

# Studiengang Agrartechnik

## Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 2:

## Bodenentstehung

# Was ist Boden?

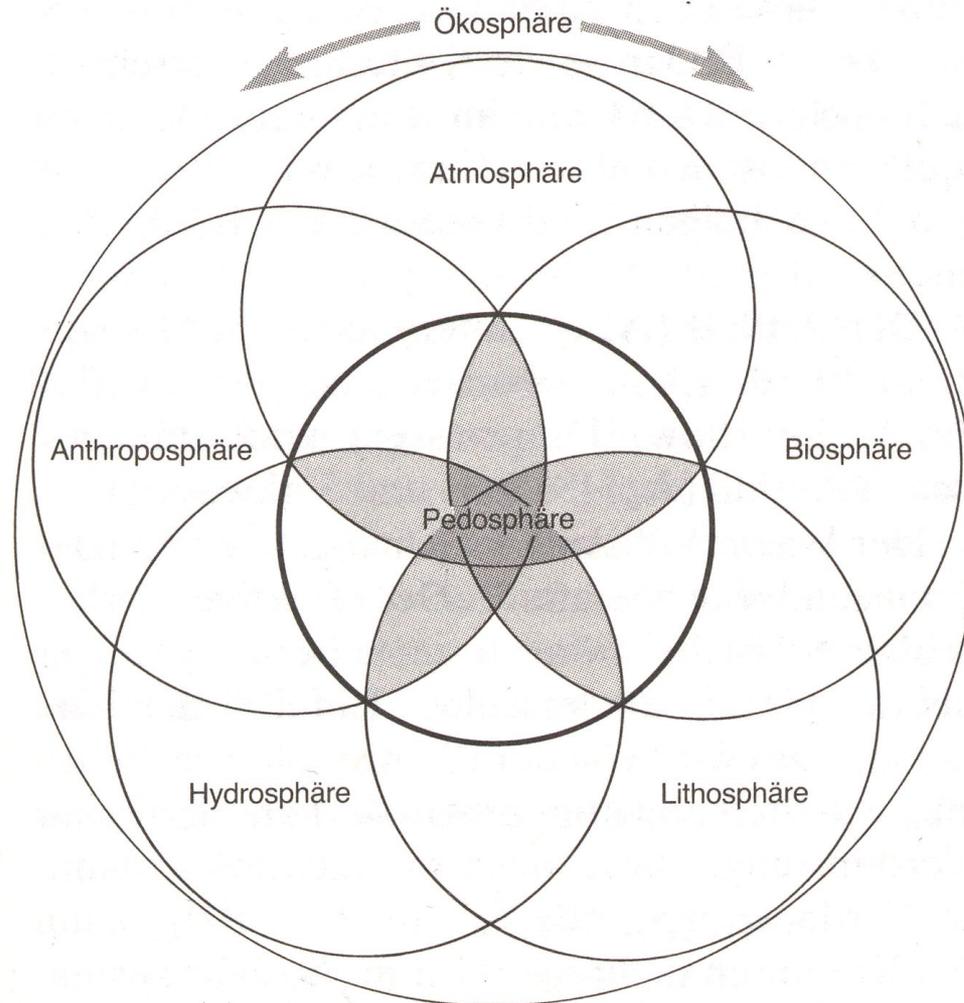
„Es gibt in der Natur keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den Boden! Es ist ja der Boden, der die Erde zu einem freundlichen Wohnsitz der Menschen macht. Er alleine ist es, der das zahllose Heer der Wesen erzeugt und ernährt, auf denen die belebte Schöpfung und unsere Existenz letztlich beruht“

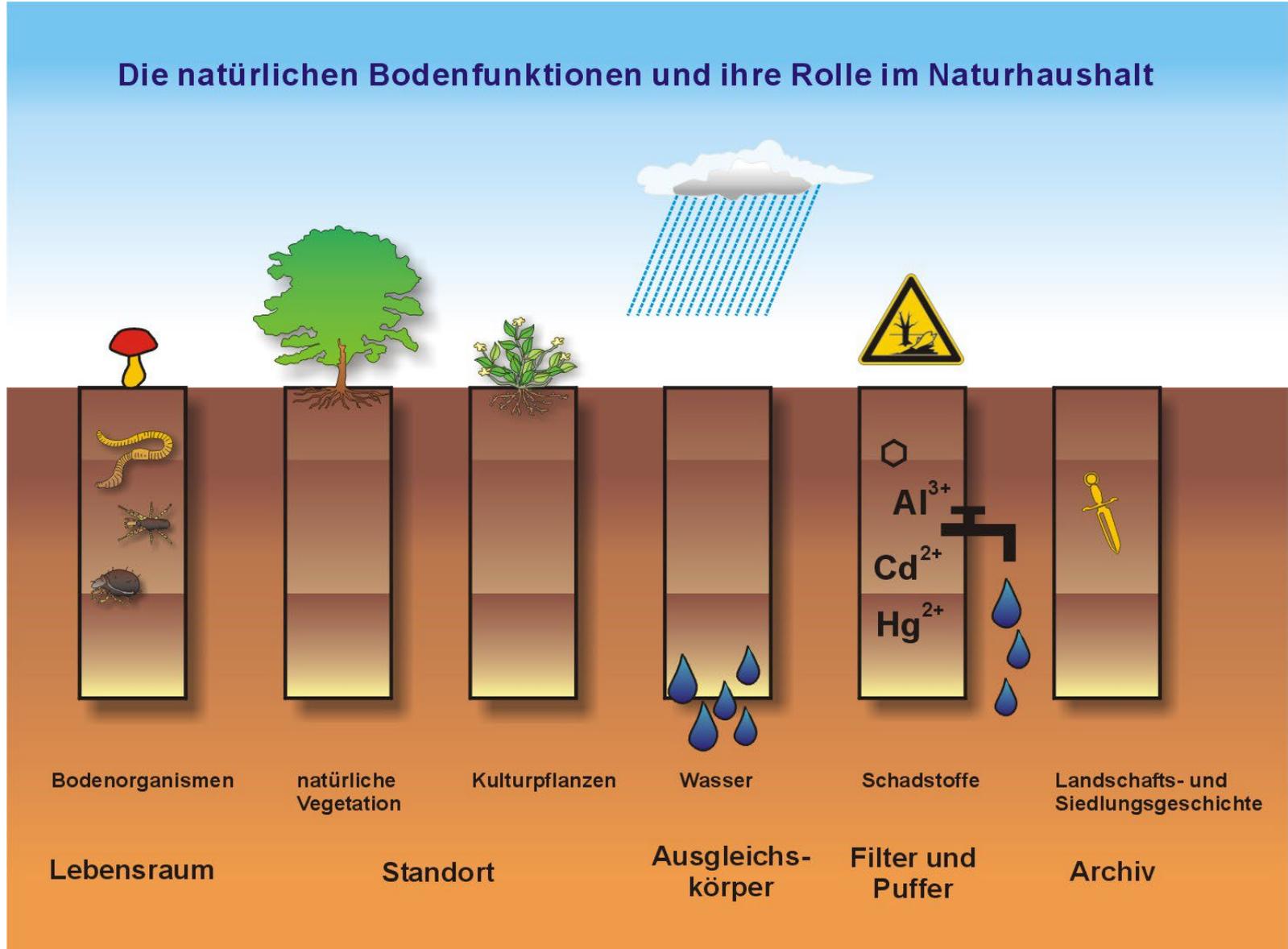
*Frederic Albert Fallou (1862); Erste wissenschaftliche Betrachtung des Bodens*

# Was ist Boden?

Boden ist die oberste lockere Lage (Haut) der Lithosphäre, in der sich Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre durchdringen, mischen und gegenseitig beeinflussen.

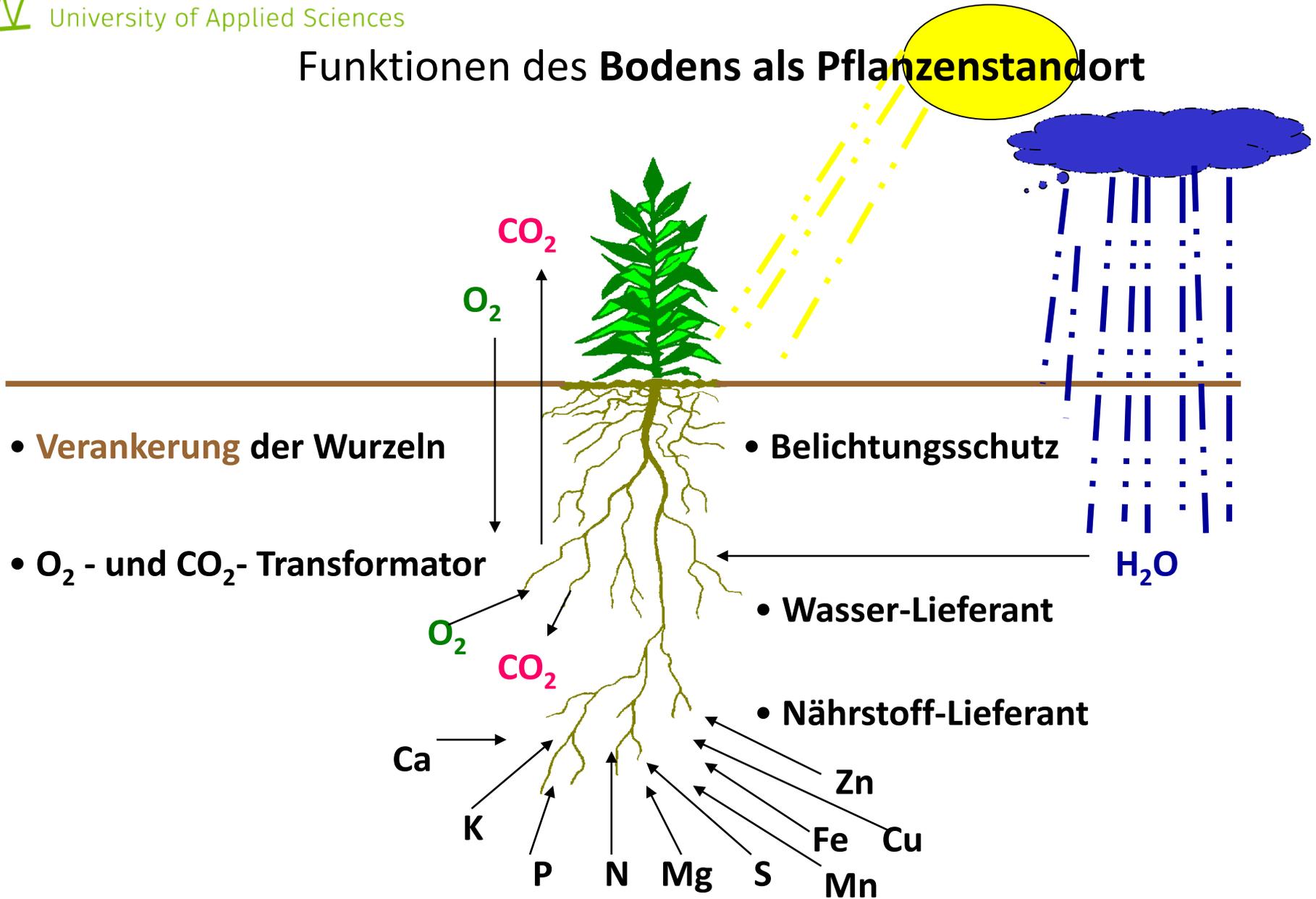
# Der Boden: Zentrale Stellung in der Ökosphäre





© Lernort **Böden**, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (SIMJUG) 2006. Alle Rechte vorbehalten.

# Funktionen des Bodens als Pflanzenstandort



## Definition:

### **Bodenbildung; Bodenentwicklung; Pedogenese;**

- Entstehung des Bodens unter dem Einfluss der **Faktoren** Klima, Vegetation, Relief, Wasser, Tier und Mensch aus dem jeweiligen Ausgangsgestein
- charakteristische Horizontfolgen werden in **Bodentypen** zusammengefasst. Beispiel: Braunerde
- Bodentypen lassen auf eine bestimmte Entstehungsgeschichte und typische Eigenschaften schließen

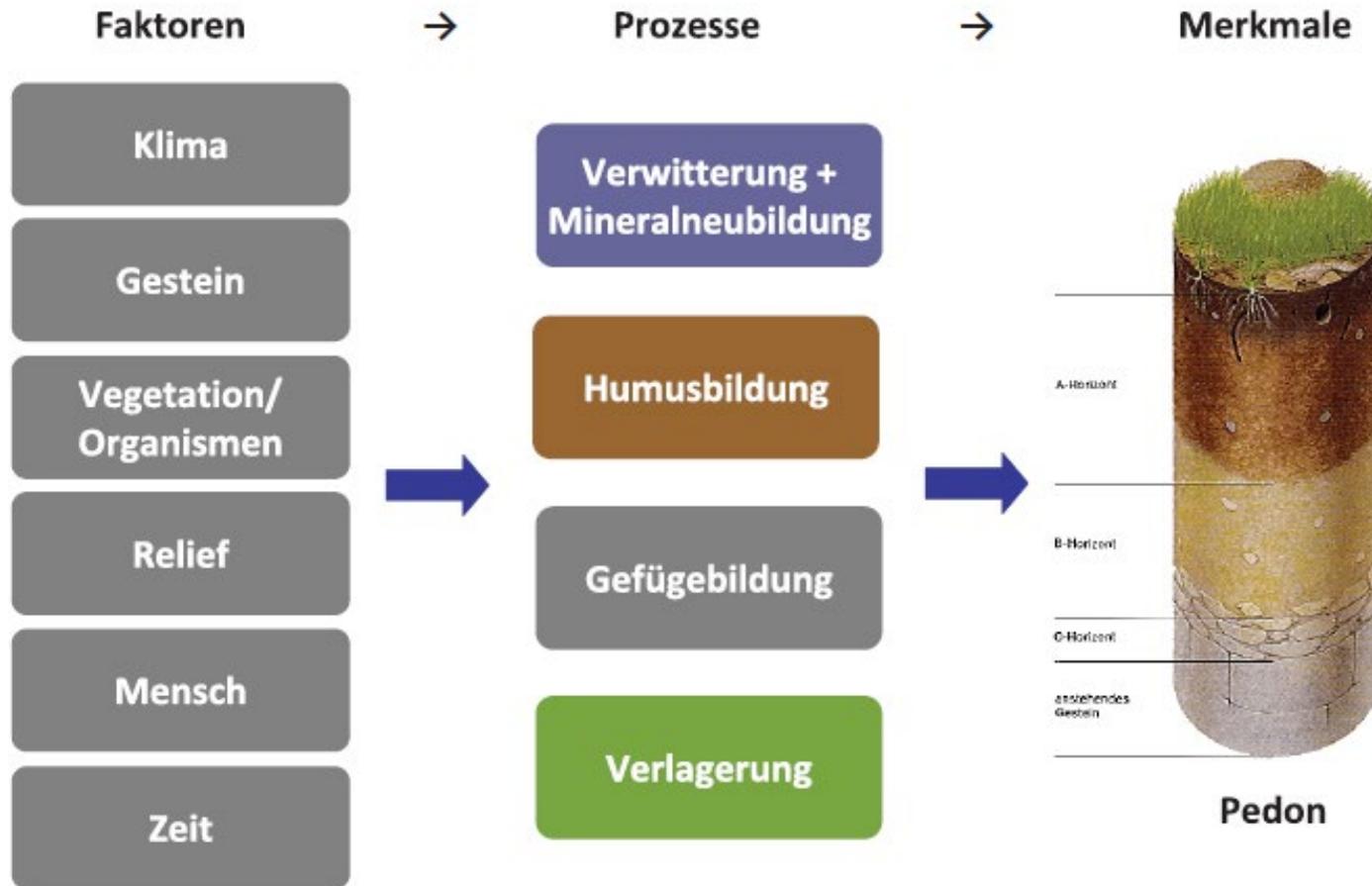
**Achtung: Unterscheidung: Bodentyp – Bodenart**

