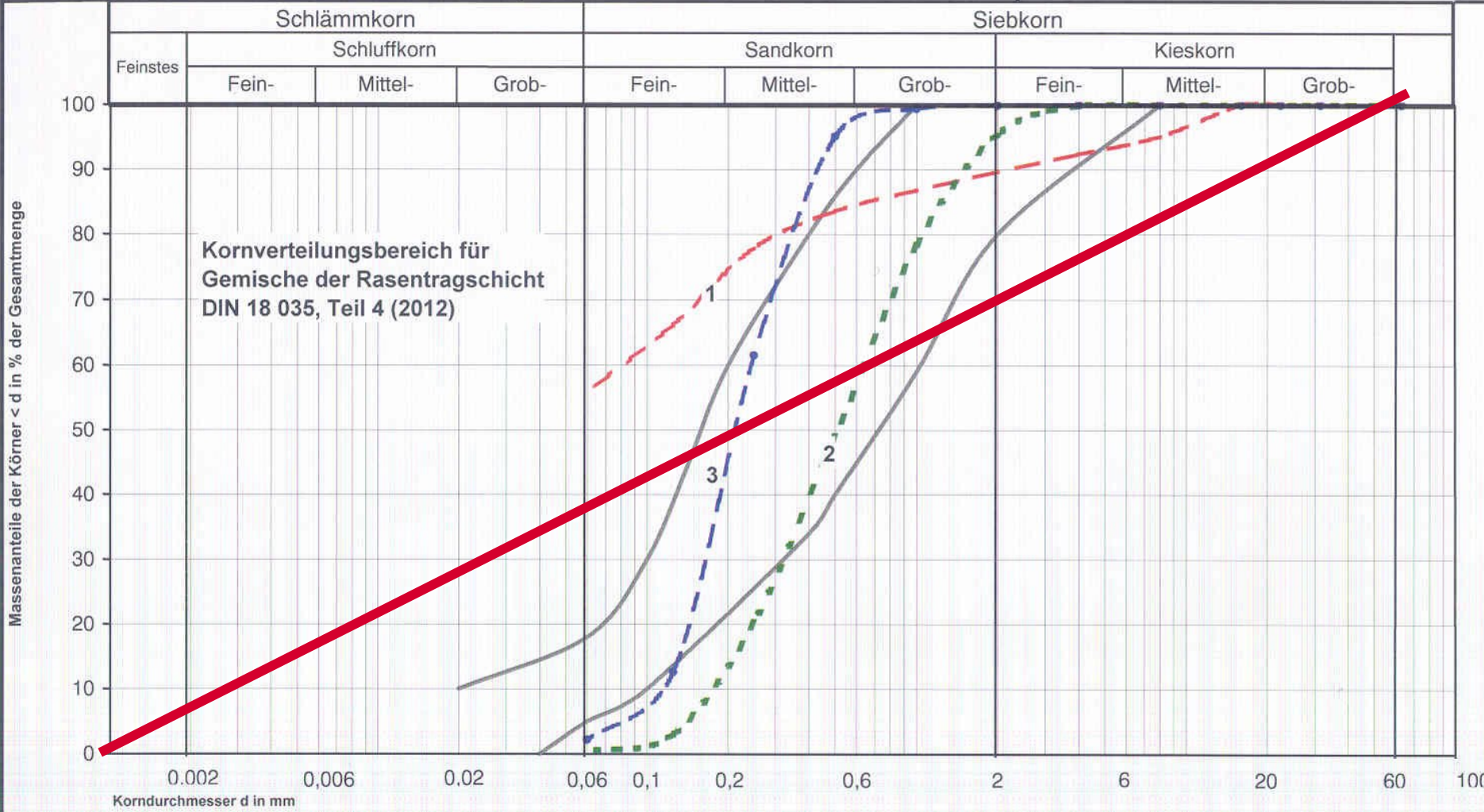
Körnungslinie

Bauvorhaben: Musterstadt
Stadion

Ausgeführt durch: AH

Datum: 16.11.16

Labor-Nr.:



Platz für Notizen:

— 1	— 2	— 3	—
Humus (Oberboden)	Sand 0/2	Sandd 0/1	
Eignungsprüfung	Eignungsprüfung	Eignungsprüfung	

Georg Armbruster
Bauernstraße 8 D-86391 Stadtbergen

Anlage

Teil 6: Übersicht über Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfrasen

Laboranalysen

1. Wassergehalt
2. Korngrößenverteilung
3. pH-Wert
4. Organische Substanz
5. Gesamtnährstoffe
6. Lösliche Nährstoffe
7. C/N-Verhältnis
8. Kationenaustauschkapazität



Teil 6: Übersicht über Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfrasen

Anforderungen an die Rasentragschicht für Grüns und Vorgrüns – FLL-Golfplatzbaurichtlinie (2008)

