

World Reference Base for Soil Resources Overview

Yakov Kuzyakov

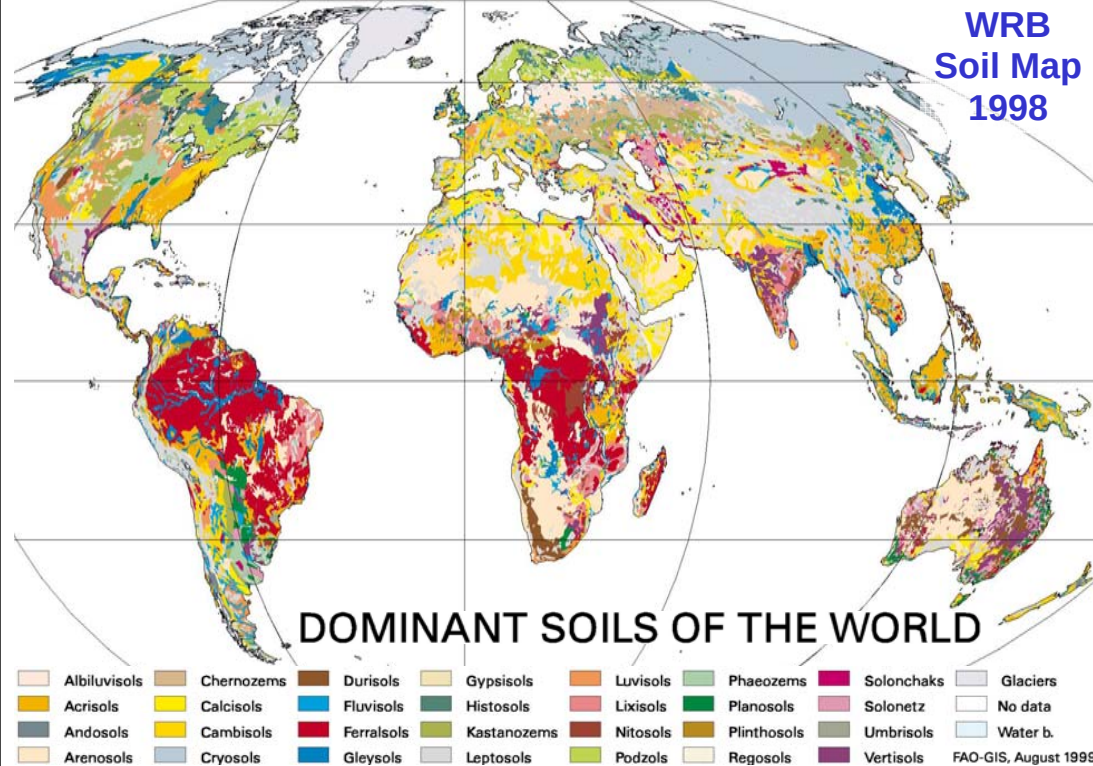
Dept. of Soil Science
of Temperate Ecosystems

University of Göttingen

kuzakov@gwdg.de

Vorlesungs- und Seminarfolien unter:
www.uni-goettingen.de/pgz

23.05.11



Klassifizierung von Böden (Bodensystematik)

I. Zonale Gliederung nach Klima und Vegetation

- Leicht zu erfassen
- geringe Aussagekraft

II. Diagnostische Bodenhorizonte

- hohe Aussagekraft
 - US Soil Taxonomy
 - FAO/WRB-UNESCO-System

III. Bodenprozesse

- schwer zu bestimmen
- gute Aussage über aktuellen
Entwicklungszustand

IV. Kombinierte Systeme

- BRD-System
 - Abteilung: Einfluss des Wassers
 - Klasse: Entwicklungszustand
 - Typen: Besonderheiten der Horizonte

National Classifications

Advantages	Shortcomings
- Specific conditions - More precise - <u>Genetic approach</u> for soil development	- Difficult correlation of various classifications - Comparison for scientific issues - Impossible to estimate world soil resources

National Classifications with International applicability

- USA: Soil Taxonomy
- Russian soil classification
- French soil classification

International Classification: FAO / WRB



International Classification: FAO / WRB

- History:
 - FAO: 1961, 1978, 1990
 - WRB: 1998, 2006, ...
- Aims
 - Evaluation of world soil resources
 - Development of world soil map 1: 5 000 000 (is ready)
 - Unique classification for science and applications
- Principles
 - Diagnostic horizons for soil identification according to diagnostic properties
 - Morphological properties
 - Morphogenetic system with 3 levels
 - Soil Groups
 - Soil Units
 - Subunits (with adjectives)
- Shortcomings: i) only partly genetical system, ii) small scale (Maßstab) classification