**Bodenart: Korngrößenzusammensetzung (Textur) des Bodens.**

**Z.B. Sand, Schluff, Lehm, Ton**

# Bodenbildende Faktoren und Prozesse

## Kausalkette der Bodenentwicklung



# **Boden-Bildung und Boden-Entwicklung**

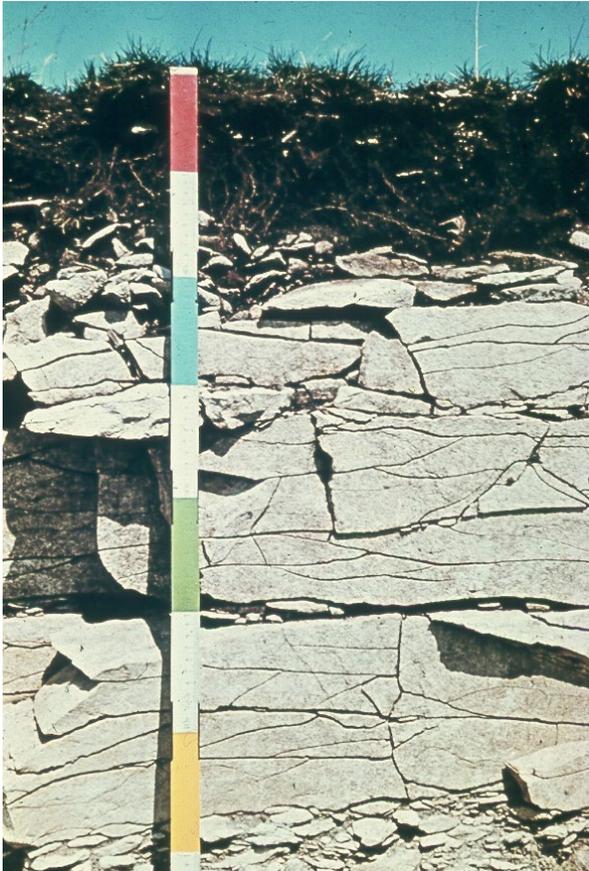
## **Faktoren der Bodenbildung**

- a) Gestein/Geologie**
- b) Klima**
- c) Relief**
- d) Stau- und Grundwasser**
- e) Organismen (Flora/Fauna)**
- f) Mensch**
- g) Zeit**

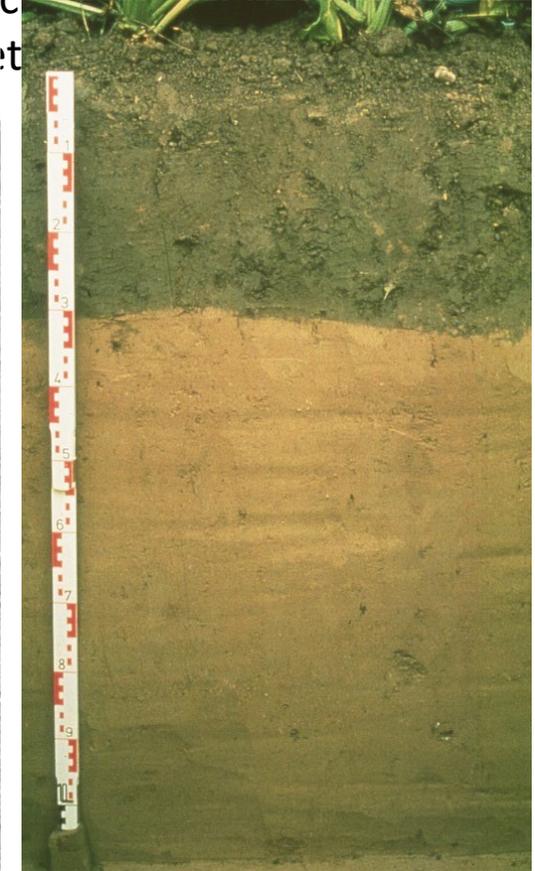
# Gestein = Ausgangsmaterial für die Bodenbildung

Gemenge von Mineralen in fester (=felsartiger = Fest-  
Gestein = auch im feuchten Zustand nicht mit dem  
Spaten grabbar) oder in lockerer (= Locker-Gestein =  
mit dem Spaten grabbar, charakterisiert durch

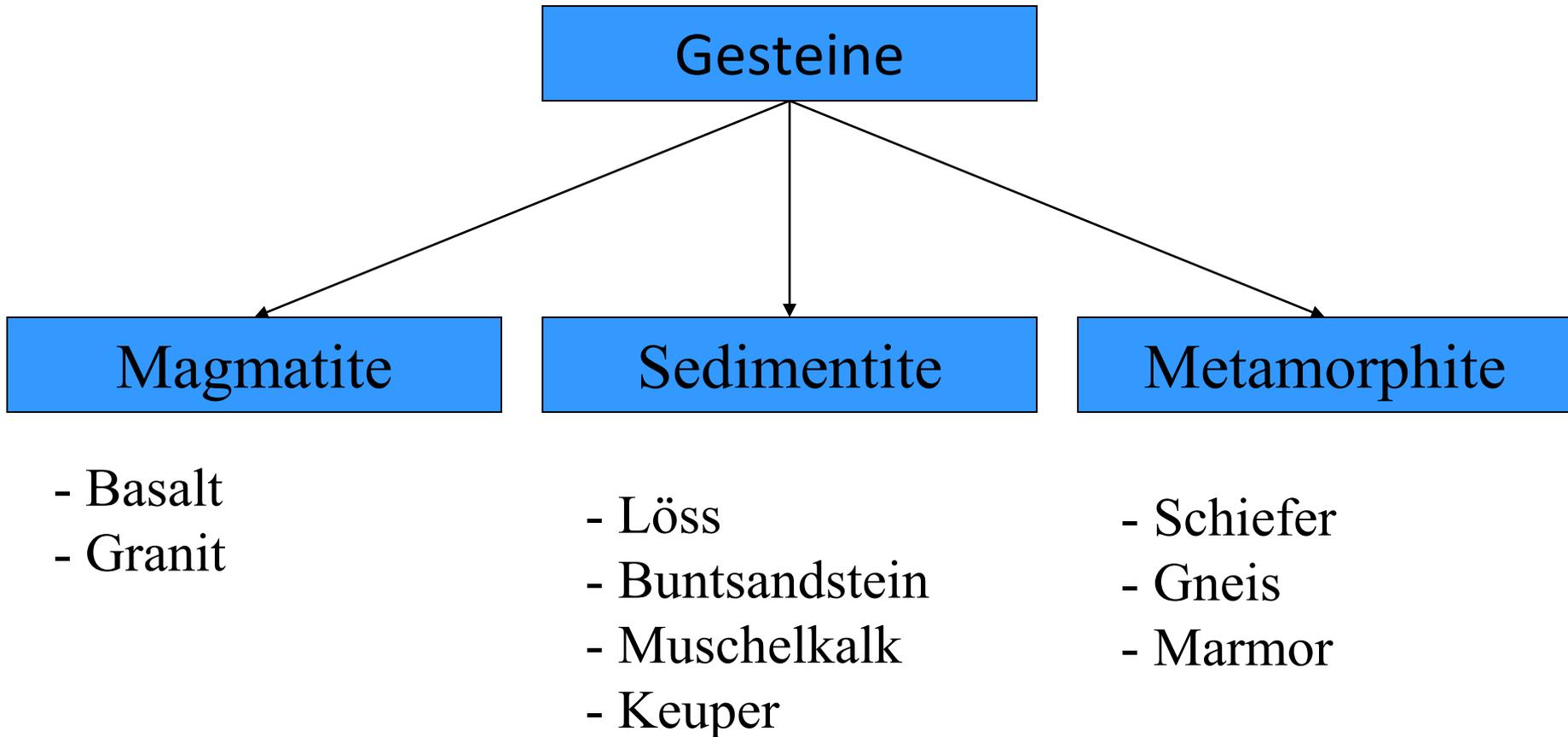
## Festgestein



## Lockergestein



# Einteilung der Gesteine nach ihrer Entstehung



# Minerale

## **Minerale:**

- Feste, anorganische und homogene Bausteine der Gesteine
- Meist kristalline Struktur (strenge räumliche Molekülstruktur)

## **Primäre Minerale (lithogen):**

- Minerale, die im Ausgangsgestein für die Bodenbildung enthalten sind und durch Verwitterung chemisch nicht umgewandelt wurden. Zu den primären Mineralen zählen Quarz, Silikate (Feldspäte, Glimmer, Chlorite, Pyroxene, Amphibole) Calcit, Dolomit, Sulfate, Phosphate

## **Mineralneubildungen (pedogen):**

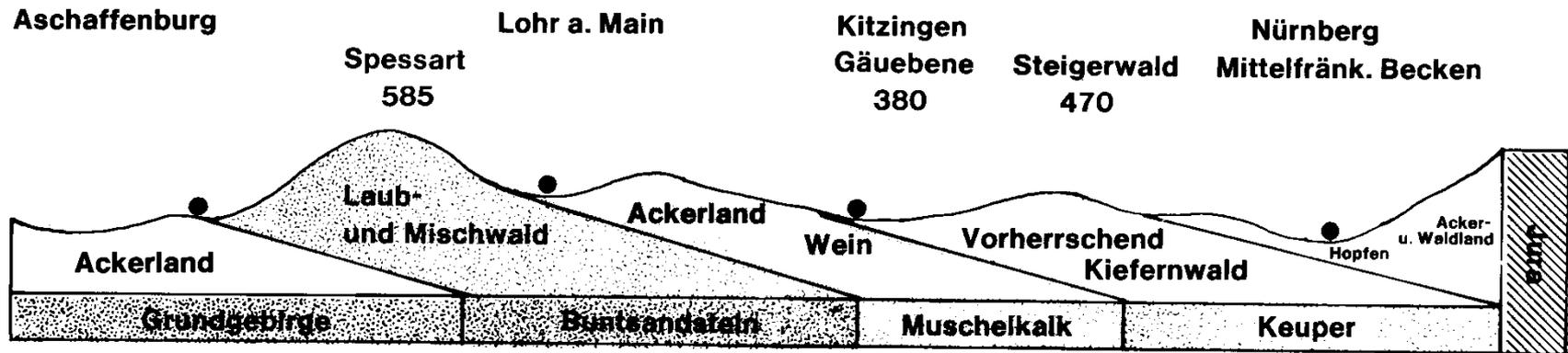
- entstehen im Verlauf der Bodenentwicklung infolge von Verwitterungsprozessen aus primären Mineralen. Wichtige Neubildungen sind die Metalloxide (Eisenoxide und -hydroxide) und Tonminerale (sekundäre Minerale).

# Einführung in die Geologie

Tab. 17. Erdgeschichte Mitteleuropas (u. a. nach BRINKMANN 1991, SCHWARZBACH 1988 und SCHMIDT,

Zeit- alter	Periode, Formation	Epoche, Abteilung	Verteilung von Land und Meer, Gesteine: Orogenesen, Vulkanismus: Eiszeiten, Paläoböden, Böden
Neo- oder Känozoikum	Quartär	Holozän (Tab. 21)	Etwa heutiger Zustand: Schutt, Sand, Schlick, Torf, Böden
	Beginn vor ca. 2 Mio. J.	Pleistozän (Tab. 18)	Nordisches Inlandeis, Alpenglatscher (6 Vorstöße); dazwischen periglaziäre Vorgänge u. Sedimente sowie Warmzeiten
	Tertiär 65 Mio. J.	Neogen Paläogen	Allg. Meeresrückzug: Braunkohle, Sand, Ton, Kalk, Vulkanite; Bruchtektonik (Oberrheintal, Hess. Senke); Vulkan (Vogelsberg, Rhön); Paläoböden. Haupt-Alpenfaltung (Molasse)
Mesozoikum	Kreide 135 Mio. J.	Oberkreide Unterkreide	Ende Kreide Meeresrückzug, vorher Überflutung, Kalk, Kreide, Mergel, Quadersandstein, Grünsand, Ton, Kohle: Ende Kimmerischer Bruchfaltung, Frühphasen d. Alpenfaltung (Flysch)
	Jura 195 Mio. J.	Malm Dogger Lias	Weite Schelfmeere m. Inseln; Lias-Tone u. Mergel; Dogger-Tone, Sandstein, Eisenoolith; Malm-Kalk, Mergel, Sandstein; Vorphasen d. Alpenfaltung N-Deutschland Kimmerische Bruchfaltung
	Trias 225 Mio. J.	Keuper	German. Becken Flachmeer: Mergel, Gips, Delta-Sandst.; Unterer Keuper Ton- u. Sandsteine. Kohlen: Tethys: (Riff-) Kalke; Dolomite; örtl. Paläoböden
		Muschelkalk	German. Becken Flachmeer-Ausbreitung: Platten-Kalk, Trochitenkalk, Wellenkalk, Mergel (z. T. salzhaltig oder dolomitisch)
		Buntsandstein	Schuttfüllg. des sinkenden German. Beckens: Sandstein-Schluffstein-Wechsel. z. T. Konglomerate; im Röt Tonstein mit Salzlager: örtl. Paläoböden
Paläozoikum	Perm 285 Mio. J.	Zechstein Rotliegendes	Senkg. German. Becken: Kupferschiefer, Kalk, Gips, Salz im Zechstein, Rotliegendes: Füllung sinkender Tröge: Konglomerate, Sandstein, z. T. Ton, Kohle; Vulkanismus: Porphyre; Tethys-Perm: Kalk, Salz
	Karbon 350 Mio. J.	Oberkarbon Unterkarbon	Variszische Gebirgsbildg. Sedimentation in Randsenken: Grauwacke, Sandstein, Tonschiefer, Kohle mit fossilen Wurzelböden, Kalk; Granit, Diabas
	Devon 405 Mio. J.	Ober- Mittel-Devon Unter-	Meer mit Inseln südl. des Old-Red-Kontinentes (variszische Geosynklone); Tonschiefer, Sandstein, Quarzit, Grauwacke, Kalk; Vulkanite: Diabas; örtl. Paläoböden
	Silur 500 Mio. J.	Gotlandium Ordovizium	Kaledonische Gebirgsbildg. in N-Europa: Old-Red-Kontinent; in M-Europa: Meer (Variszische Geosynklone); Ton- u. Kieselschiefer, Kalke
	Kambrium 570 Mio. J.	Ober- Mittel-Kam. Unter-	Seitenmeer d. N-europäischen Kaledonischen Geosynklone: Grauwacke, Sandstein, Tonschiefer; Kalkstein; Oberes Kambrium Diabas
Präkambrium	Eozoikum = Algonkium 2500 Mio. Jahre		In N-Europa mehrfach Gebirgsbildungen: Metamorpher Quarzit, Kalk, Schiefer; Granit bis Gabbro; Allg. Bildung großer Kontinentaltafeln
	Archaikum, 3500 Mio. Jahre		In N-Europa mehrfach Gebirgsbildungen: Metamorpher Quarzit, Kalk, Schiefer; Granit bis Gabbro; Allg. Bildung großer Kontinentaltafeln

# Einführung in die Geologie



**Schnitt durch die Trias des Fränkischen Stufenlandes  
vom Spessart zum Fränkischen Jura (Nach F. H. Knöller und R. Franz)**

# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs: Es war einmal vor langer Zeit.....

Zeit: vor 251- 208 Mio. Jahren v.h.

