

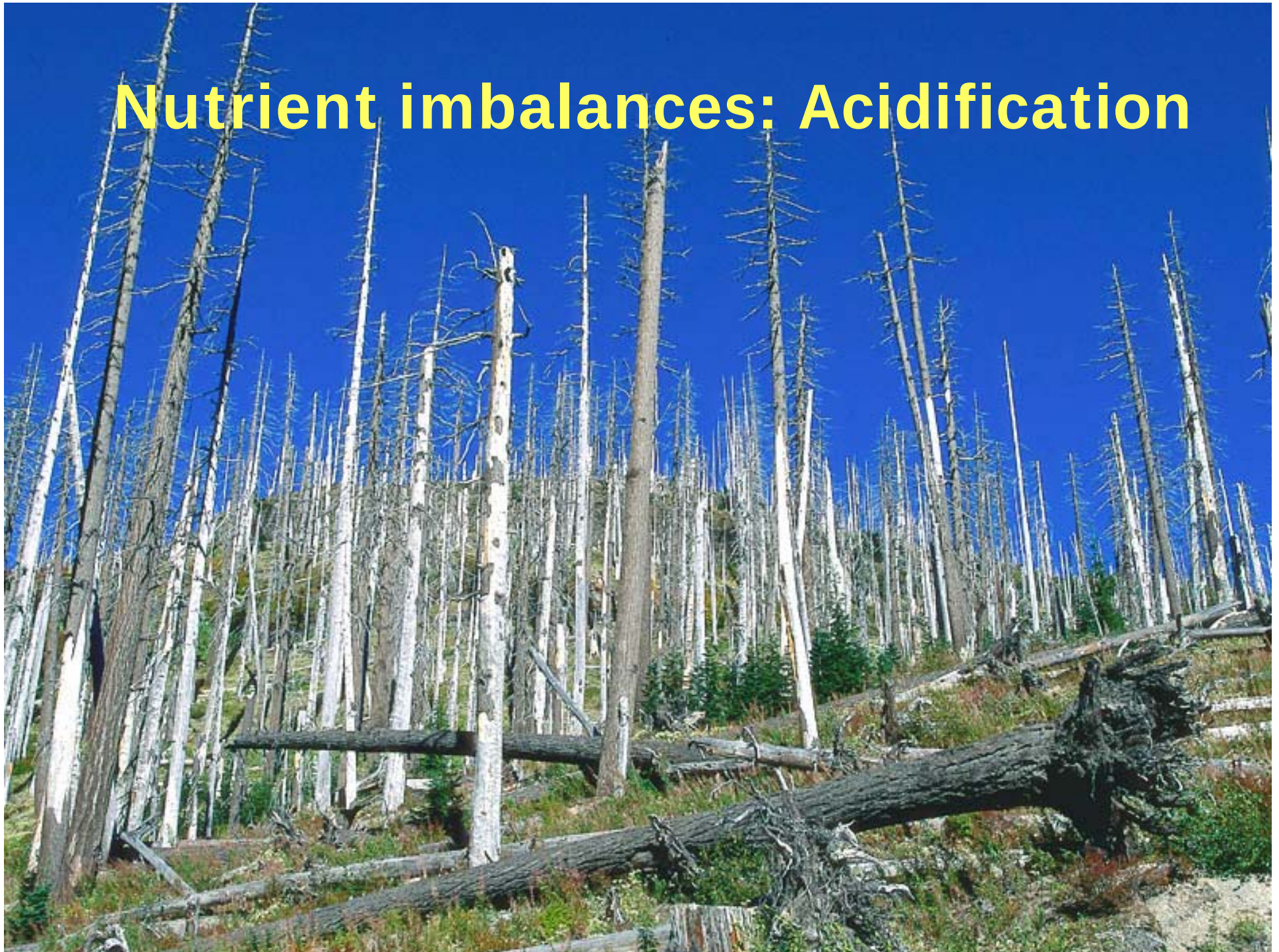
Fragen

- Wie wirken Störungen auf C-Flüsse und auf Biodiversität?
- Welches sind die wichtigsten Störungstypen
 - Weltweit
 - In borealen Wäldern
 - In temperaten Wäldern
 - In tropischen Wäldern

Was sind die wichtigsten Wirkungen und Folgen von N-Eintrag in Ökosysteme?