5



Hierarchiestufen der FAO / WRB

Hierarchiestufe	Namensgebung (Beispiele)	Einteilungskriterium
32 Major Groups of Soils	Alisols	Diagnostische Horizonte bzw. Eigenschaften (properties)
Soil Units	Humic Alisols	Diagnostische Horizonte bzw. Eigenschaften (wenig Einheiten, dadurch übersichtlich darstellbar)
Soil phases	Humic Alisols, fragipan phase	Nutzungseinschränkungen
Subunits	Alumi-humic Alisols , fragipan phase	Diagnostische Eigenschaften (für etwas, das noch stärker unterschieden werden muß)

S. Fiedler

6



Vorgehensweise FAO/WRB

1. Horizonte festlegen
 - ↓
2. Merkmalsbestimmung an jedem Horizont
 - ↓
3. Horizontbezeichnungen
 - ├ Master Horizons
 - └ Suffixe
4. Diagnostische Horizonte ausscheiden und benennen
 - ↓

Diagnostische Eigenschaften:
über Horizonte hinweg abfragen
5. Key of Soil Units
Major Groups/ Soil Unit/Phases/
Subunit

7



Master Horizon FAO (Diagnostische Horizonte)

H-horizon (Corg ≥40%, anaerobe Bedingungen, Wassersättigung)

Histic.....

O-horizon (Corg >20% , ,well drained conditions', Nährstoffmangel)

A-horizon

Mollic, Umbric, Fimic, Ochric.....

B-horizon

Argic, Calcic, Petrocalcic, Cambic.....

E-horizon (beachte: nur Arenosol, Luvisol, Lixisol, Plinthosol)

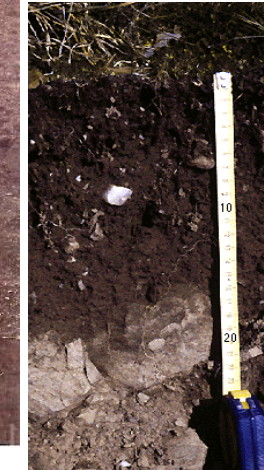
Albic

C-horizon (unverwittertes Ausgangsmaterial, grabbar)

R-horizon (kohärentes Gestein, Festgestein, nicht grabbar)

S. Fiedler

8



nein

↓ ja



Permafrost innerhalb 1m

nein

ja



WRB 2006: Priority listing of reference soil groups

Mineral soils							Organic soils	Human soils
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Azonal soils (kein spezi- fisches Klima)	Ausgangs- gestein	Vorstufe für andere Böden	Salt accumu- lation	Humus accu- mulation in surface horiz.	Accumulation of clay, Me ₂ O ₃ , SOM in sub- surface horizons	Intensive weathering (Tropen, Subtropen)	Organic soils	Human soils
FLUVISOLS	ARENOSOLS	CAMBISOLS	CALCI- SOLS	KASTANO- ZEMS	LUVISOLS	LIXISOLS	HISTO- SOLS	ANTHRO- SOLS
GLEYSOLS	ANDOSOLS	UMBRISOLS	GYPSI- SOLS	CHERNO- ZEMS	PODZOLS	ACRISOLS		TECHNO- SOLS
STAGNO- SOLS	VERTISOLS	CRYOSOLS	OLONETZ	PHAEO- ZEMS	ALBELUVI- SOLS	ALISOLS		
REGOSOLS			SOLON- CHAKS		PLANOSOLS	FERRAL- SOLS		
LEPTOSOLS						NITISOLS		
						PLINTHO- SOLS		
						DURISOLS		

14



Rationalized Key to the WRB Reference Soil Groups

- Soils with thick organic layers: **Histosols**
- Soils with strong human influence
 - Soils with long and intensive agricultural use: **Anthrosols**
 - Soils containing many artefacts: **Technosols**
- Soils with limited rooting due to shallow permafrost or stoniness
 - Ice-affected soils: **Cryosols**
 - Shallow or extremely gravelly soils: **Leptosols**
- Soils influenced by water
 - Alternating wet-dry conditions, rich in swelling clays: **Vertisols**
 - Floodplains, tidal marshes: **Fluvisols**
 - Alkaline soils: **Solonetz**
 - Salt enrichment upon evaporation: **Solonchaks**
 - Groundwater affected soils: **Gleysols**
- Soils set by Fe/Al chemistry
 - Allophanes or Al-humus complexes: **Andosols**
 - Cheluviation and chilluviation: **Podzols**
 - Accumulation of Fe under hydromorphic conditions: **Plinthosols**
 - Low-activity clay, P fixation, strongly structured: **Nitisols**
 - Dominance of kaolinite and sesquioxides: **Ferralsols**