- Kontinentaldrift
- Tiere und Pflanzen auf der ganzen Erde verbreitet
- Erdgeschichtliche Periode

## des **TRIAS**

Ablagerung der Gesteinschichten im „germanischen Becken“:

- **Buntsandstein**
- **Muschelkalk**
- **Keuper**

Diese prägen heute noch

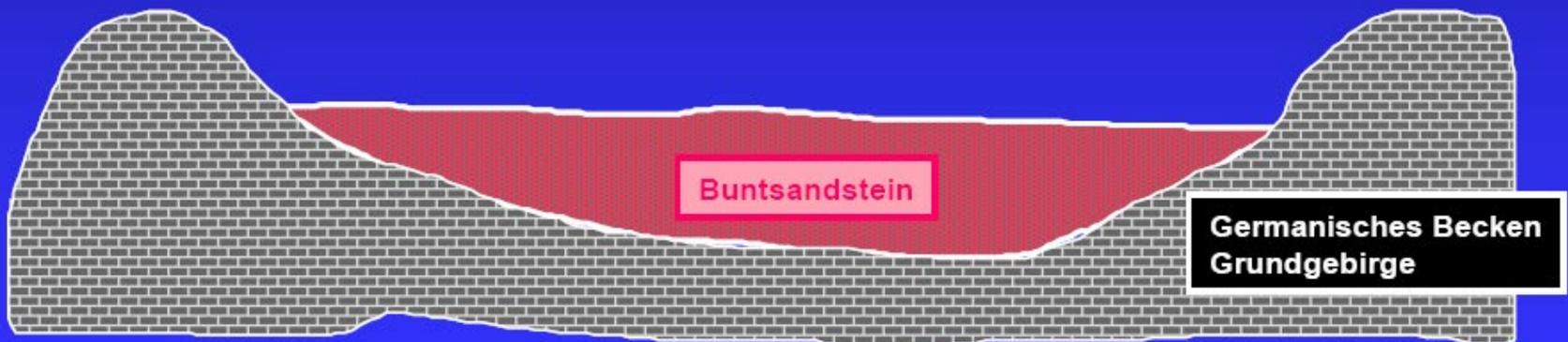
- **die Landschaft,**
- **die Böden**
- **und den Wein**



# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs: Der Buntsandstein

.....vor 240 Mio. Jahren

Das Klima ist heiß, trocken und wüstenähnlich  
Von den umliegenden Gebirgen wird durch  
große Flüsse sandiges Material in das  
„Germanische Becken“ abgelagert. Durch  
Oxidation werden die Sandkörner mit einer  
rötlichen „Eisenhaut“ überzogen – der  
**Buntsandstein** war entstanden.....



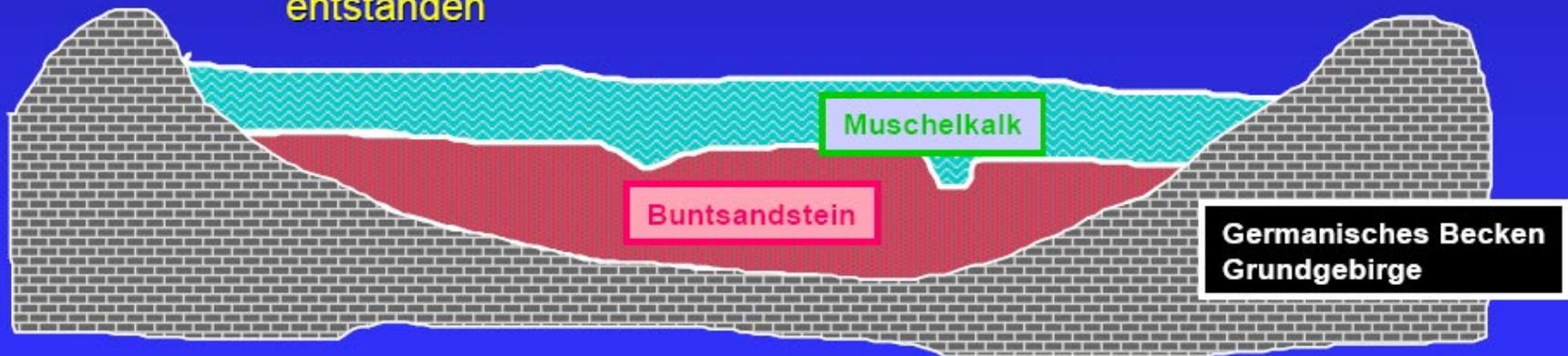
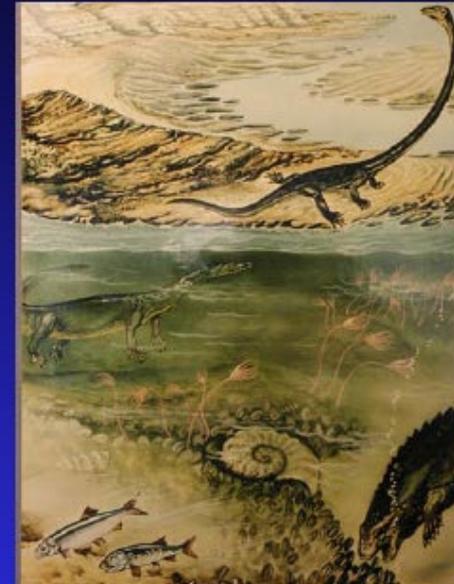
# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs: Der Muschelkalk

.....ca. 10 Mio. Jahren später

Das Klima änderte sich, das Becken öffnete sich und wurde vom Meer, dessen Reste das heutige Mittelmeer bilden, überflutet.

Das Klima war warm, mediterran geprägt. Land und Meer waren sehr fruchtbar. Immer wieder zog sich das Meer zurück und das Becken trocknete aus. Große Mengen Muscheln und andere Meerestiere starben ab und wurden an Riffen zusammengespült, bildeten riesige Ablagerungen.

Über dem Buntsandstein war der **Muschelkalk** entstanden



# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs: Der Keuper

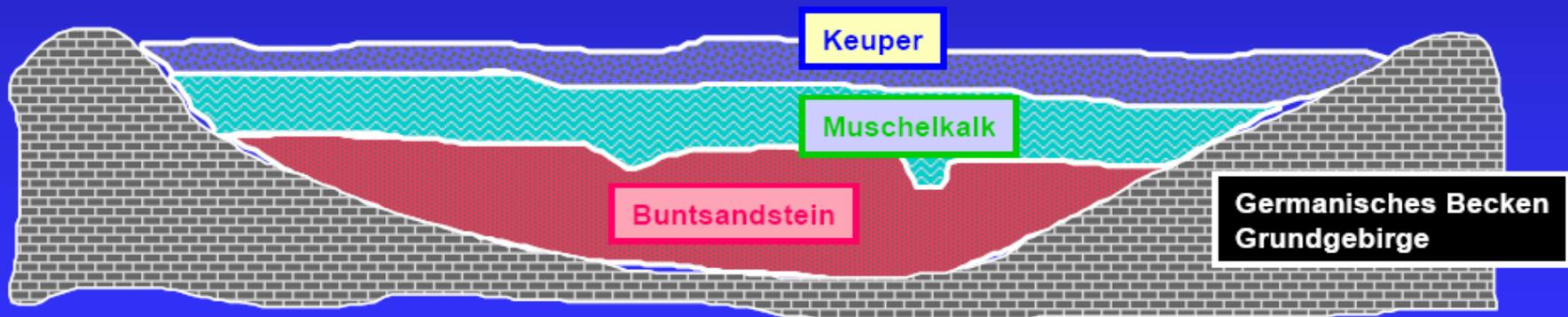
..... Wieder ca. 10 Mio. Jahren später setzte eine erneute Klimaveränderung ein.

Es wurde tropisch feucht, dann trocken, dann wieder feucht.

Das Becken war mittlerweile voller geworden und damit auch flacher, es gab Inseln und nicht alles wurde vom Meer überflutet.

Wenn wir uns eine Deltalandschaft vorstellen, kommen wir der damaligen Situation sehr nahe.

An Land wuchs eine üppige Vegetation aus Farnen und riesigen Schachtelhalmbäumen heran. Diese Wälder wurden bei Überflutungen zerstört, die Rückstände lagerten sich ab. Mit Ihnen kleine Muscheln und Krebse. Die fast unzähligen und verschiedenartigsten Ablagerungsschichten dieser wechselhaften Periode bilden heute den **Keuper**

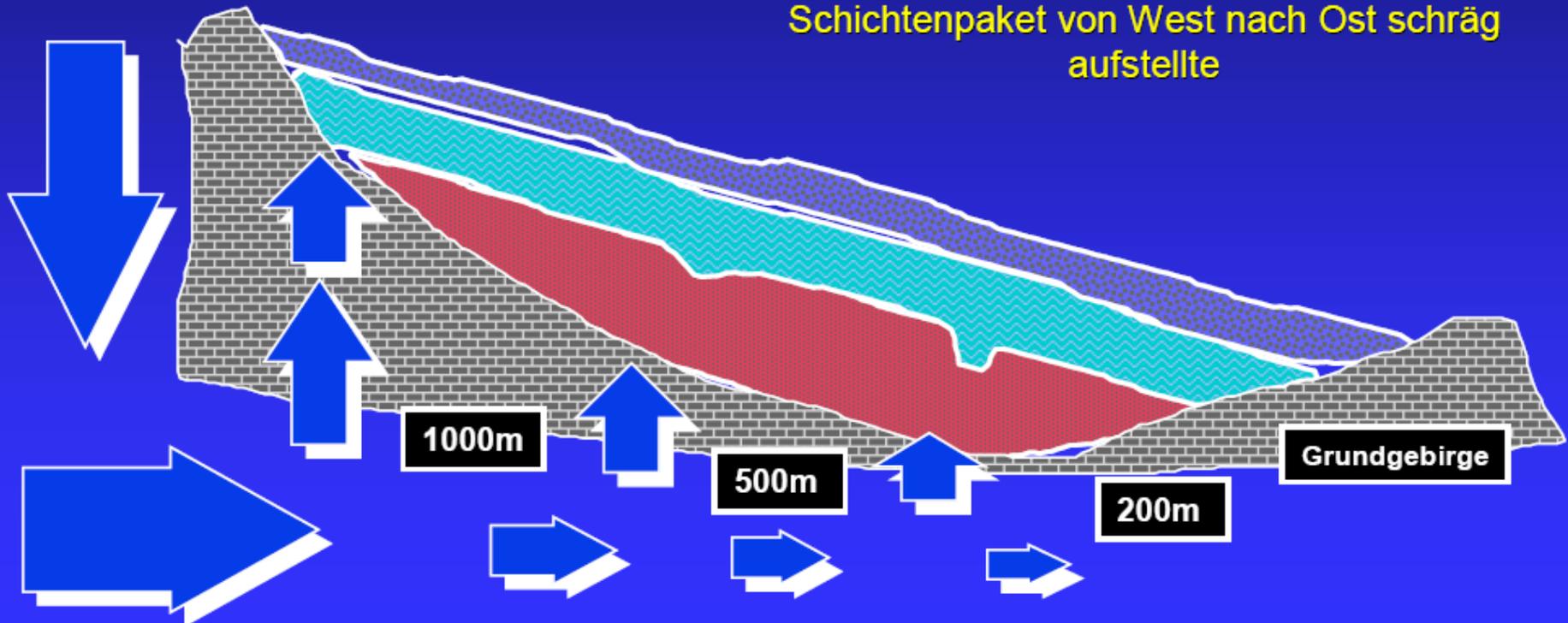


# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs: Wie die Landschaft in Form gebracht wurde

.....Die drei Schichten Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper - **Die TRIAS** – lagen sehr lange übereinander.

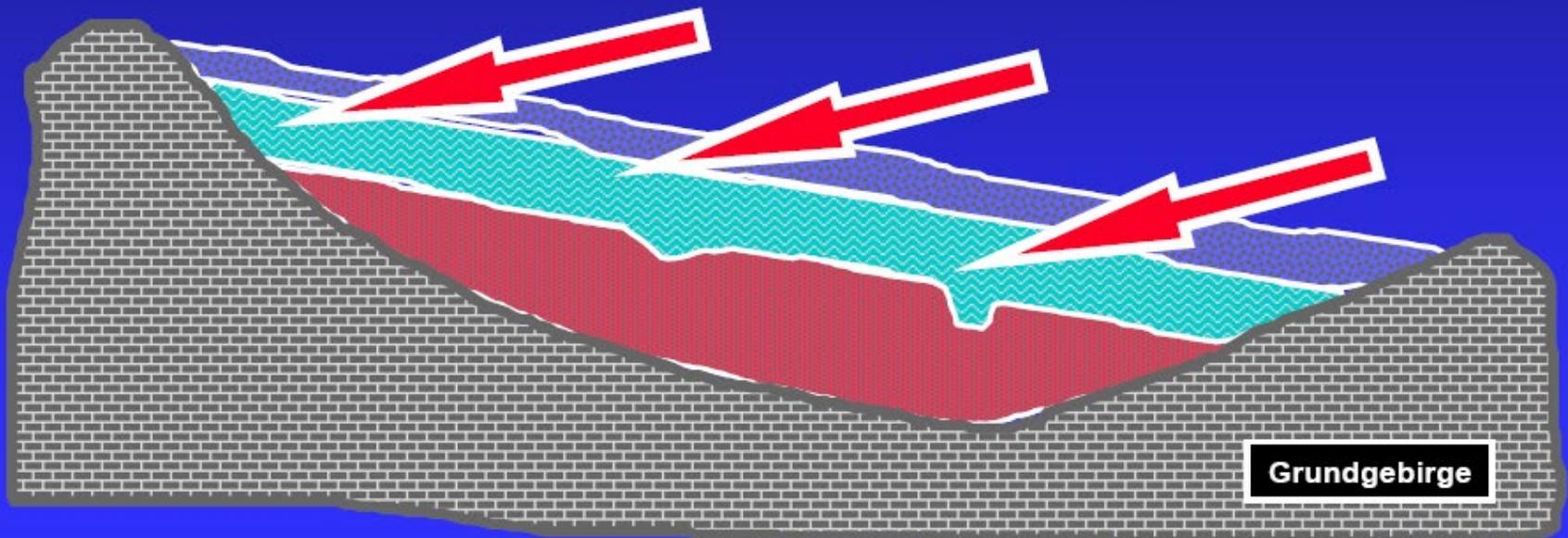
Erst vor 30 Mio. Jahren, als der Oberrheingraben mit der Auffaltung der Alpen einbrach, wurde ein enormer Druck auf die Schichten der TRIAS ausgeübt, der das Schichtenpaket von West nach Ost schräg aufstellte

Einbruch des Rheingrabens



# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs Wie die Landschaft in Form gebracht wurde

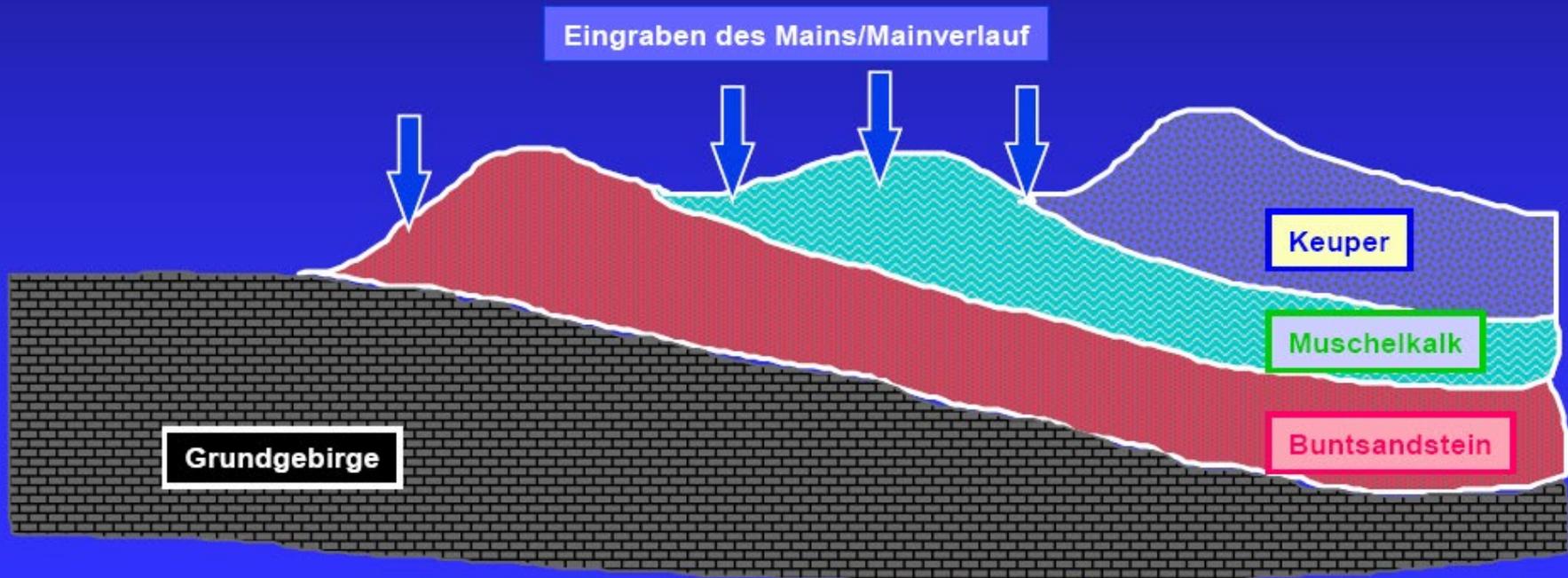
.....Die gewaltigen Kräfte der Erosion trugen dazu bei, dass die Gesteinsschichten unterschiedlich stark oder sogar vollständig abgetragen wurden. Es entstanden Verebnungsflächen (Gäuflächen), oder durch die unterschiedliche Härte des Gesteins die Steilanstiege des Steigerwalds „Die Steigen“



# Die Geschichte des Fränkischen Terroirs Wie die Landschaft in Form gebracht wurde

.....Erst vor ca. 2,4 Mio. Jahren – der Mensch lernte gerade laufen – grub sich der Main in das Schichtenpaket ein.