- in kleinen Mengen
- in Überdosis

Nutrient imbalances: Acidification



Contents

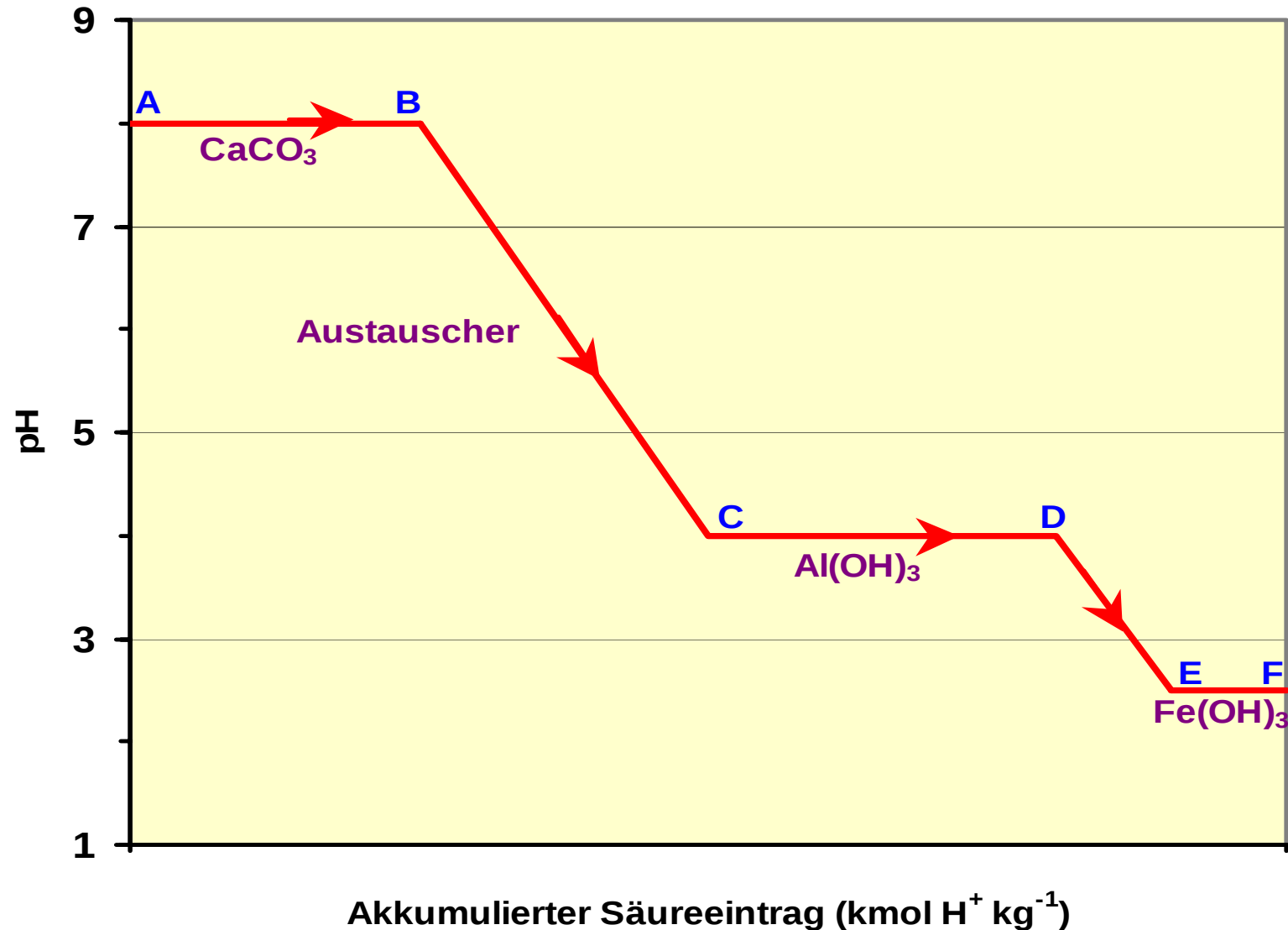
- Acidification
 - processes
 - consequences for ecosystems
 - example: forest die-back in 1980s

Protonenpufferung

Anionen schwacher Säuren:



Verlauf pH-Werts in gut durchlässigen Böden bei stetigem Säureeintrag



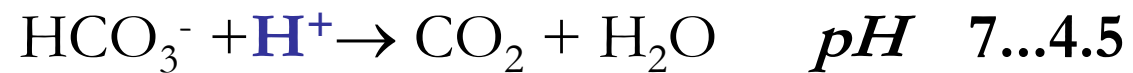
pH – Puffersysteme

Carbonate

Carbonat



Hydrogencarbonat

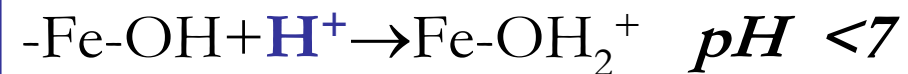


Verlust von CaCO_3 als $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ←

pH – Puffersysteme

Variable Ladungen

Tonminerale, Oxide



Huminstoffe

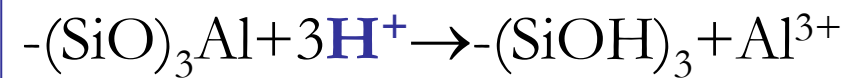


Protonierung variabler Ladung,
Verlust austauschbarer Kationen

pH – Puffersysteme

Silikate

Sekundäre Silikate

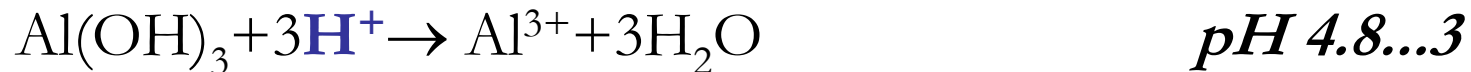


Al gelangt in die Bodenlösung (toxisch!)