5	Verschleißbeständigkeit ⁵⁾	Siebdurchgang bei 0,25 mm \leq 20 %	DIN 18035-5
6	Gefälle	Empfehlung: In Bereichen der Flaggenpositionen nicht mehr als 3,0 %	Nivellement
7	Höhenlage	Abweichung von der Nennhöhe \pm 20 mm	Nivellement
8	Ebenheit	Stichmaße als Grenzwerte bei Messpunkt Abstand 2 m \leq 10 mm	DIN 18202
9	Mindestdicke ⁶⁾	12 cm bei Konstruktion K 1 20 cm bei Konstruktion K 2 25 cm bei Konstruktion K 3	—
10	Salzgehalt	\leq 200 mg/100 g Substrat	VDLUFA A 10.1.1
11	Bodenreaktion ⁷⁾	pH 5,0 – pH 7,5	VDLUFA A 5.1.1
12	Organische Substanz (Glühverlust \cdot 0,5) ⁸⁾	\geq 1,5 M.-% \leq 2,5 M.-%	DIN 18128 oder DIN 19684-3



Teil 6: Übersicht über Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfrasen

Anforderungen an die Rasentragschicht – DIN 18035-4

Parameter	Anforderung
Korngrößenverteilung	Innerhalb des Sieblinienbandes
Wasserinfiltrationsrate	≥ 60 mm/h
Scherfestigkeit	> 12 kPa (Feldversuch)
Wasserkapazität	≥ 30 Vol.-%
Organische Substanz	1 bis 3 M.-%
Bodenreaktion	pH 5 bis pH 7,5
Frostwiderstand	Veränderung der einzelnen Fraktionen der einzelnen Korn-gruppen ≤ 20 %
Lagerungsdichte	≥ 90 % D_{Pr} ≤ 95 % D_{Pr} (Neu)



Teil 6: Übersicht über Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golffrasen

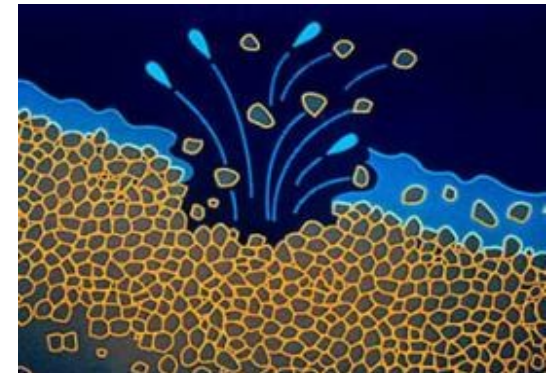
Wasserdurchlässigkeit



Wasserdurchlässigkeit eines Bodens wird durch den sog. Durchlässigkeitsbeiwert k (m/s, mm/min, cm/s) beschrieben. Sie ist abhängig von bodenphysikalischen Parametern wie:

- ✓ Wassergehalt
- ✓ Korngrößenverteilung
- ✓ Kornform
- ✓ Lagerungsdichte
- ✓ Porenverteilung/Porengröße
- ✓ organischer Substanz

Splash





Der Boden als Basis

Dr. rer. nat. Selina Thanheiser

Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

Tel.: +49 160/7946336
E-Mail: info@st-boden.de

Literatur

- Alpenverein Schwaben. (2017). *Bodenprozesse und Nährstoffe*. <https://www.alpenverein-schwaben.de>
- Armbruster, G. (2016). *Korngrößenverteilung*.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. (2013). *Bodentypen*.
- Bundesanstalt für Wasserbau. (2018). *Korngrößenverteilung – Sedimentation*. <https://izw.baw.de>
- Die Parzelle. (o.J.). *Fingerprobe Bodenansprache*. <https://www.die-parzelle.de/>
- Edingershops. (2021). <https://www.edingershops.de/>
- Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen. (2026). *Bodenübersicht*.
- Huber, A. (o.J.). *Entstehung von Boden*. Land Oberösterreich.
- Hypersoil – Universität Münster. (2020). *Edaphon – Bodenleben*. <https://hypersoil.uni-muenster.de/0/03/01.htm>
- Klett Verlag. (2023). *Tonverlagerung und Bodenprozesse*.
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. (2026). *Bodenübersicht*.
- LfU Bayern. (2021). Schmidt, F. *Bodenübersicht*.
- LfU Bayern. (2023). *EBV – Analytik der Proben*.
- Mortimer, C., & Müller, U. (2007). *Chemie* (S. 26).
- Sabel, K.-J. (o.J.). *Bodenübersicht*.
- Scheffer, F., & Schachtschabel, P. (2018). *Lehrbuch der Bodenkunde* (17., überarb. Aufl.). Springer Spektrum.
- Umweltbundesamt. (2013). *Bodenbildende Faktoren*.