Er modulierte durch seine Kraft und das mitgeführte Gesteinsmaterial die heutige, so charakteristische Tallandschaft heraus. Zwischen 80 und 100 m hat sich der Main bis heute eingegraben und schuf die, für den Wein und dessen Qualität so entscheidenden **Prallhänge**. Sie tragen heute berühmte Lagennamen: „ Würzburger Stein, Escherndorfer Lump etc.....

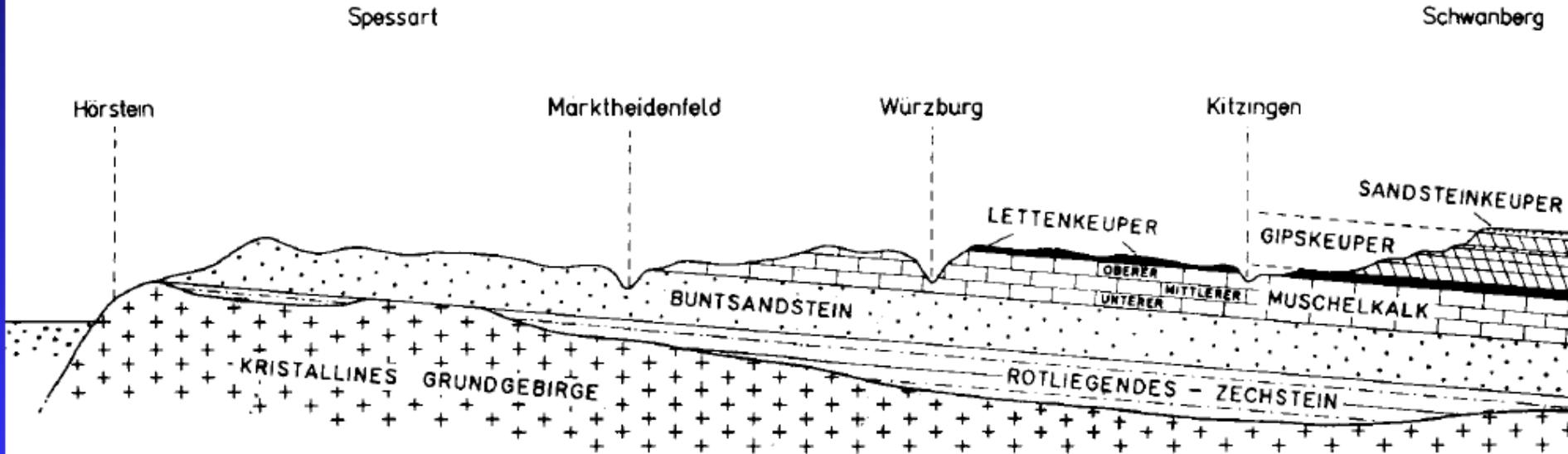


# Die TRIAS: Das Geologische Profil Frankens

## Die „fränkische Schichtstufenlandschaft“ heute

Westen

Osten



# Die geologische Karte Bayerns 1:500000



# **Boden-Bildung und Boden-Entwicklung**

## **Faktoren der Bodenbildung**

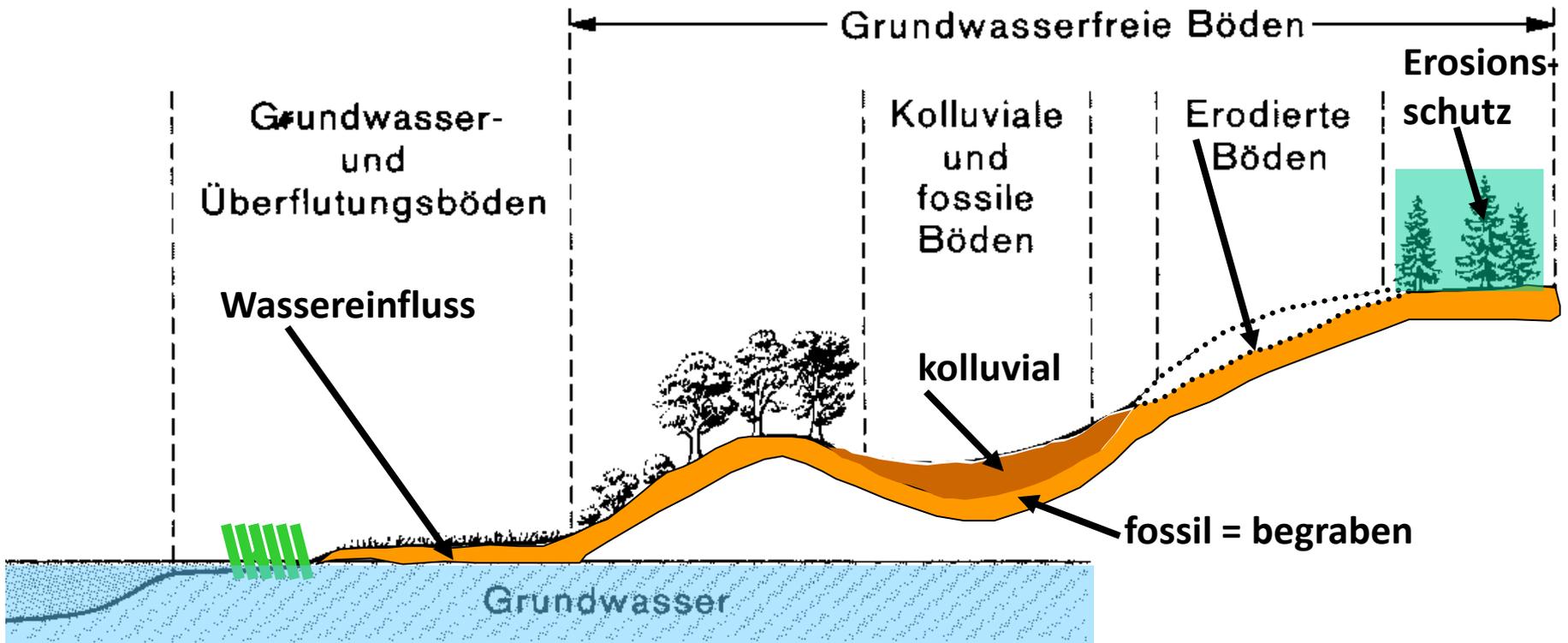
- a) Gestein/Geologie**
- b) Klima
- c) Relief
- d) Stau- und Grundwasser
- e) Organismen (Flora/Fauna)
- f) Mensch
- g) Zeit

# Relief = Landform

...bewirkt: • **Boden-Abtrag = Erosion**

• **Boden-Auftrag**

• **Grundwasser-Einfluss**

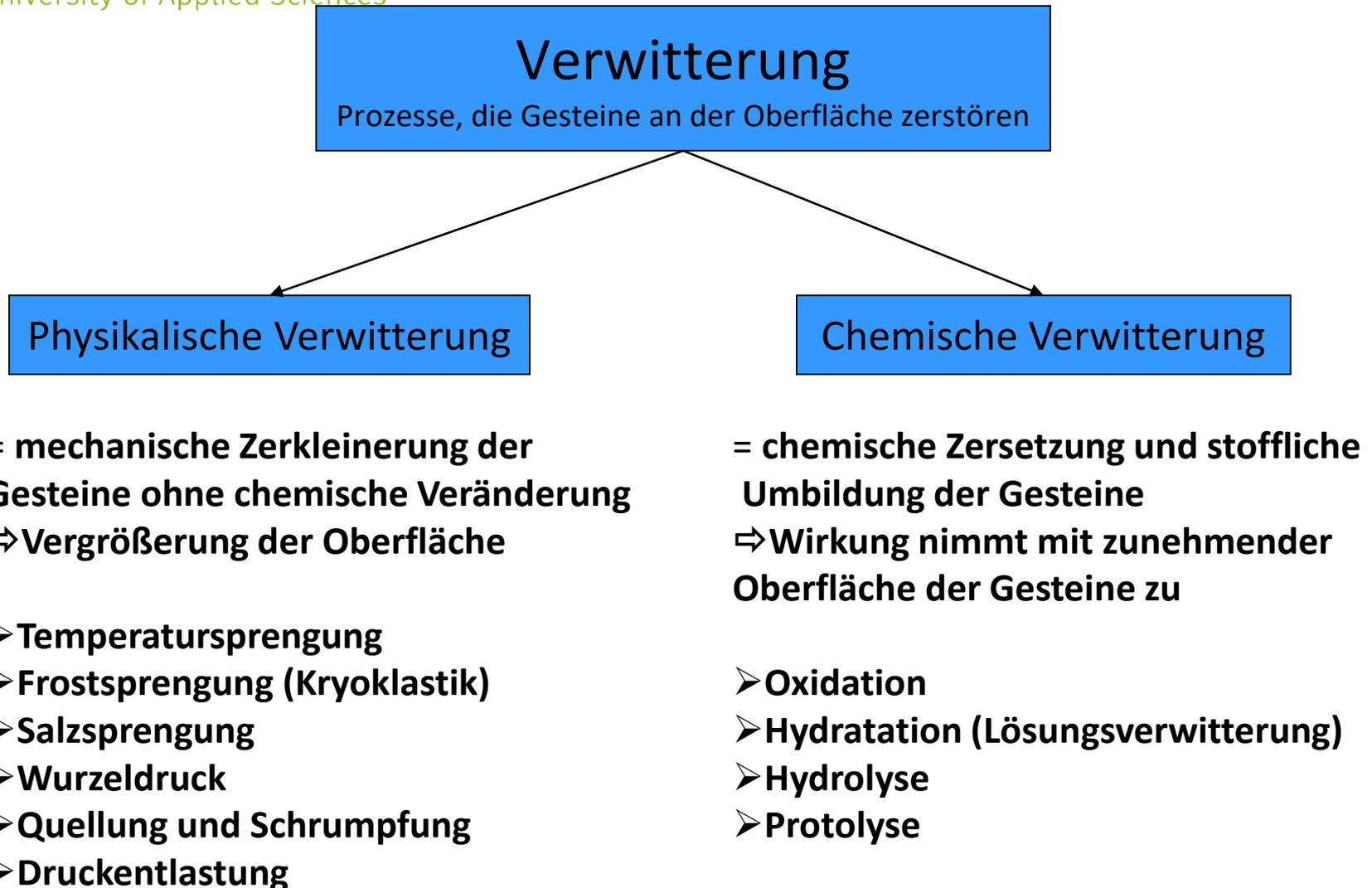


# Weitere Faktoren der Bodenentwicklung

- **Stau- u. Grundwasser:**  
Wasser verdrängt Luft ( $O_2$ ), Oxidations- u. Reduktionsprozesse, Humusakkumulation
- **Organismen:**
  - **Pflanzen:** Erosionsschutz, Nährhumus,  $CO_2$  -Bildung,
  - **Bodenfauna, Bodenflora:** Durchmischung u. Durchlüftung, Humusbildung;  $CO_2$  -Bildung,
- **Mensch:**
  - natürliche Vegetation (Wald) → Acker, Bodenbearbeitung, Düngung
- **Zeit**

# Bodenbildende **Prozesse**

- Verwitterung, Entkalkung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Turbationen
- Boden-Umlagerungen
- Gefügeentwicklung



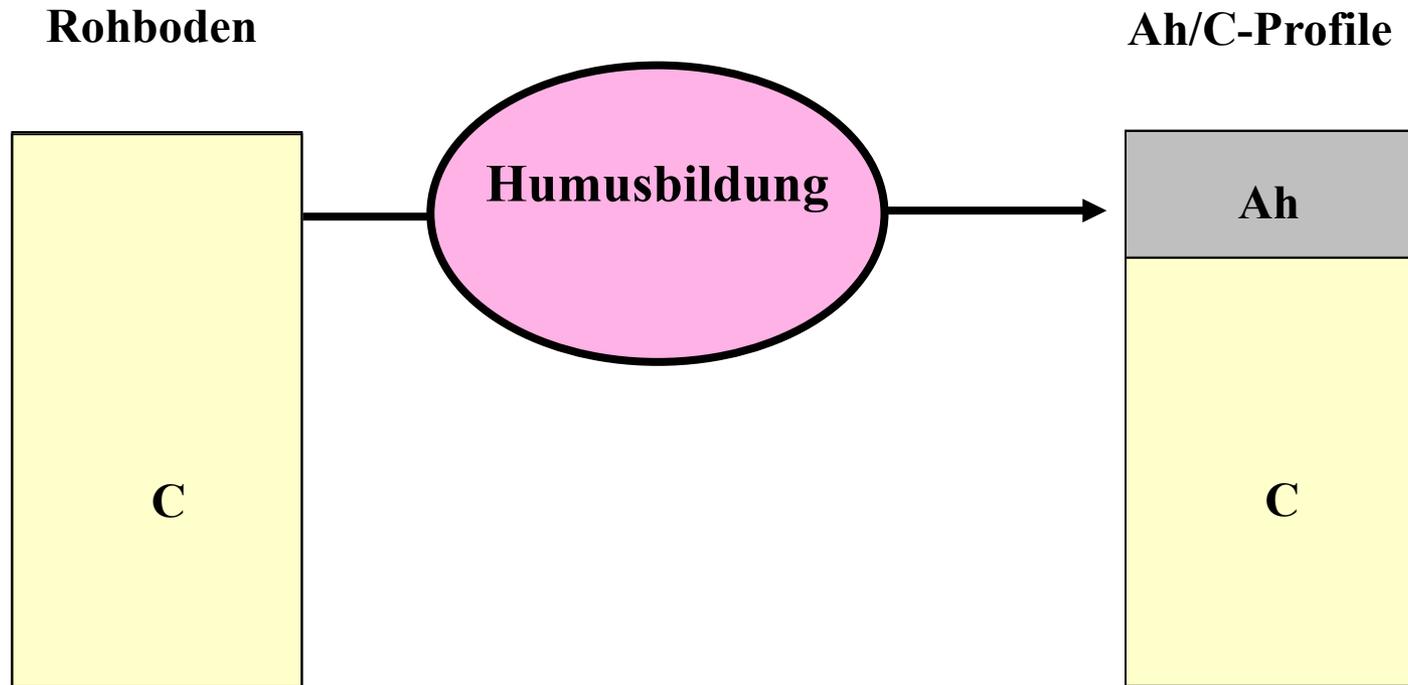
# Bodenbildende Prozesse

- Verwitterung, Entkalkung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Turbationen
- Boden-Umlagerungen
- Gefügeentwicklung