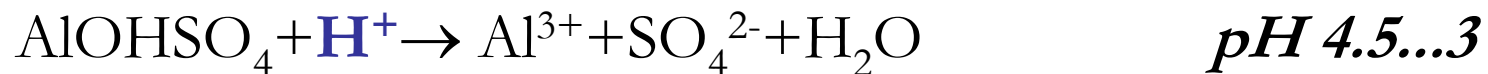
pH – Puffersysteme

Hydr- / Oxide

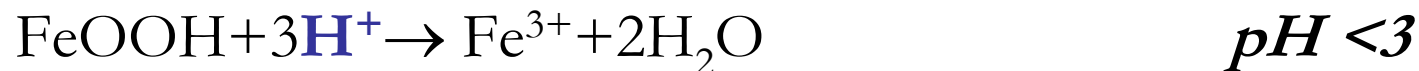
Al-Hydroxide



Al-OH-Sulfate



Fe-Hydr-/Oxide

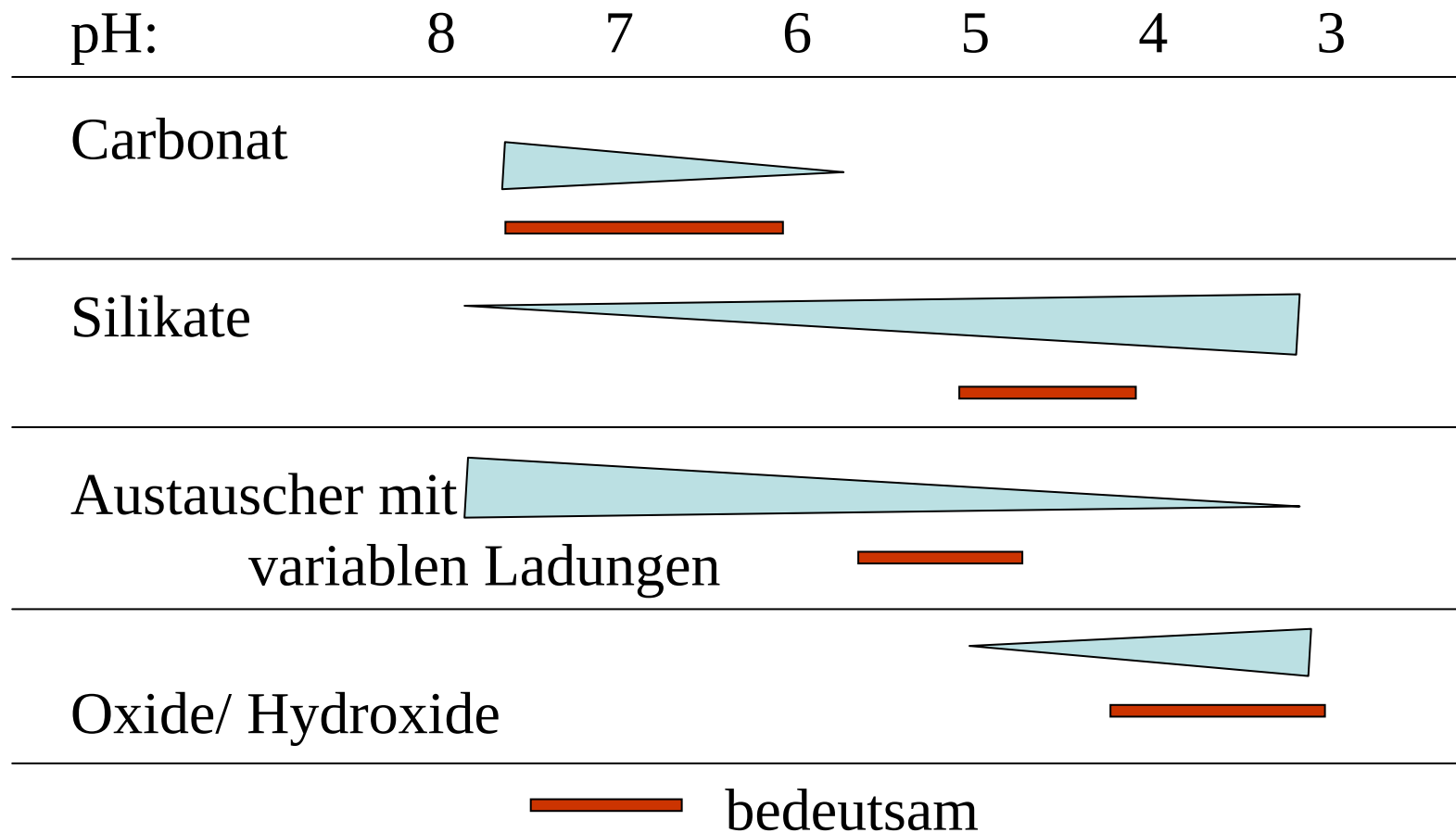


Mn-Hydr-/Oxide



→ Freisetzung von Fe, Mn, Sulfat, Al

Bedeutung von Puffersystemen



Frage

- Was sind die wichtigsten Puffersysteme in Böden?
- Was sind die häufigsten pH-Wert Bereiche von Böden?
Warum?