17



Mineral soils

Mineral soils							Organic	Human
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Azonal soils (kein spezi- fisches Klima)	Ausgangs- gestein	Vorstufe für andere Böden	Salt accumulation	Humus accu- mulation in surface horiz.	Accumulation of clay, Me ₂ O ₃ , SOM in subsurface horiz.	Intensive <u>w</u> heathering (Tropen, Subtropen)	Orga-nic soils	Human soils
FLUVISOLS Histic Plinthic Salic Gleyic Mollic Umbric Arenic Takyric Yermic Aridic Gelic Stagnic Humic Gypsic Calcaric Sodic Tephric Skeletal Dystric Eutric Haplic	ARENOSOLS Gelic Plinthic Gleyic Hypoluvis Yermic Aridic Ferralic Albic Gypsic Calcaric Lamellic Rubic Fragic Hyposalic Tephric Hypoduric Protic Dystric Eutric Haplic	CAMBISOLS Gelic Leptic Vertic Fluvis Endosalic Plinthic Gelstagnic Stagnic Gleyic Andic Vitric Mollic Takyric Yermic Aridic Sodic Ferralic Gypsic Calcaric Skeletic Rhodic Chromic Hyperochric Dystric Eutric Haplic	CALCISOLS Petric Leptic Vertic Endosalic Gleyic Sodic Luvic Takyric Yermic Aridic Skeletic Hyperochric Hypercalcic Hypocalcic Haplic	KASTANO- ZEMS Vertic Gypsic Calcic Luvic Hyposodic Siltic Chromic Anthric Haplic	LUVISOLS Leptic Vertic Gleyic Andic Vitric Calcic Arenic Stagnic Albic Hyposodic Profondic Lamellic Ferric Rhodic Chromic Cutanic Hyperochric Dystric Haplic	LIXISOLS Leptic Plinthic Gleyic Andic Vitric Calcic Arenic Stagnic Geric Albic Humic Vertic Abruptic Profondic Lamellic Ferric Rhodic Chromic Hyperochric Haplic	HISTO- SOLS Cryic Glacic Salic Gelic Thionic Folic Fibric Sapric Ombric Rheic Alcalic Toxic Dystric Eutric	ANTHRO- SOLS Hydragric Irragic Terric Plagic Hortic Gleyic Stagnic Spodic Ferralic Luvic Arenic Regic
GLEYSOLS Histic Thionic Anthraquic Endosalic Andic Vitric Plinthic Sodic Mollic Gypsic Calcic Umbric Arenic Takyric Gelic Humic Alcalic Alumic Toxic Abruptic Calcaric Tephric Dystric Eutric Haplic	ANDOSOLS Vitric Eutrisilic Silic Gleyic Melanic Fulvic Hydric Pachic Histic Mollic Duric Umbric Luvic Placic Leptic Acroxic Vetic Calcaric Arenic Sodic Skeletic Thaptic Dystric Eutric Haplic	UMBRISOLS Thionic Salic Natric Gypsic Duric Calcic Alc Gypsic Pellic Grumic Mazic Chromic Mesotrophic Hyposodic Eutric Haplic	GYPISOLS Petric Leptic Vertic Endosalic Sodic Duric Calcic Luvic Takyric Yermic Aridic Arzic Skeletic Hyperochric Hypergypsic Hypogypsic Haplic	CHERNOZEMS Chernic Vertic Gleyic Luvic Glossic Calcic Siltic Vermic Haplic	PODZOLS Gelic Gleyic Stagnic Densic Carbic Rustic Histic Umbric Entic Placic Skeletic Fragic Lamellic Anthric Haplic	ACRISOLS Leptic Plinthic Gleyic Andic Vitric Umbric Arenic Stagnic Geric Albic Humic Vertic Abruptic Profondic Lamellic Ferric Alumic Hyperdystric Skeletic Rhodic Chromic Hyperochric Haplic		
STAGNOSOLS	VERTISOLS Thionic Salic Natric Gypsic Duric Calcic Alc Gypsic Pellic Grumic Mazic Chromic Mesotrophic Hyposodic Eutric Haplic	UMBRISOLS Gelic Leptic Vertic Fluvis Endosalic Plinthic Gelstagnic Stagnic Albic Humic Ferralic Skeletic Anthric Haplic	SOLONETZ Vertic Gleyic Salic Mollic Gypsic Duric Calcic Magnesic Takyric Yermic Aridic Stagnic Albic Humic Haplic	PHAEZEMS Leptic Vertic Gleyic Andic Vitric Sodic Luvic Albic Stagnic Greyic Pachic Abruptic Glossic	ALBELUVISOLS Histic Gelic Gleyic Alc Umbric Arenic Fragic Stagnic Alumic Endoeutric Abruptic Ferric Siltic Haplic	ALISOLS Vertic Plinthic Gleyic Andic Nitic Umbric Arenic Stagnic Albic Humic Abruptic Profondic Lamellic Ferric Hyperdystric Skeletic Rhodic Chromic Haplic		TECHNO- SOLS
REGOSOLS Gelic Leptic Gleyic Thaptoandic Thaptovitric Arenic Takyric Yermic Aridic Gelstagnic Stagnic Anthropic Aric Garbic Reductic Spolic Urbic Humic Vermic Hyposalic Hyposodic Gypsic Calcaric Tephric Skeletic Hyperochric Dystric Haplic Eutric		CRYOSOLS Histic Lithic Leptic Turbic Salic Natric Gleyic Albic Mollic Gypsic Calcic Umbric Yermic Aridic Glacic Thionic Oxyaquic Stagnic Haplic	SOLON-CHAKS Histic Vertic Gleyic Sodic Mollic Gypsic Duric Calcic Petrosalic Takyric Yermic Aridic Gelic Stagnic Hypersalic Ochric Aceric Chloridic Sulphatic Carbonatic Haplic	Tephric Calcaric Skeletic Siltic Vermic Chromic Haplic	PLANOSOLS Histic Vertic Thionic Endosalic Plinthic Gleyic Sodic Mollic Gypsic Calcic Alc Luvic Umbric Arenic Gelic Albic Geric Petroferric Alcalic Alumic Ferric Calcaric Rhodic Chromic Dystric Eutric Haplic	FERRALSOLS Plinthic Gleyic Andic Acric Lixic Arenic Gibbsic Geric Humic Histic Mollic Umbric Endostagnic Vetic Posic Alumic Ferric Hyperdystric Hyperreutric Rhodic Xanthic Haplic		
LEPTOSOLS Lithic Gleyic Rendzic Umbric Yermic Aric Vertic Gelic Hyperskeletic Mollic Humic Gypsic Calcaric Dystric Eutric Haplic						NITISOLS Andic Mollic Alc Umbric Humic Vetic Alumic Rhodic Ferralic Dystric Eutric Haplic		
						PLINTHOSOLS Petric Alc Acric Umbric Albic Stagnic Endoeutric Geric Humic Endoduric Vetic Alumic Abruptic Pachic Glossic Ferric Haplic		
						DURISOLS Petric Leptic Vertic Gypsic Calcic Luvic Arenic Takyric Yermic Aridic Chromic Hyperochric		