# Humusbildung

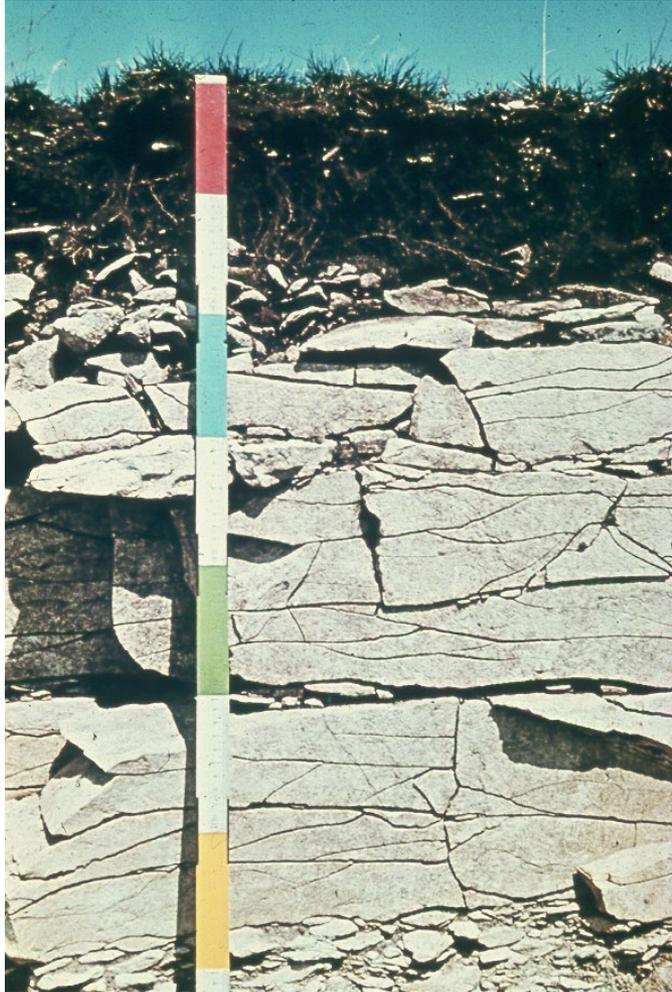
- Akkumulation abgestorbener pflanzlicher und tierischer organischer Substanz
- Umsetzung von Streustoffen (Nährhumus) in Huminstoffe (Dauerhumus)
- Streustoffe und Huminstoffe bilden zusammen den „Humuskörper“
- Humuskörper lässt sich morphologisch in Humushorizonte gliedern
- Gesamtheit der Humushorizonte: Humusform (Rohhumus, Moder, Mull)

# Humusbildung



**Beispiele für Ah/C-Böden: Ranker, Rendzina, Pararendzina, Regosol  
(abhängig vorwiegend vom Kalkgehalt des Ausgangsgesteins)**

## Rendzina aus Kalkstein

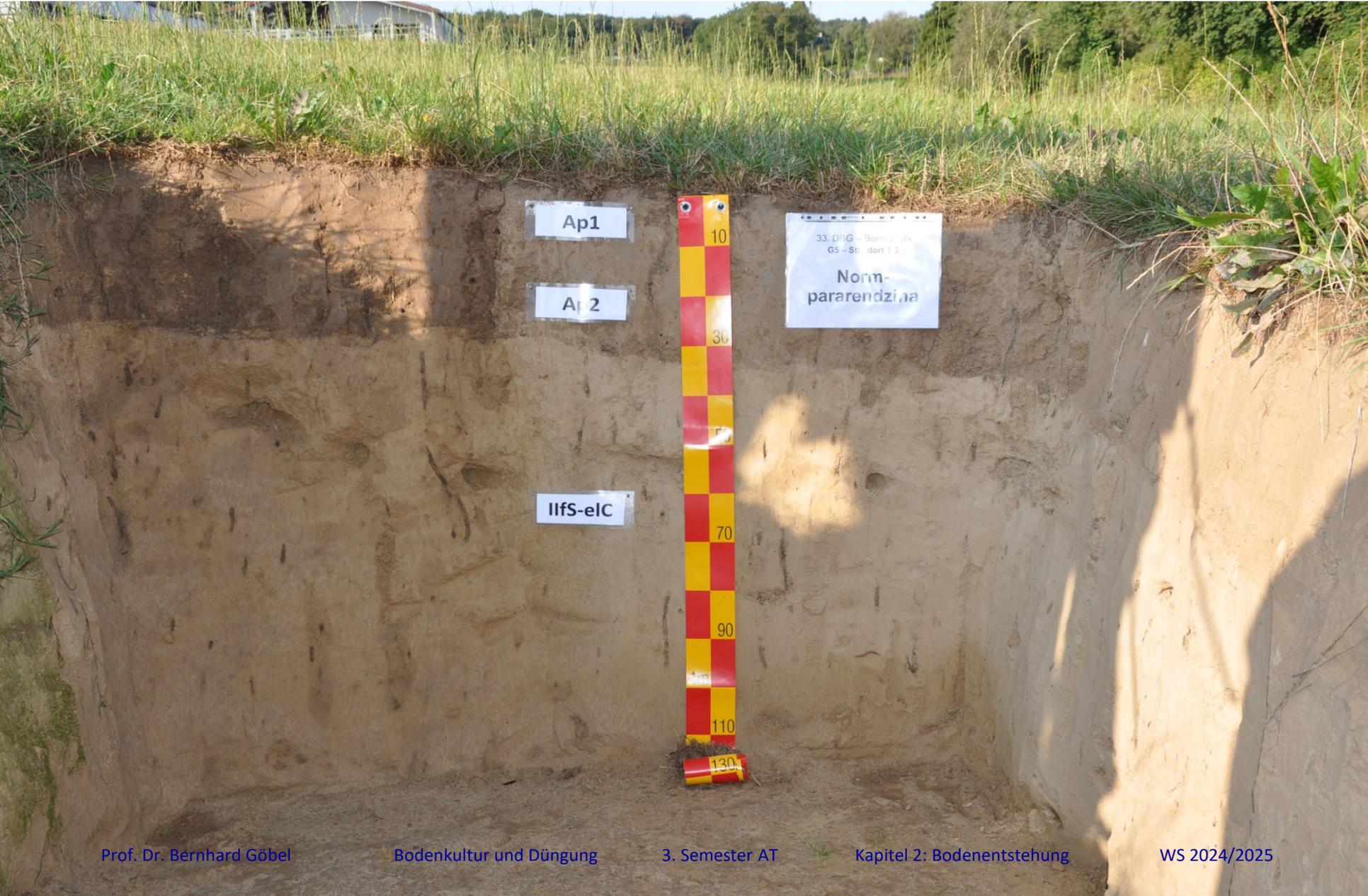


## Pararendzina aus Löß



# A/C-Profil

# Pararendzina aus Löß

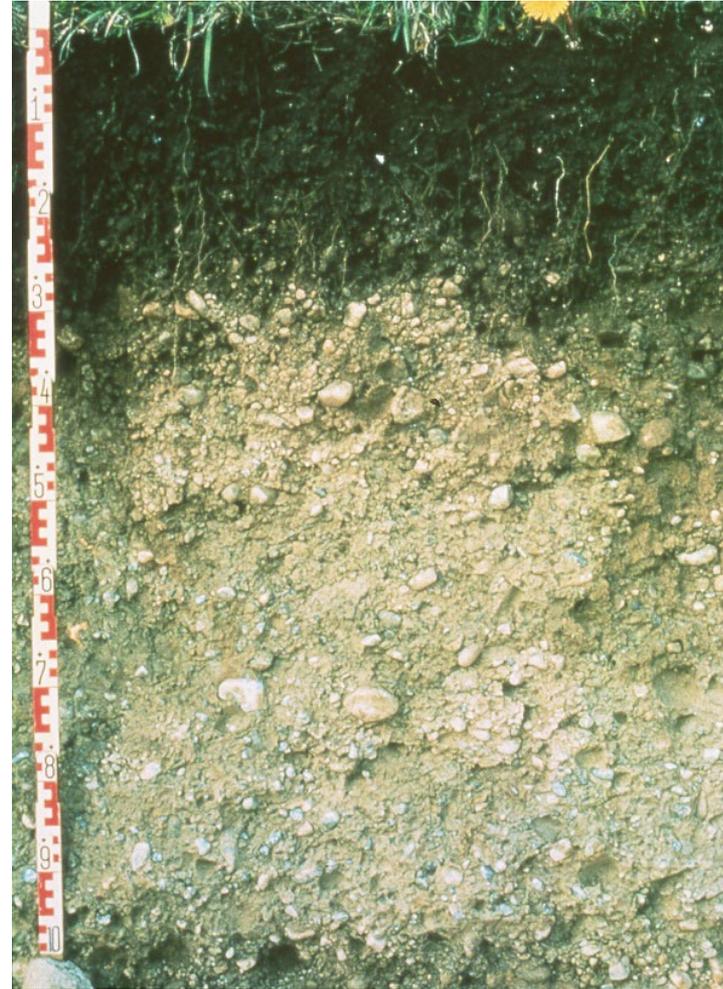


# A/C-Profile

## Pararendzina aus Löß



## Pararendzina aus Geschiebelehm



# Bodenbildende Prozesse

- Verwitterung, Entkalkung
- Entbasung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Turbationen
- Boden-Umlagerungen
- Gefügeentwicklung

# Verbraunung/Verlehmung

## Verbraunung

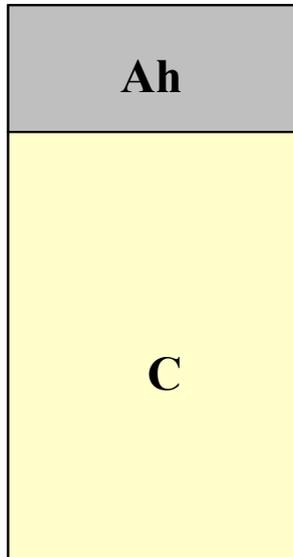
- Bildung rot-brauner Eisenoxide (v.a. Goethit) durch Oxidation eisenhaltiger Minerale (Fe II) durch Verwitterung eisenhaltiger Minerale (Biotit, Olivin, Amphibole)
- Verbraunung kommt erst nach Entkalkung in Gang
- Verbraunung ist **der** profilprägende Prozess der gemäßigten Breiten (⇒ „Braunerde“)

## Verlehmung

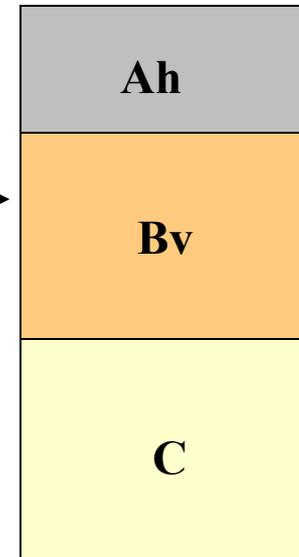
- Bildung von Ton (Tonmineralen)
- eng an die Verbraunung geknüpft
- beide Prozesse sind mit einer Auswaschung von Verwitterungsprodukten (z.B. K) verbunden

# Verbraunung

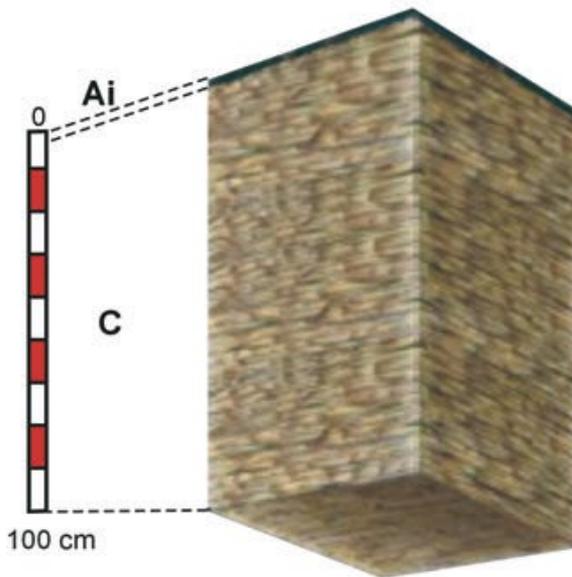
**Ah/C-Profil**



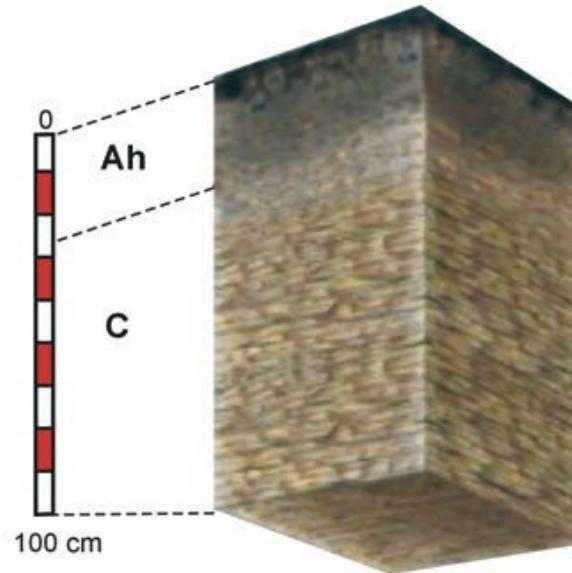
**Braunerde (BB)**



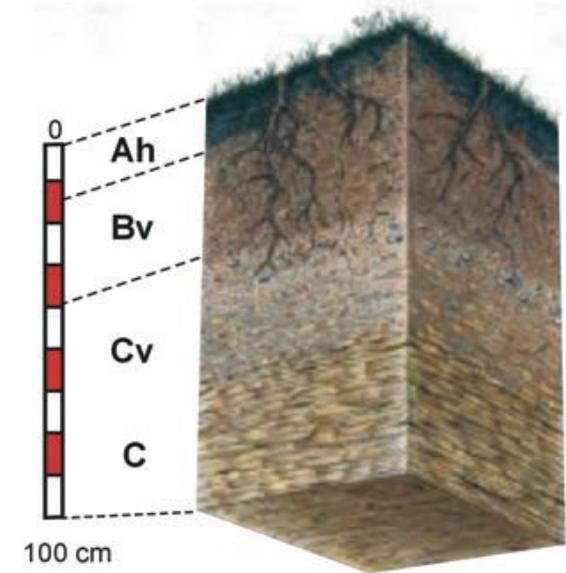
# Zeitliche Dimension der Bodenentwicklung am Beispiel der Braunerde



**nach 100 Jahren**



**nach 500 Jahren**



**nach 8000 Jahren**

# Braunerde aus Terrassenschottern



# Die Braunerde (BB)

---

<b>Bodentyp</b>	<b>Profil</b>	<b>Charakterisierung</b>
<b>Braunerde</b>	Ah/ <b>Bv</b> /C	Bv-Horizont durch Verwitterung verbraunt und verlehmt, <u>gleichmäßig</u> braun durch fein verteilte Eisenoxide Reaktionsbereich im Bv-Horizont von neutral bis sauer,

---

**B Mineralischer Unterbodenhorizont,**  
Veränderung der Farbe und des Stoffbestandes im Vergleich zum Ausgangsgestein durch  
Verwitterung, Verlehmung (Verwitterungs-Horizont)  
und/oder  
Stoffanreicherung (Illuvial-Horizont);  
frei von lithogenem Carbonat im Feinboden

---

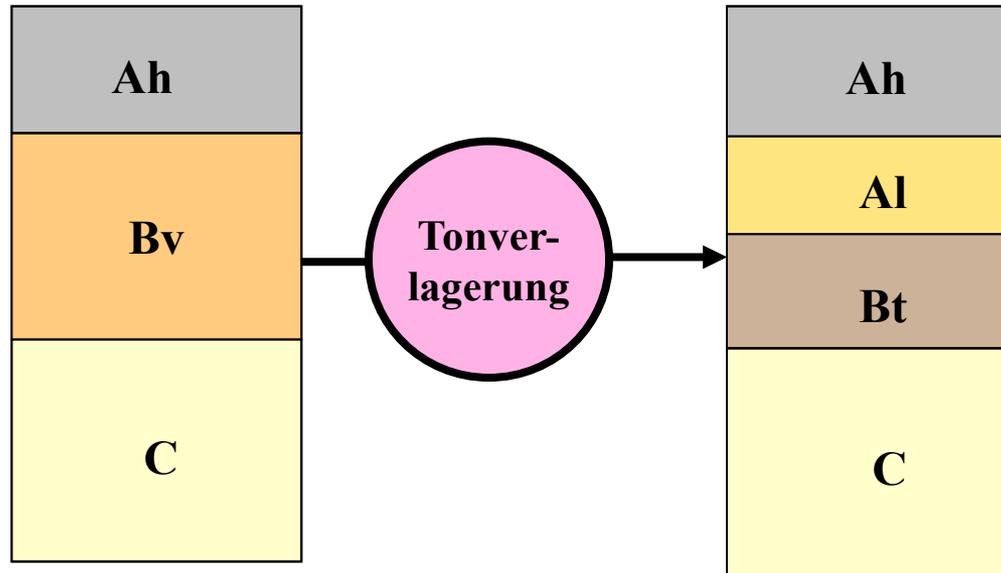
# Bodenbildende Prozesse

- Verwitterung, Entkalkung
- Entbasung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- **Tonverlagerung**
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Turbationen
- Boden-Umlagerungen
- Gefügeentwicklung