Acidification

- Accumulation of protons (H^+)
- Natural processes
 - Oxidation and weathering
 - Cation uptake by roots against H^+
 - Root respiration (CO_2)
 - Formation of organic acids
- Anthropogenic processes
 - Acid rain, acid dry deposition
 - Intensification of element turnover in ecosystems

Acid rain

- Components

Ammonium



Nitric oxides



Sulfur oxides



- Measure of acidity: SO_2 -equivalents

- SO_2 : 1 kg SO_2

- NO_x : 0.70 kg SO_2 (kg NO_2)⁻¹

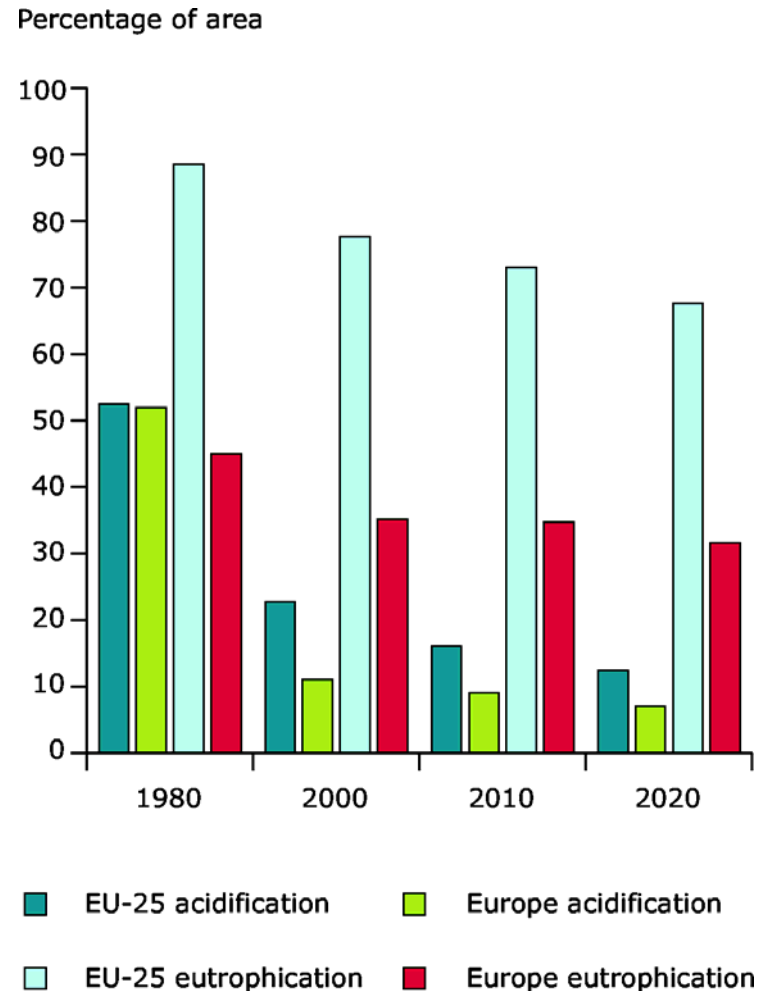
- NH_3 : 1.88 kg SO_2 (kg NH_3)⁻¹

- HCl : 0.88 kg SO_2 (kg HCl)⁻¹ /Heijungs 1992/

Acidification in Europe

- There have been clear reductions in **acidification** of Europe's environment since 1980, but with some tailing off in that improvement after 2000.