Rationalized Key to the WRB Reference Soil Groups

- Soils with stagnating water
 - Abrupt textural discontinuity: **Planosols**
 - Structural or moderate textural discontinuity: **Stagnosols**
- Accumulation of organic matter, high base status
 - Typically mollic: **Chernozems**
 - Transition to drier climate: **Kastanozems**
 - Transition to more humid climate: **Phaeozems**
- Accumulation of less soluble salts or non-saline substances
 - Gypsum: **Gypsisols**
 - Silica: **Durisols**
 - Calcium carbonate: **Calcisols**
- Soils with a clay-enriched subsoil
 - Albeluvic tonguing: **Albeluvisols**
 - Low base status, high-activity clay: **Alisols**
 - Low base status, low-activity clay: **Acrisols**
 - High base status, high-activity clay: **Luvisols**
 - High base status, low-activity clay: **Lixisols**
- Relatively young soils or soils with little or no profile development
 - With an acidic dark topsoil: **Umbrisols**
 - Sandy soils: **Arenosols**
 - Moderately developed soils: **Cambisols**
 - Soils with no significant profile development: **Regosols**

18



9: Soils with strong human influence

ANTHROSOLS	Soils with long and intensive agricultural use
TECHNOSOLS	Soils containing many artefacts



WRB 1998: Priority listing of lower-level units of reference soil groups

HISTOSOLS	Soils with thick organic layers
-----------	---------------------------------



1: Azonal soils (kein spezifisches Klima)

FLUVISOLS	
GLEYSOLS	
STAGNO-SOLS	
REGOSOLS	
LEPTOSOLS	



2: Ausgangsgestein

ARENOSOLS
ANDOSOLS
VERTISOLS



3: Vorstufe für andere Böden

Vorstufe für
andere Böden

CAMBISOLS

UMBRISOLS

CRYOSOLS



4: Salt accumulation

Salt
accumu-
lation

CALCI-
SOLS

GYPSI-
SOLS

SOLONETZ

SOLO-
CHAKS



5: Humus accumulation in surface horiz.