# Tonverlagerung

**Braunerde (BB)**

**Parabraunerde (LL)**



# Bodentyp: Parabraunerde (LL)

Bodentyp	Profil	Entstehung
<b>Para- braunerde</b> (Luvisol)	Ah/Al/Bt/(Bv)/C	unter Wald im gemäßigt warmen, humiden Klima auf Lockersedimenten (Löß, Geschiebemergel, eiszeitliche Schotter, lehmige Fließerden, fluviatile Ablagerungen) aus Pararendzina, Braunerde durch Tonverlagerung aus dem A <sub>h</sub> -Horizont und A <sub>l</sub> -Horizont in den B <sub>t</sub> -Horizont
Horizont	Beschreibung	
<b>A<sub>l</sub></b>	(l = lessiver = <b>ausgewaschen</b> ) lessivierter A-Horizont, an <b>Ton verarmt</b> (Tonverlagerung), über einem tonangereicherten Horizont liegend, aufgehellt gegenüber Ah- und Bt-Horizont, typisch für Bodentyp: <b>Parabraunerde</b>	
<b>B<sub>t</sub></b>	(t = Ton) mit <b>Tonsubstanz angereichert</b> , zusammen mit A <sub>l</sub> typisch für Bodentyp: <b>Parabraunerde</b>	
<b>B<sub>tv</sub></b>	Bv-Horizont, morphologisch erkennbar mit Ton angereichert, Tongehaltsdifferenz zum Al kleiner als zwischen Al und Bt bei gleichem Substrat	

## Parabraunerde aus Löß



# Bodenbildende Prozesse

- Verwitterung, Entkalkung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- **Podsolierung**
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Gefügeentwicklung

# Podsolierung

- ...abwärts gerichtete Umlagerung **gelöster organischer Stoffe** oft zusammen mit **Aluminium** und **Eisen**.
  - ✍ gelöste organische Stoffe wirken als **Komplexbildner**.  
Aluminium und Eisen werden als metallorganische Komplexe verlagert.
  - ✍ verlagert werden niedermolekulare Verbindungen (Polyphenole, Polysaccharide etc.) und Huminstoffe (z.B. Fulvosäuren)

## Voraussetzungen:

- kühl-feuchtes Klima
- saure Bodenverhältnisse
- saure, nährstoffarme Streu (v.a. Heidevegetation)

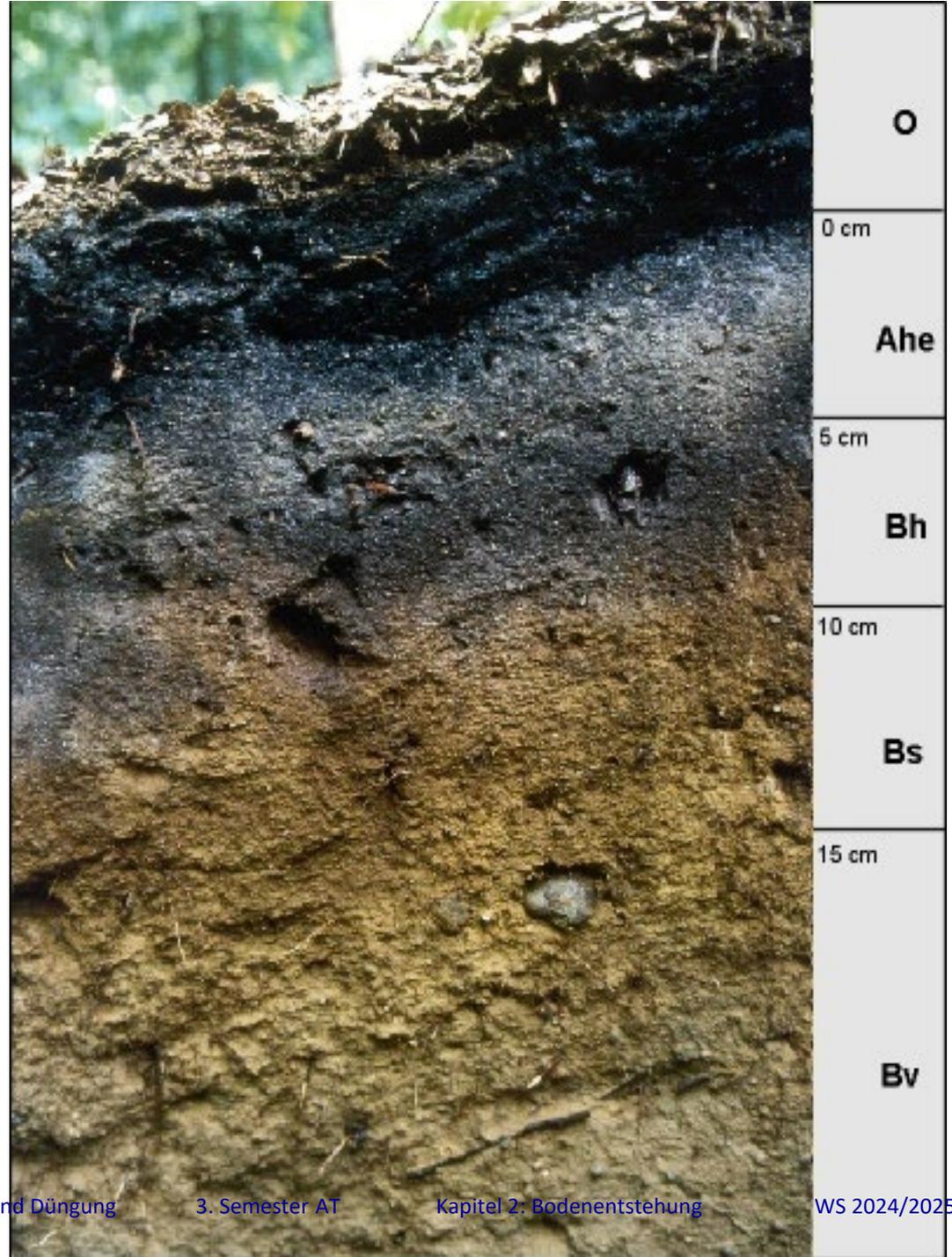
# Podsolierung

- Verarmung des Oberbodens an Al, Fe, Mn
- „Sauerbleichung“ (Ae-Horizont entsteht)

Ursachen für Ausfällung im Unterboden:

- Ausflockung durch Zunahme der Konzentration in der Lösung
- Polymerisation niedermolekularer org. Stoffe durch zunehmendes pH
- Entstehung dunkler bis roter Illuvialhorizonte (Bh, Bsh, Bhs)
  - **Illuvialhorizont** (engl. illuvial horizon): Bodenhorizont, in welchem die aus den oberen Horizonten ausgewaschenen Stoffe ganz oder teilweise wieder abgesetzt worden sind
- Entstehung von „Orterde“ bzw. „Ortstein“
  - mehr oder weniger verfestigter Illuvialhorizont des typischen Podsols

# Podsol



# Der Podsol (PP)

Bodentyp	Profil	Entstehung
<b>Podsol</b> (Podzol)	Ahe/Ae/B(s)h/B(h)s/C	russ. <b>Podsol</b> =Asche-Boden im kühlen und gemäßigt warmen, humiden Klima, meistens aus <b>calcium- u. silikatarmen</b> , aber <b>quarzreichen</b> Gesteinen durch <b>Verlagerung von Fe und Al mit organischen Stoffen</b> im Profil
Horizonte	Beschreibung	
Ahe	horizontal ungleichmäßig humos, mäßig podsolig bis podsoliert, violettstichig, durch Humuseinwaschung beeinflusst, mit diffus-wolkigen Bleichflecken, deren Farbe dem Ae entspricht	
<b>Ae</b>	( e = <b>eluvial</b> = franz. ausgewaschen) verarmter, sauergebleichter, aschfarbener Horizont	
B(s)h	<b>Bh</b> = B-Horizont, durch Einwaschung mit Humusstoffen angereichert (Illuvialhorizont), bei dem die organische Substanz gegenüber dem Ae zunimmt; morphologisch keine Fe- anreicherung erkennbar. <b>Bsh</b> : (s = Sesquioxide, Fe- u. Al-Oxidhydrate) morphologisch erkennbare Sesqui-Oxid-anreicherung	
B(h)s	<b>Bs</b> = B-Horizont, mit Sesquioxiden durch Umlagerung angereichert (Illuvialhorizont), keine Humusanreicherung erkennbar. <b>Bhs</b> = Bs mit morphologisch erkennbarer Humusanreicherung	

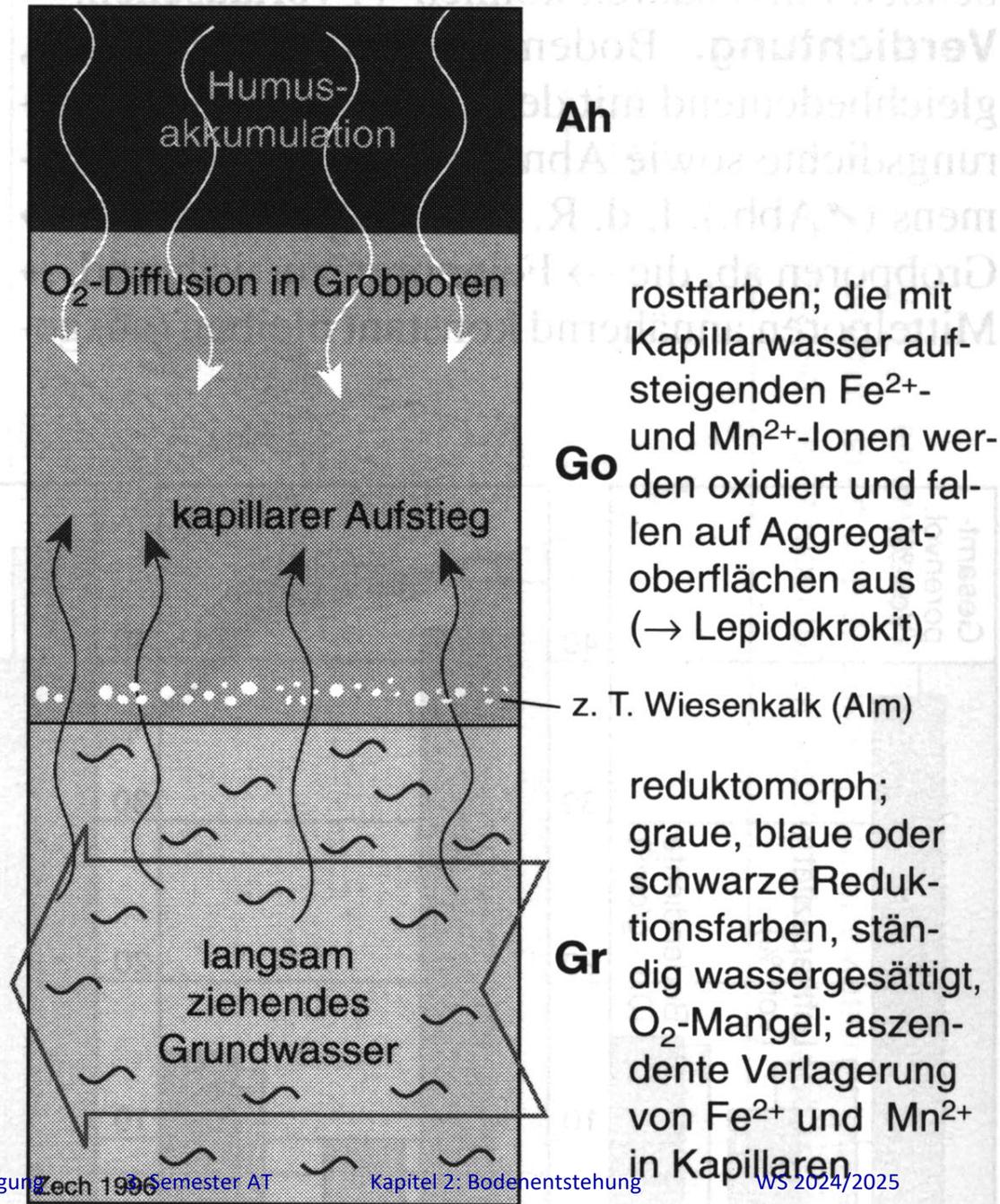
# Bodenbildende Prozesse

- Verwitterung, Entkalkung
- Entbasung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Turbationen
- Boden-Umlagerungen
- Gefügeentwicklung

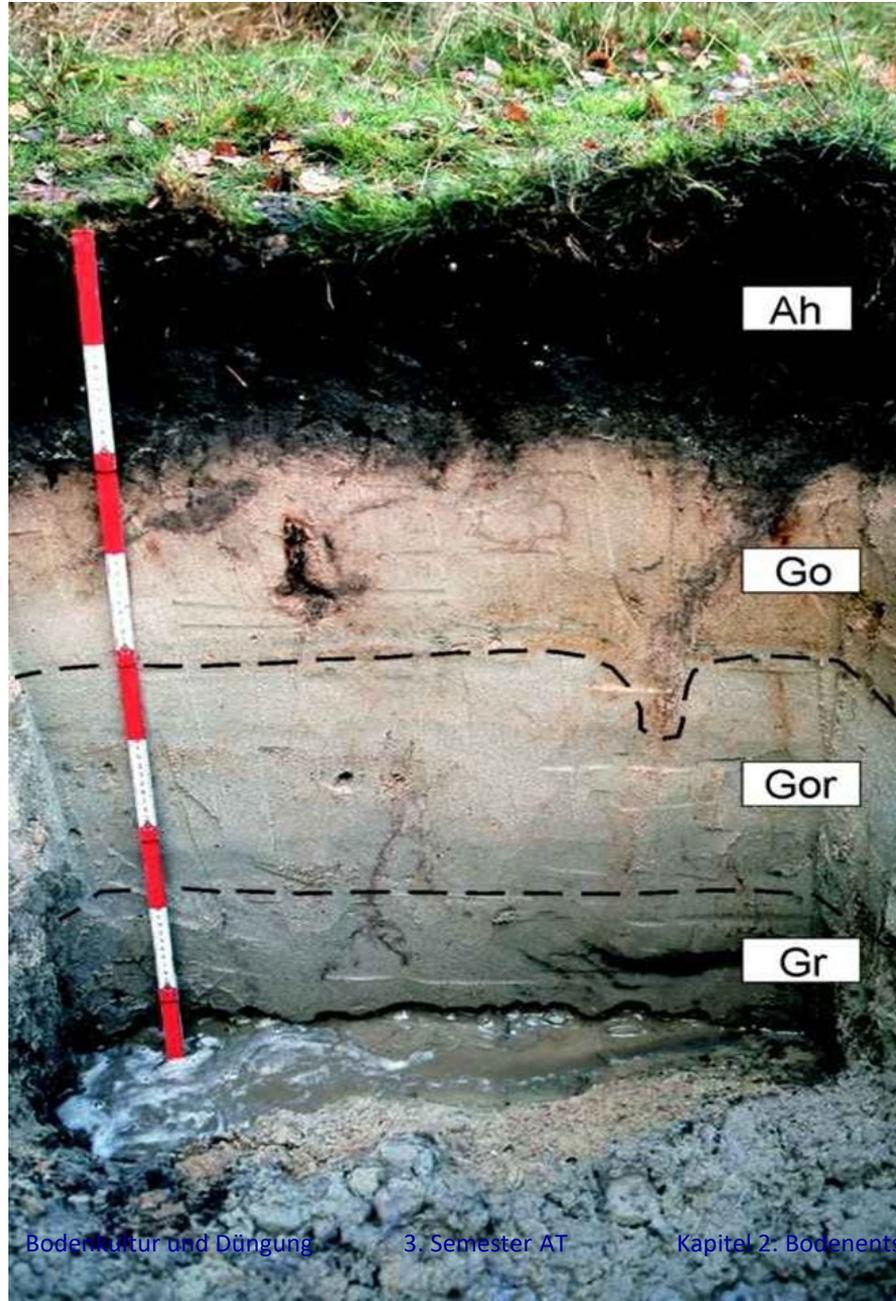
# Die Vergleyung

- Typischer Prozess **grundwasserbeeinflusster Böden**
- Unterboden ist ständig vernässt ( $O_2$ -Armut) und zeigt Reduktionsmerkmale (Bleichung)  $\Rightarrow$  Gr-Horizont
  - ✍ Fe- und Mn- Verbindungen werden reduziert und gelöst und lateral mit dem GW-Strom oder kapillar nach oben verlagert
- Oberboden (über dem Gr) ist zeitweise durchlüftet  $\Rightarrow$  Go-Horizont
  - ✍ reduzierte Fe- und Mn-Verbindungen die kapillar aus dem gesättigten Bereich aufgestiegen sind oxidieren an den Aggregatoberflächen
  - ✍ typische rostfarbene gefleckter Horizont (Go)
  - ✍ bei kalkreichem GW: Ausfällung von „Wiesenkalk“ im Kapillarsaum
  - ✍ bei Fe-reichen Gesteinen und geringen GW-Schwankungen kann sich aus dem Go-Horizont sog. „Raseneisenstein“ ausbilden