Area in which critical loads are exceeded



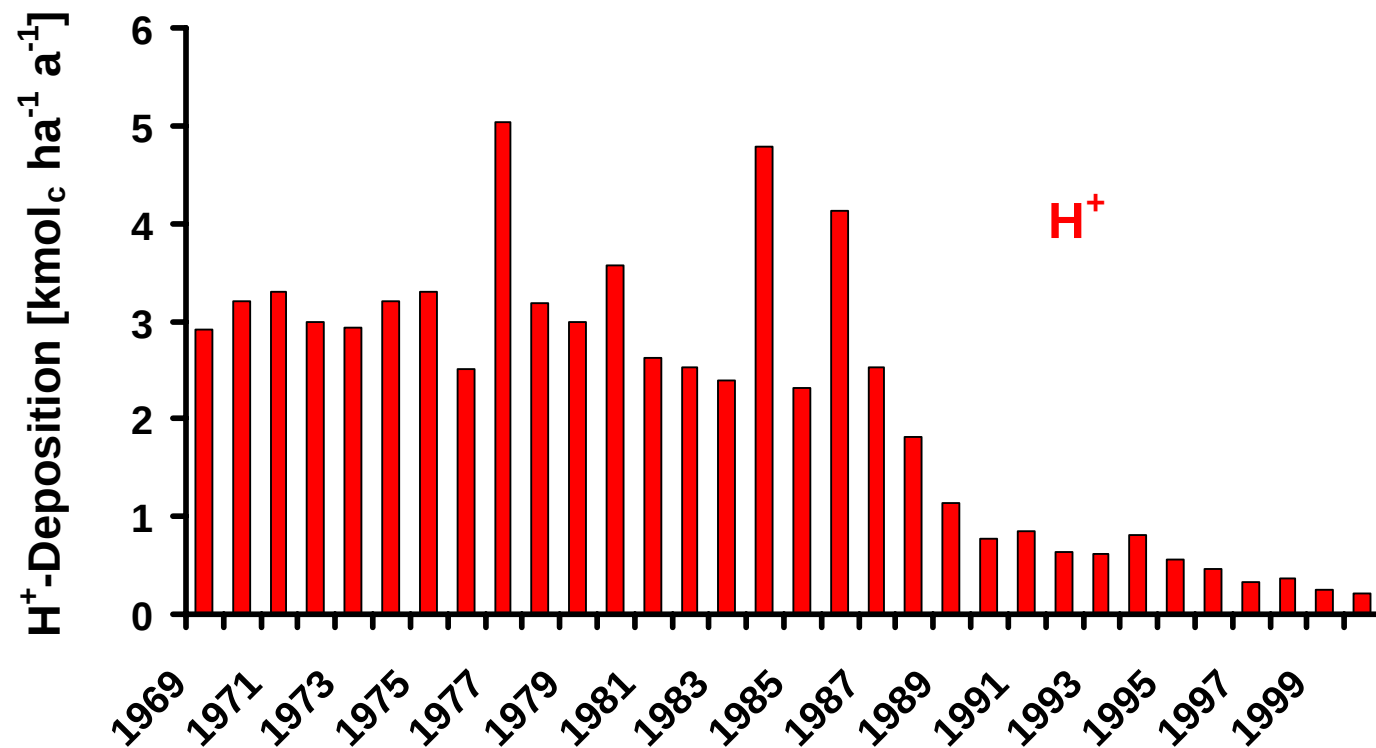
Folgen von saurem Regen und N-Sättigung

Atmosphärische Deposition: 10 – 100 kg N in Mitteleuropa

- ➔ Versauerung
- ➔ Verlust an Feinwurzeln
- ➔ Änderung der Humusform
- ➔ Gasförmige N-Freisetzung
- ➔ Verlust der Mycorrhiza
- ➔ N- Auswaschung
- ➔ ...

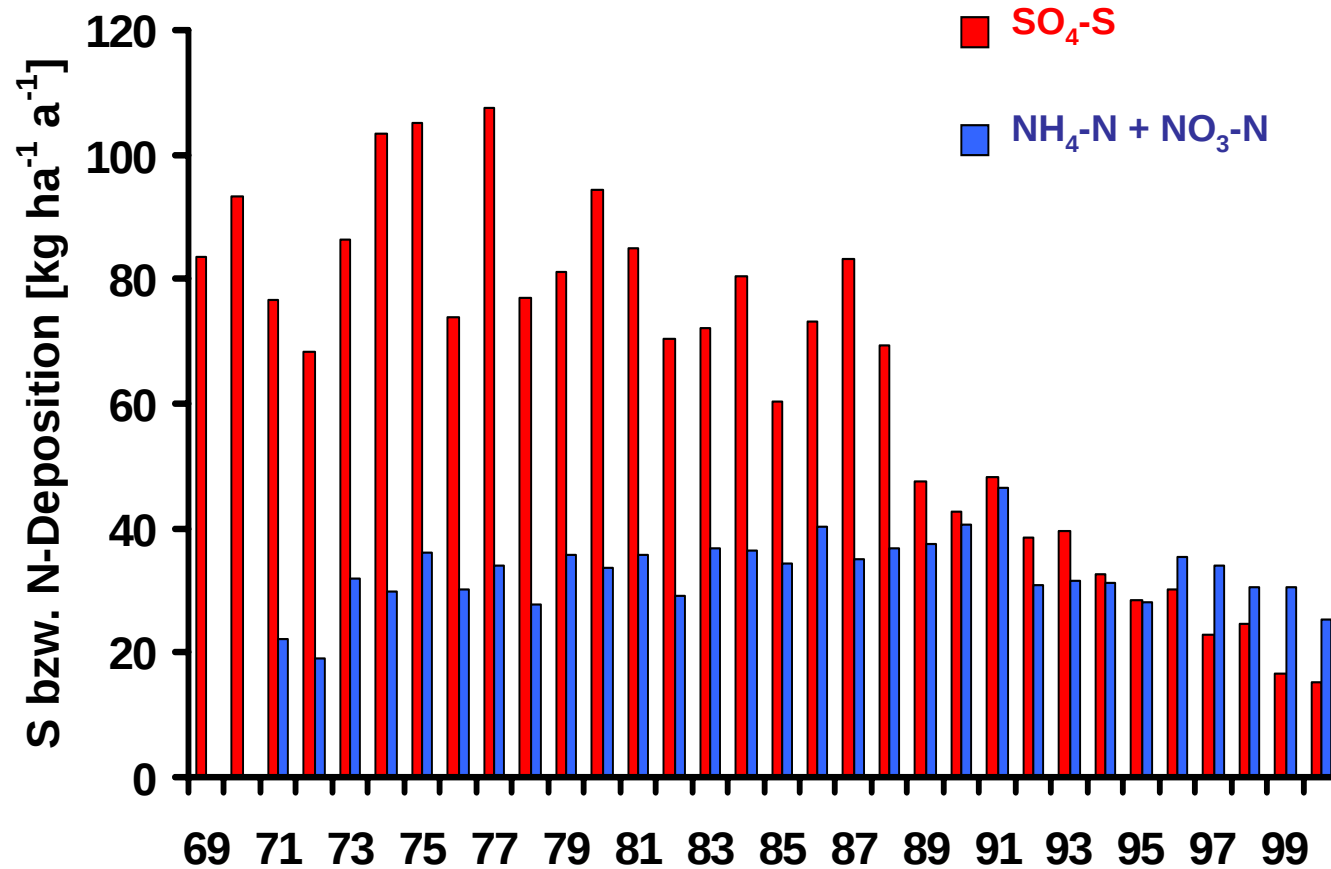
Depositionen Bestandesniederschlag im Solling