Humus accu-
mulation in
surface horiz.

KASTANO-
ZEMS

CHERNO-
ZEMS

PHAEO-
ZEMS



6: Accumulation of clay, Me_2O_3 , SOM in sub-surface hor.

LUVISOLS

PODZOLS

ALBELUVI-
SOLS

PLANOSOLS



7: Intensive wheathering (Tropics + Subtropics)

LIXISOLS
ACRISOLS
ALISOLS
FERRAL-SOLS
NITISOLS
PLINTHO-SOLS
DURISOLS

27



Soil phases

Einschränkung des Wurzelwachstums

<i>Duripan</i>	durch Kieselsäure verhärtet
<i>Fragipan</i>	verhärtet, schwer wasserdurchlässig
<i>Petroferric</i>	verhärtet (Fe, Corg)
<i>Placic</i>	2-10mm mächtig, verhärtet (iron pan, Mn, Corg)
<i>Skelettic</i>	mit 40 bis 90 Gew.-% an Kies oder anderen groben Fragmenten innerhalb der obersten 100 cm des Bodens
<i>Lithitic</i>	Kontinuierliches Festgestein innerhalb 50cm

28



Soil phases

Einschränkung der Bearbeitbarkeit

<i>anthraquic</i>	Bewässerung
<i>Inundic</i>	Überflutung >10Tage
<i>Gelundic</i>	froststrukturiert
<i>Gilgai</i>	für Tonböden typisches Mikrorelief
<i>Rudic</i>	Gestein >7.5cm Durchmesser
<i>Takyric</i>	Oberflächenverkrustung (hard alkaline surface)
<i>Yermic</i>	Ober- oder Unterboden-Horizont mit Gesteinsfragmenten, die in eine blasige aufgebaute Kruste („Wüstenpflaster“) eingebettet sind

Einschränkung durch Toxizität

<i>Salic</i>	Elektrische Leitfähigkeit >4 dS m ⁻¹ (<100cm)
<i>Sodic</i>	>6% Na (<100cm)
<i>Phreatic</i>	Grundwasser 3-5m