# Die Vergleyung



# Gley



# Gley



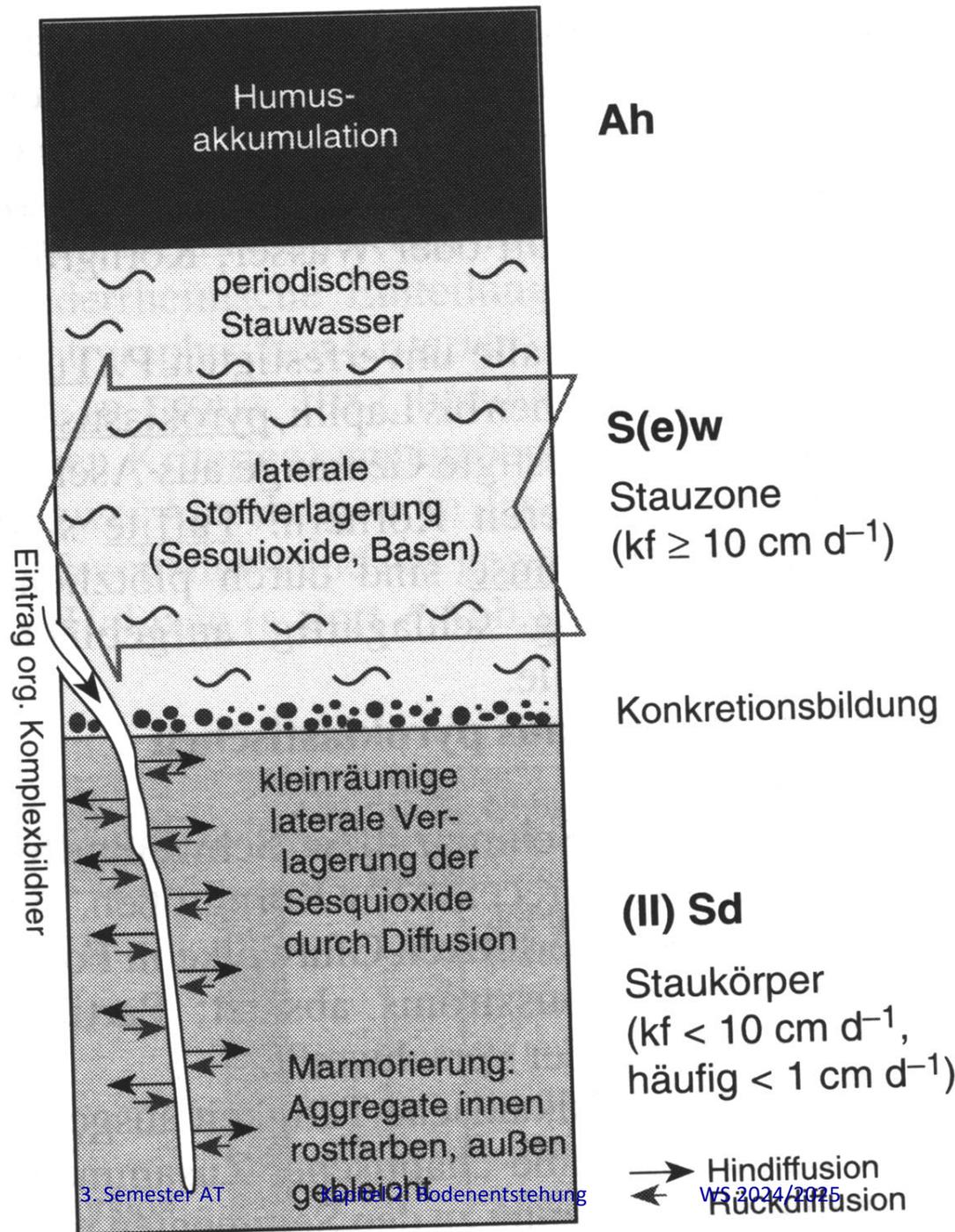
# Der Gley (GG)

<b>Bodentyp</b>	<b>Profil</b>	<b>Entstehung</b>
<b>Gley</b> (Gleysols)	<b>A<sub>h</sub>/G<sub>o</sub>/G<sub>r</sub></b>	<p>Klei (dt) = entwässerter Schlick            unter Einfluß von sauerstoffarmen Grundwasser;            Vernässung durch Grundwassereinfluß bewirkt die Reduktion von höherwertigen Fe- und Mn-Verbindungen zu Fe<sup>++</sup> und Mn<sup>++</sup>.            Bei Sauerstoffzutritt werden höherwertige Fe- und Mn-Verbindungen ausgefällt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ an gut belüfteten Stellen ("große" Hohlräume): konzentrierte rostbraune und schwarzbraune Flecken</li> <li>◆ an schlechter belüfteten Stellen: verteilte rostgelbe u. rostbraune Flecken</li> </ul>
<b>Horizonte</b>	<b>Beschreibung</b>	
<b>G</b>	(g = <b>Gley</b> ) durch <b>Grundwasser</b> beeinflusster Horizont	
<b>Go</b>	(o = <b>Oxidation</b> ) rostfleckiger Oxidationshorizont im Schwankungsbereich des Grundwassers	
<b>Gr</b>	(r = <b>Reduktion</b> ) meist grau gefärbter Reduktionshorizont im Grundwasserbereich	

# Die Pseudovergleyung

- Typischer Prozess **stauwasser**beeinflusster Böden  
(⇒ “Stauwasserböden“)
- Charakteristischer Wechsel zwischen Nass- und Trockenphasen  
(Wechselfeuchte)
- Voraussetzung: stauender Untergrund (⇒ Sd-Horizont)
  - ✍ Staukörper, geringes Porenvolumen, geringe Durchlässigkeit
  - ✍ weist typische Marmorierung auf
- Stauwasserleiter (⇒ Sw-Horizont) zeitweise wassergesättigt
  - ✍ Lösung von Fe- und Mn-Oxiden an den Porenoberflächen durch Reduktion (⇒ Bleichung der Aggregatoberflächen)
  - ✍ bei nachfolgender Austrocknung dringt O<sub>2</sub> in die Aggregate und oxidiert spätestens dann die Fe- und Mn-Ionen (Rostflecken und Konkretionen bilden sich)

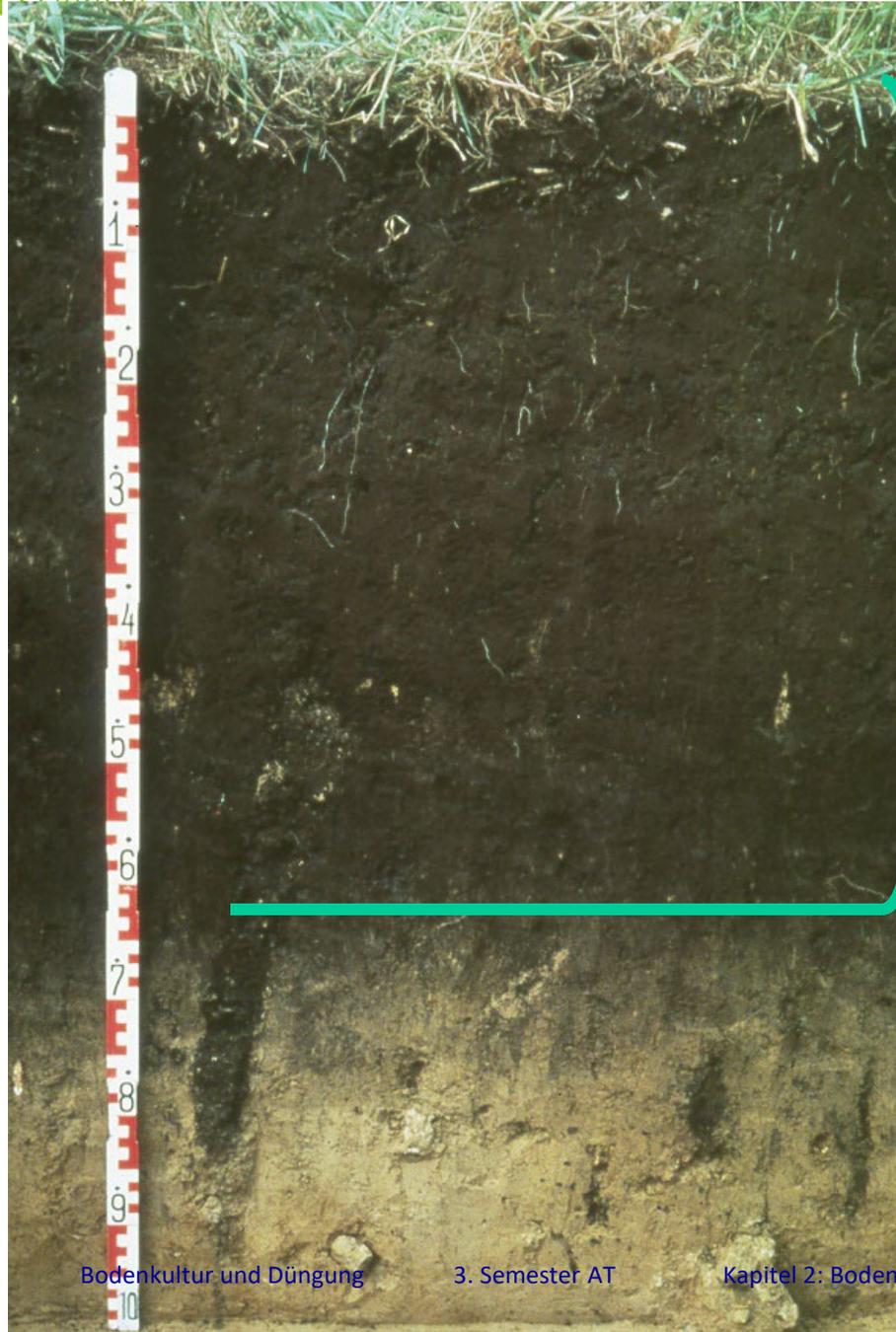
# Die Pseudovergleyung



# Der Pseudogley (SS)

Bodentyp	Profil	Entstehung
<b>Pseudogley</b> (Planosol u. andere Bezeichnungen z.B. Stagnic Luvisol)	<b>A<sub>h</sub>/S<sub>w</sub>/S<sub>d</sub></b>	häufig wiederkehrender Wechsel von Vernässung und Austrocknung (Stauwasser)
Horizonte	Beschreibung	
<b>Sw</b>	( <b>w</b> = wasserleitend), stauwasserleitend, zeitweise stauwasserführend, vorherrschend grauen Farben > <b>80 %</b> <u>Naßbleichungsmerkmale</u> (Flecken sowie schwache Naßbleichung des gesamten Horizontes) <u>und Oxidationsmerkmale</u> (Rostflecken sowie Konkretionen) höhere Wasserdurchlässigkeit (kf meist $\geq 10$ cm/d als darunterliegender Sd- Horizont)	
<b>Sd</b>	( <b>d</b> = dicht) nicht oder nur gering wasserdurchlässiger Horizont (nicht tiefer als 1,3 m unter Flur) unter dem Stauwasserleiter, vorherrschend grau und rostfarben marmoriert in der Regel 50 bis 70% Rost- und Bleichflecken und marmoriert u n d <u>höhere effektive Lagerungsdichte und geringere Wasserdurchlässigkeit</u> (kf < 10, meist < 1 cm/d) <u>als</u> darüber liegender <u>Sw-Horizont</u> u n d zeitweilig oder ständig luftarm und geringe Luftkapazität (< 3 Vol.-%).	

# Schwarzerde (Tschernosem, TT)



**Bioturbation**

**A<sub>xh</sub>**

**A<sub>xh</sub> + IC(c)**

# Die Schwarzerde (TT)

---

<b>Schwarzerde</b> = <b>Tschernosem</b> (Chernozem)	$A_{xh}/A_{xh} + IC(c)/IC(c)$	aus <b>carbonathaltigem</b> , feinbodenreichem <b>Locker- gestein</b> ; unter <b>Steppenbedingungen</b> entstanden. <b>A<sub>xh</sub></b> -Horizont ist Ah-Horizont mit ausgeprägter Bioturbation (z. B. Regenwurmtätigkeit) schwarzgrau, > 4 dm mächtig und <b>A<sub>xh</sub> + IC(c) Verzahnungshorizont</b> ist der charakteristisch Horizont. Er ist durch <b>intensive</b> <b>Wühltätigkeit steppenbewohnender Kleinsäuger</b> entstanden
--	-------------------------------	---

---

Verzahnungshorizonte sind Horizonte, in denen Bereiche von verschiedenen Horizonten zusammen vorkommen, ohne sich zu durchdringen.

# Der Kolluviusol

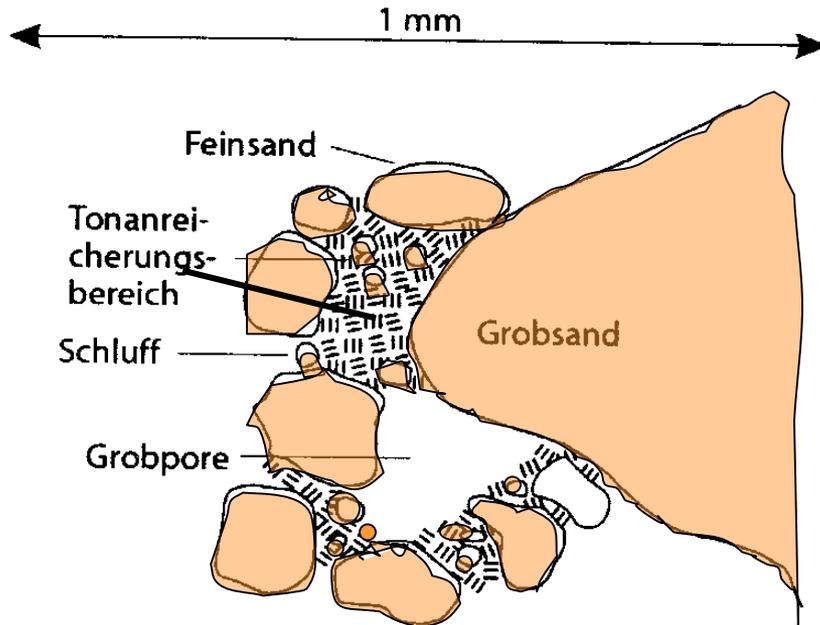
Bodentyp	Profil	Entstehung
<b>Kolluvisol</b> = Kolluvium	<b>A<sub>h</sub>/M/ II...</b>	aus verlagertem mehr oder weniger humosen Bodenmaterial, das durch Wasser von Hängen abgespült und am Hangfuß, in Senken und kleinen Tälern akkumuliert worden ist; tritt häufig auf im Hügelland, das aus Lockergesteinen (z.B. Löss) aufgebaut ist
<hr/> <b>Horizonte Beschreibung</b>		
		<p><b>M</b> (m = migrare = wandern) Mineralbodenhorizont, entstanden aus fortlaufend sedimentiertem holozänem Solummaterial (vor Umlagerung pedogen veränderte, fluviatile, durch Abspülung an Hängen oder durch Bodenbearbeitung oder äolisch transportierte Auftragsmasse) in der Regel mit einem <b>Mindestgehalt an organischer Substanz</b> bei &lt; 17 Masse-% Ton und &lt; 50 Masse-% Schluff: 0,6 Masse-%, bei &lt; 17 Masse-% Ton und &gt; 50 Masse-% Schluff bzw. 17 bis 45 Masse-% Ton: 0,9 Masse-%, bei &gt; 45 Masse-% Ton: 1,2 Masse-% (in der Regel &gt; 1 Masse-% org. Substanz)</p> <p><b>II...</b> Bodenschicht, die nicht oder nur zum Teil das Ausgangsmaterial für den darüber liegenden Boden bildet (geologischer Schichtwechsel)</p>