Langjährige Trends



Depositionen Bestandesniederschlag im Solling

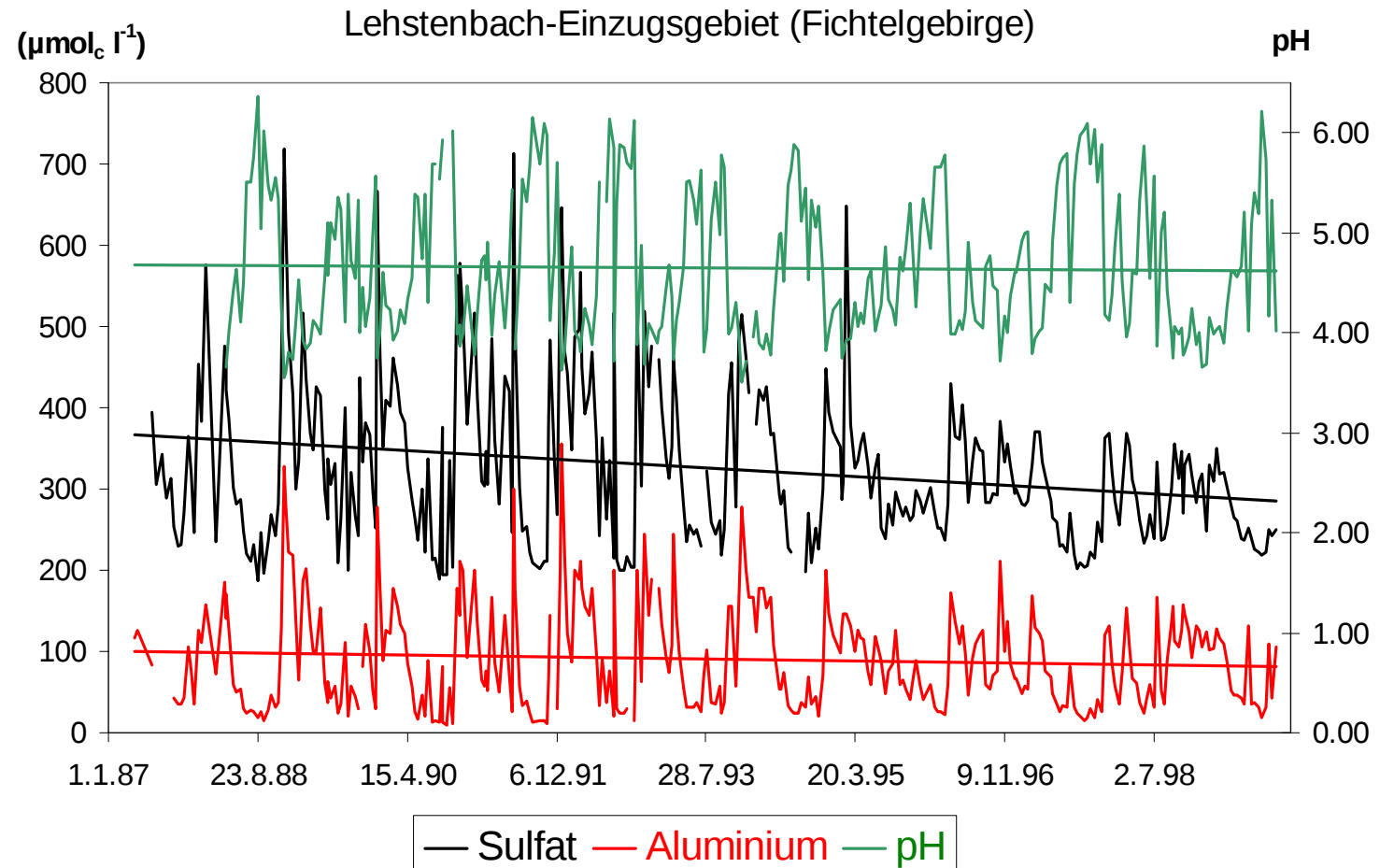
Langjährige Trends



Frage: warum bleiben pH und Al konstant?

Langjährige Trends

Konzentrationen im Abfluss



Alewell et al., (2000)

EU - Richtwert für Aluminium im Trinkwasser: **$5.5 \mu\text{mol}_c \text{l}^{-1}$**

18

Säureschäden im Fichtelgebirge

Anhaltende
Waldschäden

Coulissenhieb, Lehstenbach-Einzugsgebiet, Fichtelgebirge



22.08.96



18.10.97



16.06.99

19

Alewell et al., (2000)

Aluminium toxicity

- important growth-limiting factor for plants in acid soils below pH 5.0
- Symptoms
 - Shoot growth stunted
 - leaves stubby and die back at tips;
 - leaf color dull green;
 - leaves and stems develop purple tints similar to phosphorus deficiency;
 - roots short and stubby and lack fiber.



Left, aluminium toxicity; right, toxicity decreased by calcium carbonate.