29

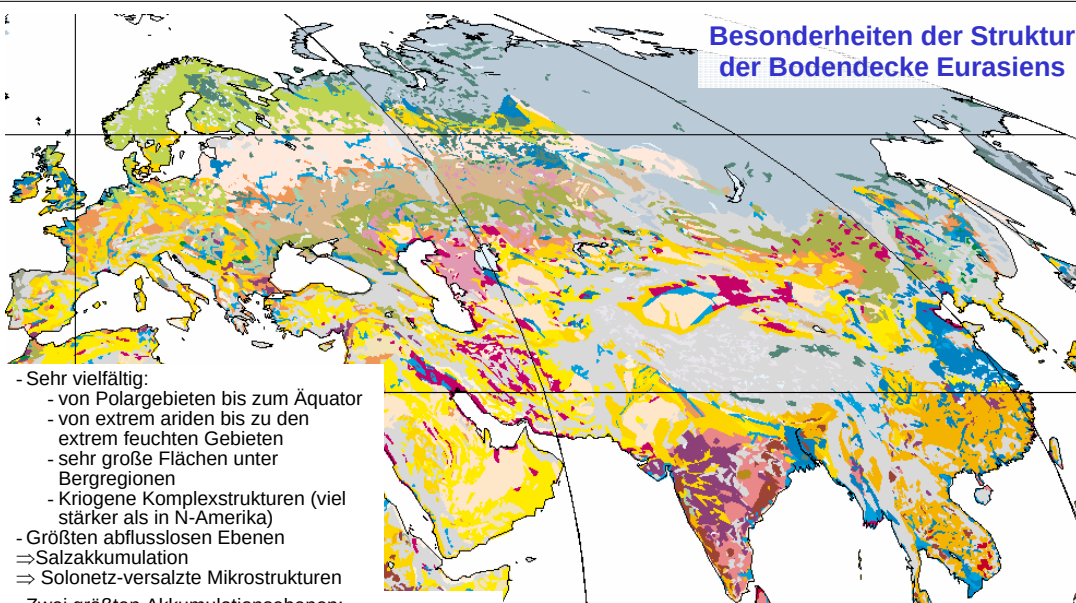


Bodenklassifikationen

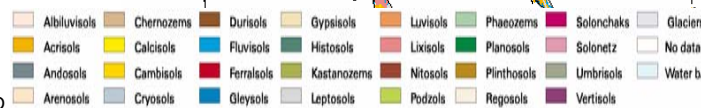
Deutsche (KA4)	FAO	WRB	US Soil Taxonomy
4 Abteilungen (Wasserregime)	28 Major Groups (diagnostischer Horizont / Eigenschaften)	30 Groups (diagnostischer Horizont / Eigenschaften)	11 Orders (diagnostisches Material, Horizont, Eigenschaften)
20 Bodenklassen (Entwicklungsgrad, Grad der Horizont-differenzierung)	153 Soil unites (diagnostischer Horizont / Eigenschaften)	431 Subgroups (121 lower level names, 10 Prefixes)	x Suborders
51 Bodentypen (charakt. Horizont)	16 soil phases (Nutzung, Einschränkung)		
Subtypen, Varietäten, Subvarietäten	Sub units		Great Groups, - Subgroups, Families Series

30

Besonderheiten der Struktur der Bodendecke Eurasiens

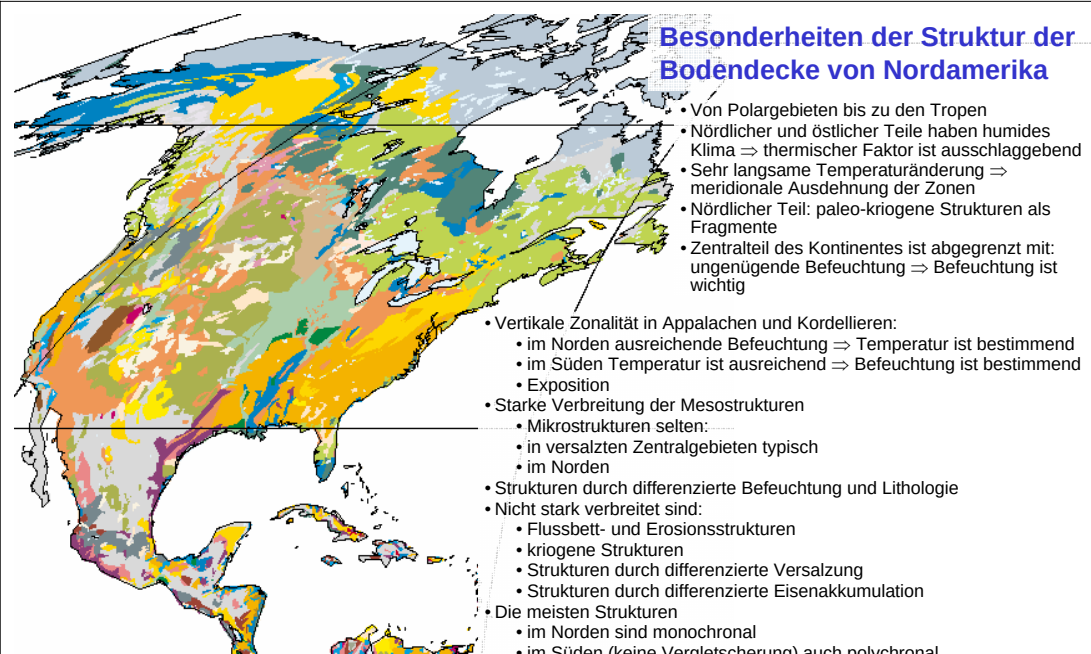


- Sehr vielfältig:
 - von Polargebieten bis zum Äquator
 - von extrem ariden bis zu den extrem feuchten Gebieten
 - sehr große Flächen unter Bergregionen
 - Kriogene Komplexstrukturen (viel stärker als in N-Amerika)
- Größten abflusslosen Ebenen
 - ⇒ Salzakkumulation
 - ⇒ Solonetz-versalzten Mikrostrukturen
- Zwei größten Akkumulationsebenen:
 - Ost-Europäische und
 - West-Sibirische
 - ⇒ kombinierte Strukturen
- Hochebenen (Platos) ⇒ Erosion
 - ⇒ nicht regelmäßige baumartige SBD
- Junges Relief ⇒ sehr wenig polychrone Strukturen
- Starker anthropogener Einfluss:
 - Erosion / Versalzung / Homogenisierung