# Bodenbildende Prozesse

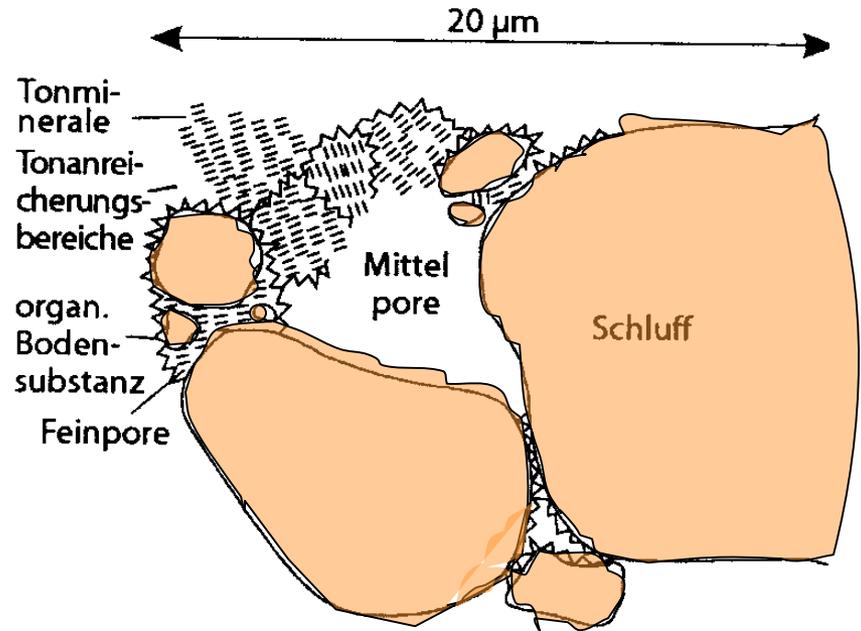
- Verwitterung, Entkalkung
- Entbasung
- Humusbildung
- Verbraunung und Verlehmung
- Tonverlagerung
- Podsolierung
- Vergleyung
- Pseudo-Vergleyung
- Gefügeentwicklung

## Mikro-Gefüge graphische Darstellung Quelle: D. L. Rowell

Bodendünnschliff, Lichtmikroskop  
(ca. 70fache Vergrößerung)

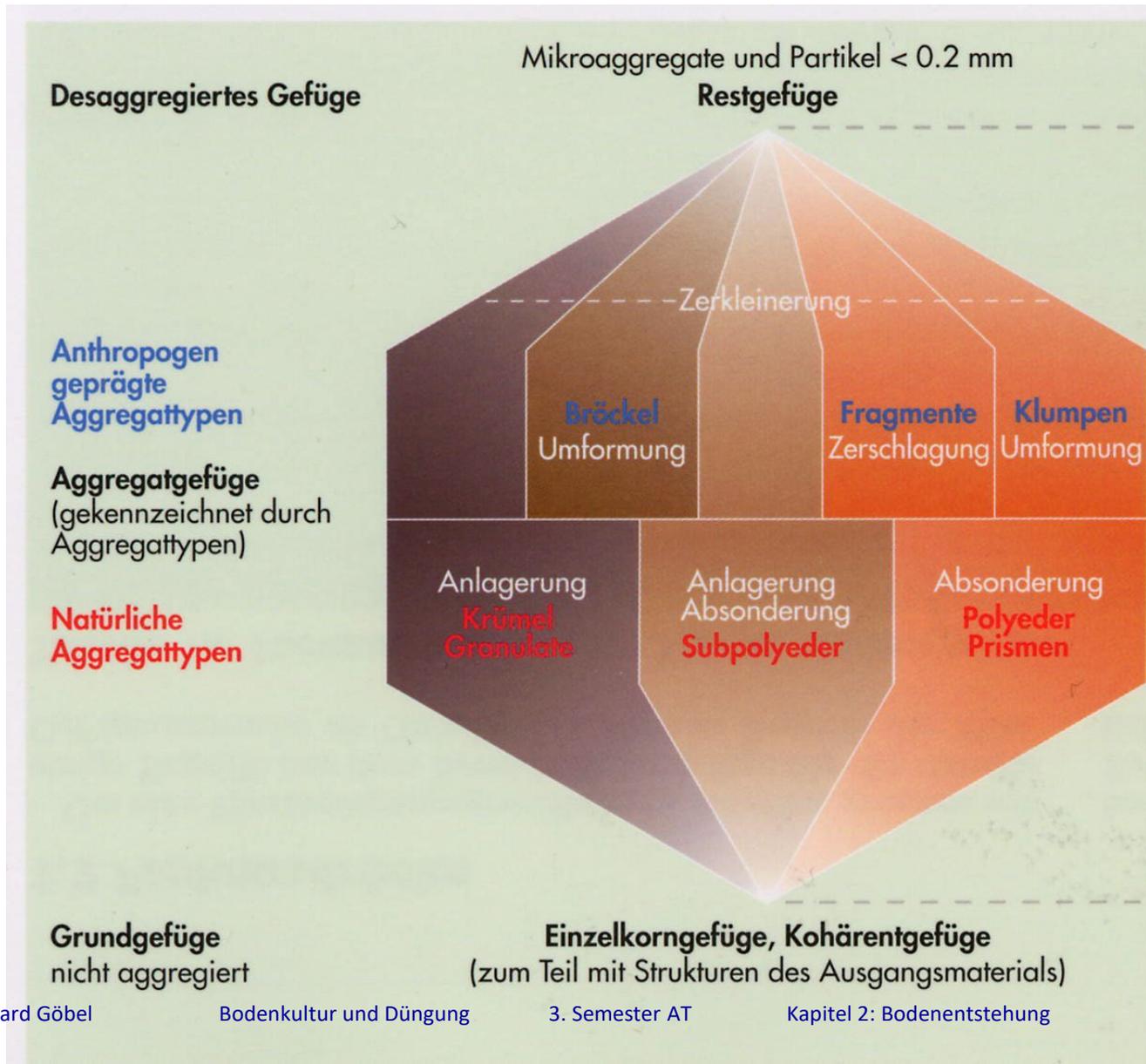


Elektronenmikroskop (ca. 3 000fache Vergrößerung)



Gefüge = räumliche Anordnung der festen Bodenteilchen

# Systematik der Gefügeansprache



# Krümel-Gefüge



# Fein-Polyeder



# Bröckel-Gefüge



# Platten-Gefüge



# Einzelkorn-Gefüge



# Polyeder



## **Organische Horizonte (> 30 Masse-% org. Substanz)**

- H (Humus) Organischer Horizont mit > 30 Gew.% organischer Substanz (Torf), aus Resten torfbildender Pflanzen an der Oberfläche unter Grundwasser- und/oder Stauwasser entstanden.
- L (Litter, engl. = Streu) Organischer Horizont von nicht oder wenig zersetzter Pflanzensubstanz an der Bodenoberfläche, in der Regel < 10 Vol.% Feinsubstanz; vorwiegend im Wald.
- O (Organisch) Organischer Horizont über Mineralboden oder Torf mit > 30 Gew.% organischer Substanz aus zersetzter Pflanzensubstanz mit > 10 Vol.% Feinsubstanz; vorwiegend im Wald.

## **Mineralische Horizonte**

- A Mineralischer Oberbodenhorizont mit Akkumulation organischer Substanz und/oder Verarmung mineralischer Substanz und/oder Humus.
- B Mineralischer Unterbodenhorizont mit Änderung der Farbe und des Stoffbestandes durch Verwitterung, Verlehmung des Ausgangsgesteins und/oder Akkumulation von eingelagerten Stoffen aus dem Oberboden mit < 75 Vol.% Festgesteinsresten.
- C Mineralischer Untergrundhorizont mit Gestein, das unter dem Boden liegt; bei ungeschichteten Böden das Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist.

## Zusammenfassung der wichtigsten Horizontbezeichnungen

- S Mineralbodenhorizont mit Stauwassereinfluß und bestimmten hydromorphen Merkmalen, zeitweilig luftarm infolge gehemmter Wasserführung oder ständig luftarm wegen geringer Luftkapazität.
- G Mineralbodenhorizont mit Grundwassereinfluß und mit bestimmten hydromorphen Merkmalen.
- P Mineralischer Unterbodenhorizont aus Ton- oder Tonmergelgestein; Tongehalt >45%; dichtes Prismen- und Polyedergefüge; ausgeprägte Quellungs- und Schrumpfdynamik
- M (migare, lat. = wandern) Mineralbodenhorizont des Kolluviums entstanden aus holozän Sedimenten. Vor der Umlagerung pedogen veränderte, fluviatil oder äolisch transportierte Auftragsmasse oder aufgrund von Erosion bedingt durch Hanglage entstanden.
- E (v. Esch) Mineralbodenhorizont, aus aufgetragenen Plaggenmaterial entstanden, mächtiger als Pflugtiefe.
- R Mischhorizont, durch tiefgreifende (> 4 dm) bodenmischende Meliorationsmaßnahmen (Rigolen, Tiefumbruch) entstanden.

# Horizontsymbole: Baukastenprinzip

## Horizonte: Hauptsymbole in Großbuchstaben



## Horizontmerkmale: Kleinbuchstaben

Geogene Merkmale: **vor** dem Hauptsymbol!



Pedogene Merkmale: **nach** dem Hauptsymbol!



## Den Hauptsymbolen vorgesetzte geogene und anthropogene Merkmalssymbole

- a Auendynamik; kombinierbar mit A, C, G und M
- b braun bei Plaggenesch (Grassoden); kombinierbar mit E
- b brackisch; kombinierbar mit S und G
- c carbonatisch, > 75 Gew.% Karbonat oder Gips; kombinierbar mit IC und mC
- e mergelig, 2- 75 % Karbonat oder Gips
- f begrabener (fossiler) Horizont
- g grau bei Plaggenesch (Heideplaggen); kombinierbar mit E
- h H-Horizont, vorwiegend aus Resten Hochmoortorf bildender Pflanzen; kombinierbar mit H
- i kieselig, silikatisch; kombinierbar mit IC und mC
- l Lockersubstrat, grabbar; kombinierbar mit C
- m massives Festgestein, nicht grabbar; kombinierbar mit C
- n H-Horizont, vorwiegend aus Resten Niedermoortorf bildender Pflanzen; kombinierbar mit H
- r überprägter reliktscher Horizont
- u Übergangsmoor; kombinierbar mit H
- II, III Zusatzzeichen bei geologischem Schichtwechsel für eine zweite oder dritte Schicht im Profil, aus deren Material der darüberliegende Horizont nicht entstanden ist.

# Den Hauptsymbolen nachgesetzte pedogene Merkmalssymbole

## Humusbildung und -akkumulation

- Of Fermentierung der organischen Substanz, ca. 10 – 70 Vol.% der organischen Feinsubstanz sind geschwärzte Streureste; vorwiegend in Waldböden
- Oh (humos) O-Horizont mit organischer Feinsubstanz > 70 Vol.%; vorwiegend in Waldböden
- Ai (initial) sehr geringe Akkumulation von organischer Substanz (lückige Entwicklung, Mächtigkeit < 2 cm oder Humusanteil kaum sichtbar).
- Ah, Bh, Gh Akkumulation von organischer Substanz in Mineralbodenhorizonten (max. 15 Gew.%).
- Aa (anmoorig) Akkumulation von organischer Substanz (15 – 30 Gew.%).

## Mechnische Bearbeitung

- Ap, Hp (Pflug) Durch regelmäßige Bodenbearbeitung geprägter A- bzw. H-Horizont.

## Verwitterung

- Bv Durch Verwitterung entkalkt, verbraunt und verlehmt.
- Cv verwitterter C-Horizont.

## Tonverlagerung

- Al (lessiviert) Gegenüber Ah und Bt durch Ton- und Eisenverlagerung aufgehellter und tonarmer Horizont über Bt liegend.
- Bt Durch Toneinwaschung entstandener Illuvialhorizont.

- Ae (eluvial) A-Horizont, sauergebleicht, verarmt und hellgrau über Bh bzw. Bs gelegen.
- Bh durch Einwaschung von Humusstoffen angereichert; höherer OS-Gehalt als Ae
- Bs Mit Sesquioxiden (Aluminium- und Eisenoxide) durch Umlagerung angereichert.

### Stauwassereinfluß

- Sw Stauwasserleitender Horizont, > 80 % der Fläche Bleich- und Rostflecken sowie Konkretionen, zeitweilig naß und höhere Wasserdurchlässigkeit (Kf meist > 10 cm/d) als darunterliegender Sd.
- Sd (dicht) Wasserstauend, höhere Lagerungsdichte und geringere Wasserdurchlässigkeit (Kf meist < 1dm/d) als darüberliegender Sw und marmoriert (Aggregatoberflächen gebleicht, Aggregatinneres rostfleckig)
- Sg S-Horizont, haftnaß, diffuse Bleich- und Rostflecke, Luftmangel bereits bei Feldkapazität wegen hohem Anteil an haftwassererfüllten Mittelporen verbunden mit sehr niedriger Luftkapazität (< 3 Vol.%) und hohem Gehalt an Schluff und Feinstsand.

### Grundwassereinfluß

- Go (oxidiert) Im Bereich von Grundwasserschwankung entstanden und > 10 % der Fläche Rost- oder/und Karbonatflecken, besonders an Aggregatoberflächen.
- Gr (reduziert) > 300 Tage im Jahr naß wenn nicht entwässert, Farbton schwarz bis weiß oder grau, graugrün bzw. blaugrau, < 5 % der Fläche Rostflecken an Wurzelbahnen, sonst keine Rostflecken.
- Gor Übergangshorizont mit < 5% der Fläche Rostflecken außerhalb der Wurzelbahnen.
- Gro Übergangshorizont mit 5 – 10% der Fläche Rostflecken außerhalb der Wurzelbahnen.

**Terrestische Böden**

Ah – imC	Ranker <b>RN</b>	Ah-C-Boden aus Kiesel- und Silikat-Festgestein
Ah – ilC	Regosol <b>RQ</b>	Ah-C-Boden aus Kiesel- und Silikat-Lockergestein
Ah – cC	Rendzina <b>RR</b>	Ah-C-Boden aus festem oder lockeren Karbonat- oder Sulfatgestein
Ah – Bv – C	Braunerde <b>BB</b>	brauner Bv, neutrale bis saure Reaktion
Ah – Al – Bt – (Bv) - C	Parabraunerde <b>LL</b>	mit Tonverlagerung
Ahe – Ae – B(s)h – B(h)s - C	Podsol <b>PP</b>	stark sauer, meist Moder- oder Rohhumusaufbau
Ah – P – C	Pelosol <b>DD</b>	Aus primär tonhaltigem Ausgangsgestein (Tonmergelgestein); P-Horiz. >45% Ton
Ah - Sw – Sd	Pseudogley <b>SS</b>	Stauwasserboden, zeitweilig vernäßt

**Anthropogene Böden**

Ah – M – II ..	Kolluvisol <b>YK</b>	aus verlagertem Bodenmaterial
Ah – E – II . (Ah + E > 4 dm)	Plaggenesch <b>YE</b>	aus tlw. Jahrhunderte langem Auftrag von „Plaggen“ entstandener, tief-humuser Boden
Rap – R -	Tiefumbruchboden <b>YU</b>	durch Umbruch oder tiefes Rigolen entstanden

**Semiterrestische Böden  
(Grundwasserböden)**

aAh – aM – aC – aG	Braunauenboden (Vega) <b>AB</b>	Braunerdeähnlicher Boden in Auenlage mit geringer Hydromorphierung
Ah – Go – Gr	Gley <b>GG</b>	Grundwasserbeeinflusster Boden

**Moore**

nH1 - nH2 -	Niedermoor <b>HN</b>	unter dem Einfluß ständig anstehendem Grundwasser
hH1 – hH2 -	Hochmoor <b>HH</b>	Unter dem Einfluß von gestautem Regenwasser

Zusammenfassung der wichtigsten Bodentypen

 Tip:  
[www.bodenwelten.de](http://www.bodenwelten.de)