Aluminium toxicity: mechanisms

- Al interferes with cell division in root tips and lateral roots
- increases cell wall rigidity by cross linking pectins
- reduces DNA replication
- fixes phosphorous in less available forms in soils and on root surfaces
- decreases root respiration
- interferes with enzyme activity governing sugar phosphorylation and the deposition of cell wall polysaccharides
- interferes with the uptake, transport, and also use of several essential nutrients (Ca, Mg, K, P and Fe)

Fragen

- Welche Hauptbestandteile enthält der saure Regen?
- Welche Prozesse führten zu den neuartigen Waldschäden in den Achtziger Jahren?

Stoffkreisläufe in den Tropen



Soil of the tropics



Soils below the tropical rainforest in the Amazonas are



- Intensively weathered
- Nutrient poor

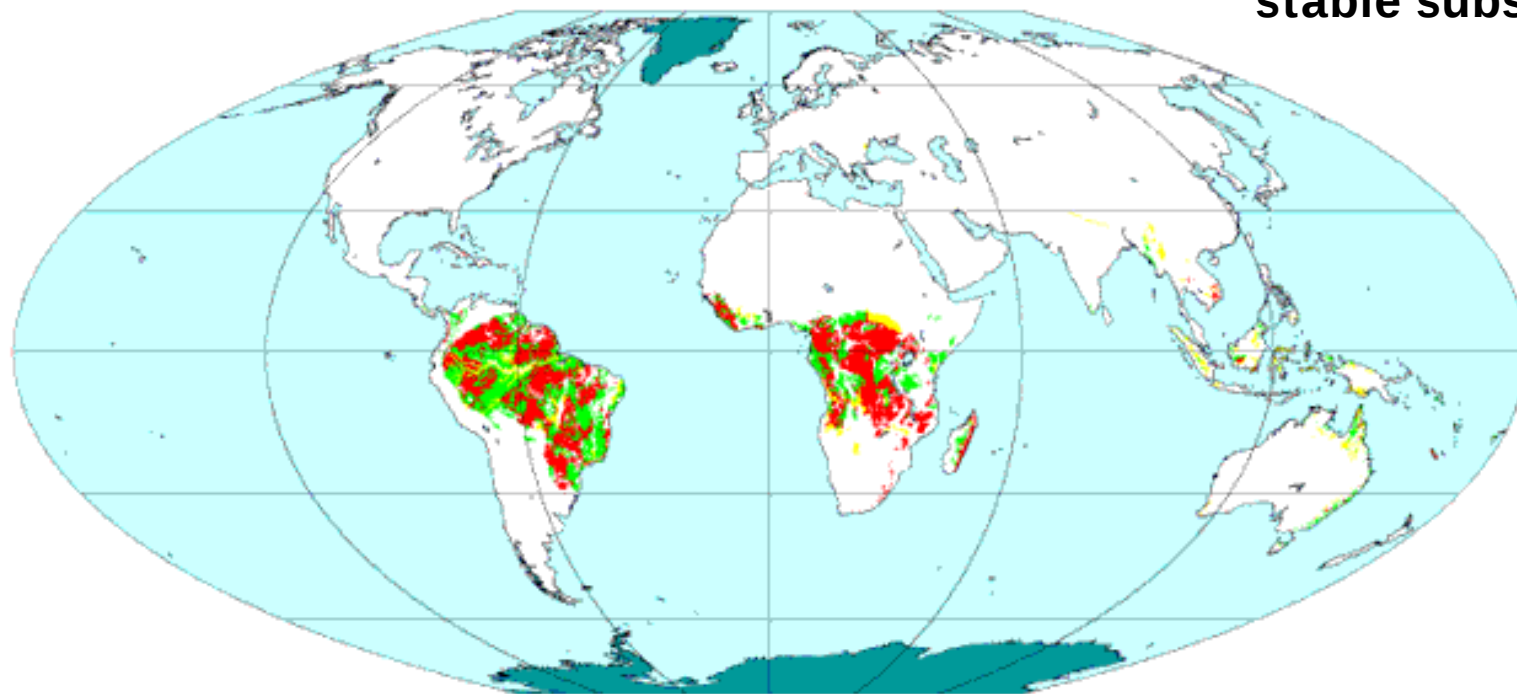


But: are all soils of the humid tropics infertile?

FAO Soils of the world - Ferralsols

Deep, strongly weathered soils with a chemically poor, but physically stable subsoil

Distribution of FERRALSOLS
Based on WRB and the FAO/Unesco Soil Map of the World



Dominant



Associated



Inclusions



Miscellaneous lands
(Inland waterbodies, Glaciers, No data)

Flat Polar Quartic Projection

FAO-GIS, February 1998

Ferralsols

Ferralsole:

Rote bis gelbe, tiefgründige, intensiv verwitterte Böden der humiden Tropen



Kennzeichnend ist der **ferralic horizon (Bws)**:

Durch intensive Verwitterung entstandener, mächtiger Unterbodenhorizont, reich an residualem Fe, Al und Kaolinit