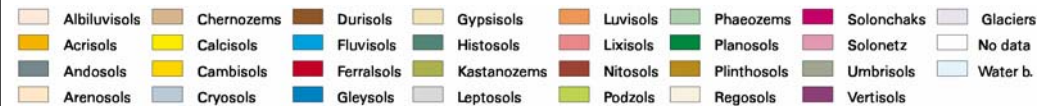


31

Besonderheiten der Struktur der Bodendecke von Nordamerika



- Von Polargebieten bis zu den Tropen
- Nördlicher und östlicher Teile haben humides Klima ⇒ thermischer Faktor ist ausschlaggebend
- Sehr langsame Temperaturänderung ⇒ meridionale Ausdehnung der Zonen
- Nördlicher Teil: paleo-kriogene Strukturen als Fragmente
- Zentralteil des Kontinentes ist abgegrenzt mit: ungenügende Befeuchtung ⇒ Befeuchtung ist wichtig
- Vertikale Zonalität in Appalachen und Kordellieren:
 - im Norden ausreichende Befeuchtung ⇒ Temperatur ist bestimmend
 - im Süden Temperatur ist ausreichend ⇒ Befeuchtung ist bestimmend
 - Exposition
- Starke Verbreitung der Mesostrukturen
- Mikrostrukturen selten:
 - in versalzten Zentralgebieten typisch
 - im Norden
- Strukturen durch differenzierte Befeuchtung und Lithologie
- Nicht stark verbreitet sind:
 - Flussbett- und Erosionsstrukturen
 - kriogene Strukturen
 - Strukturen durch differenzierte Versalzung
 - Strukturen durch differenzierte Eisenakkumulation
- Die meisten Strukturen
 - im Norden sind monochronal
 - im Süden (keine Vergletscherung) auch polychronal

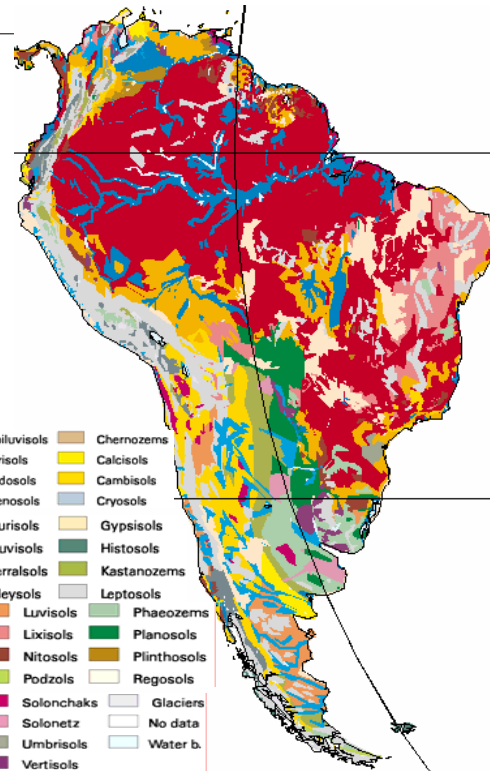
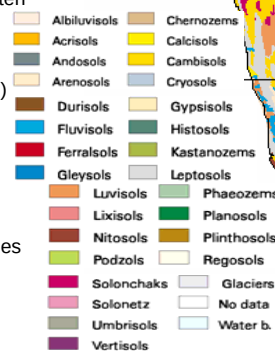


32



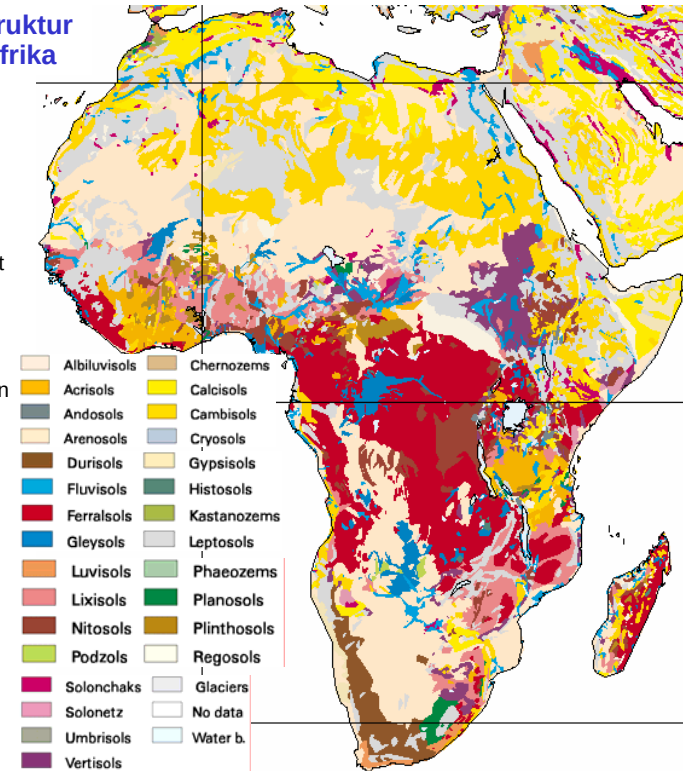
Besonderheiten der Struktur der Bodendecke von Südamerika

- der meiste Teil liegt in äquatorialen und tropischen Gürtel
- Anden: N-S > 7500 km, mehrere Gebirgsketten, bis zu 7000 m hoch, im Zentralteil - Hochplato Puna (Höhe 3000-4000 m)
- Östlich - gefaltete sehr alte (vor paleozoisch) Vulkanergüsse
- Sehr alte guianische, brasilische und patagonische Schilder
- Sehr mächtige jüngere und vulkanische Sedimente in Amazona-Niederung und Voranden-Depression
- Tropische Regenwälder auf Ferralitischen Böden in Amazona
- Trockenphasen im Norden und am Brasilischen Schild ⇒ Zonalität
- Trockenwüste Atakama westlich von Anden
- Drei Kontinentteilen mit unterschiedlicher Böden:
 - Anden (jung)
 - Mosaiken
 - jung aber polychron, da Vulkanausbrüche
 - starke Verbreitung von jungen schwach entwickelten Böden auf unverwittertem Substrat
 - guianische und brasilische Schilder (alt)
 - Mosaiken
 - stark polychron und alle sehr alt (Millionen Jahren)
 - sehr stark verwitterte Böden ⇒ sehr arm
 - Kombinationen aus flecken- und baumartigen Strukturen
 - Zwischenebenen (auch Depressionen) mit jungen horizontalen Sedimenten
 - Monochron
 - trotz dem jungen Alter, tief verwittert (da allochthones Material)
 - streifen-linsen-artige Formen und verdünnte baumartige
 - Mikrostrukturen sehr selten



Besonderheiten der Struktur der Bodendecke von Afrika

- Eine einzelne Plattform mit der größten Ausdehnung und maximalen Ebenheit
- Stark ausgeprägte horizontale Zonalität
- 3 Teile:
 - Östlicher Teil - Zonalität durch Befeuchtungswechsel (meridional)
 - Westlicher Teil - horizontale Zonalität durch Temperatur
 - Südlich von Sahara - Zonalität durch Befeuchtungswechsel
- An den Verschnittgebieten - unterschiedliches Wechsel der Zonen ⇒ sehr komplexe Strukturen der BD
- Vertikale Zonalität in Berggebieten vor allem durch Temperatur
- Böden auf sehr stark verwittertem Substrat, evtl. mehrere Verwitterungs- und Umverlagerungszyklen
 - ⇒ sehr arme Böden
- relikte Strukturen (z.B. baumartige Strukturen in sehr trockenen Gebieten)
- nicht kontraste Kombinationen der SBD
- starke Verbreitung verschiedener Mosaiktypen und Bodenkomplexe





Besonderheiten der Struktur der Bodendecke von Australien

- Befeuchtungsgradient ist ausschlaggebend
- Zentralteil ist am wenigsten befeuchtet
- Ringförmige Bodenzonen
- Im Zentralteil ist die Zonalität durch die Temperatur bedingt
- Vertikale Zonalität des Großen Wasserscheide-Gebirgskammes
 - östlich – feucht
 - westlich – trocken
- überwiegend polychrone Strukturen der BD auf ebenen Lagen
- oft reliktsche Strukturen auf stark verwittertem Material (humide Bedingungen in Vergangenheit)
- Versalzung ist stark verbreitet (rezente Prozesse)
- Bodenstrukturen:

- stark bedingt durch
 - Geomorphologie
 - Mesorelief
 - bodenbildendes Substrat
- differenziert versalzt
- differenziert solonetzisiert
- differenziert karbonatisiert
- differenziert ferralitisiert
- fleckenartig auf baumartig
- vertisolbedingte Mikrostrukturen