Ferralsols

Chemische Eigenschaften

- Geringe Gehalte an organischer Substanz durch schnelle Umsetzung, vor allem Kaolinit und Oxide in der Tonfraktion und niedrige pH-Werte
 - ⇒ niedrige KAK
- Starke Auswaschung, wenig leicht verwitterbare noch vorhanden, die Nährstoffe freigegeben, geringe verfügbare Speicherkapazität (KAK)
 - ⇒ nährstoffarme Standorte, Nährstoffe meist an organische Substanz gebunden
- Durch niedrige pH-Werte und hohen Anteil an amorphen und kristallinen Fe- und Al-Oxiden: Anionensorption (AAK)
 - ⇒ P-Fixierung

Ferralsols

Physikalische Eigenschaften

- Durch viele Eisenoxide (bis 50% der Bodenmatrix) wie Hämatit und Goethit: intensiv rot oder gelb
- Boden ist stark verwittert, größere Minerale sind in kleinere zerfallen: viel Material in Tonfraktion
- Pseudosanstruktur durch Bindung der Tone an Oxide
 - ⇒ Bildung eines stabilen Bodengefüges
 - ⇒ größere, sandartige Partikel können durch Erosion nicht so gut verlagert werden
 - ⇒ höhere Infiltrationsraten
 - ⇒ geringere Wasserhaltefähigkeit

Frage

- Welche Vor- und Nachteile haben Ferralsols für die Landnutzung?

Properties of tropical soils: an overview

Intensiv verwitterte Böden der immerfeuchten Tropen:			
	Ferralsols	Acrisols	Alisols
Kennzeichen	rot, tiefgründig verwittert, sauer,	Tonakk. B-Horizont, geringe KAK	Tonakk. im B-Horizont höhere KAK
Physikalische Bodenparameter	☹️😊	☹️	☹️☹️
NS-Gehalte	☹️	☹️	☹️😊
KAK	☹️	☹️	😊😊
Limitierende Faktoren	Al-Toxizität P-Fixierung Humusschwund	Al-Toxizität P-Fixierung Humusschwund	Al-Toxizität P-Fixierung Wasserstau
Landwirtschaft	😊☹️	☹️😊	😊

Landnutzung in den Tropen



Landnutzung in den Tropen

Natürliche Vegetationsdecke ist meist **tropischer Regenwald**:

- Flachwurzler und Tiefwurzler verhindern Nährstoffverluste und Erosionsschäden
- Geschlossener Nährstoffkreislauf

Nach Rodung: - Humusschwund, Nährstoffverluste

Häufigste Nutzungsform: **Shifting Cultivation**

- 2 Jahre Nutzung
10-15 Jahre Brache

Landnutzung in den Tropen

Nutzungspotential:

gute physikalische aber ungünstige chemische Eigenschaften

Nachhaltige Nutzung erfordert:

- Mineraldüngung v.a. P (auch N, K, Ca, Mg Mikros)
- Kalkung (Dolomit) gegen eventuelle Al-Toxizität und zur Erhöhung der KAK:
Problem: C-Mineralisation, Zn-, Cu-Mangel,
Absinken der AAK führt zu Strukturzerfall, da weniger Pseudosand
- wichtig: Humuspflege

Soil degradation

- ◇ Reduction of the biological productivity of sites
- ◇ usually rather anthropogenic than natural

Typical forms of soil degradation:

- water and wind erosion
- salinity
- acidification
- nutrient losses
- pollution
- physical degradation

Land use constraints: Soil fertility

Growth limiting factors in the humid tropics

	Humide Tropen % der Fläche mit Problemen
Geringe Nährstoffgehalte	64
Al-Toxizität	56
Acidität	18
P-Fixierung durch Oxide	37
Salinität	1
P-Fixierung durch Allophane	1

Frage

- Wie kann Bodendegradation vermieden werden?

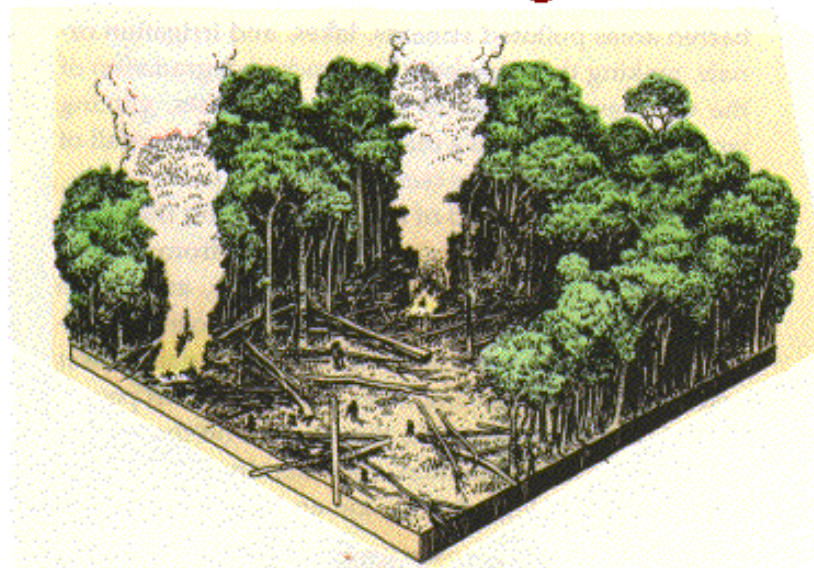
Shifting cultivation



Shifting cultivation

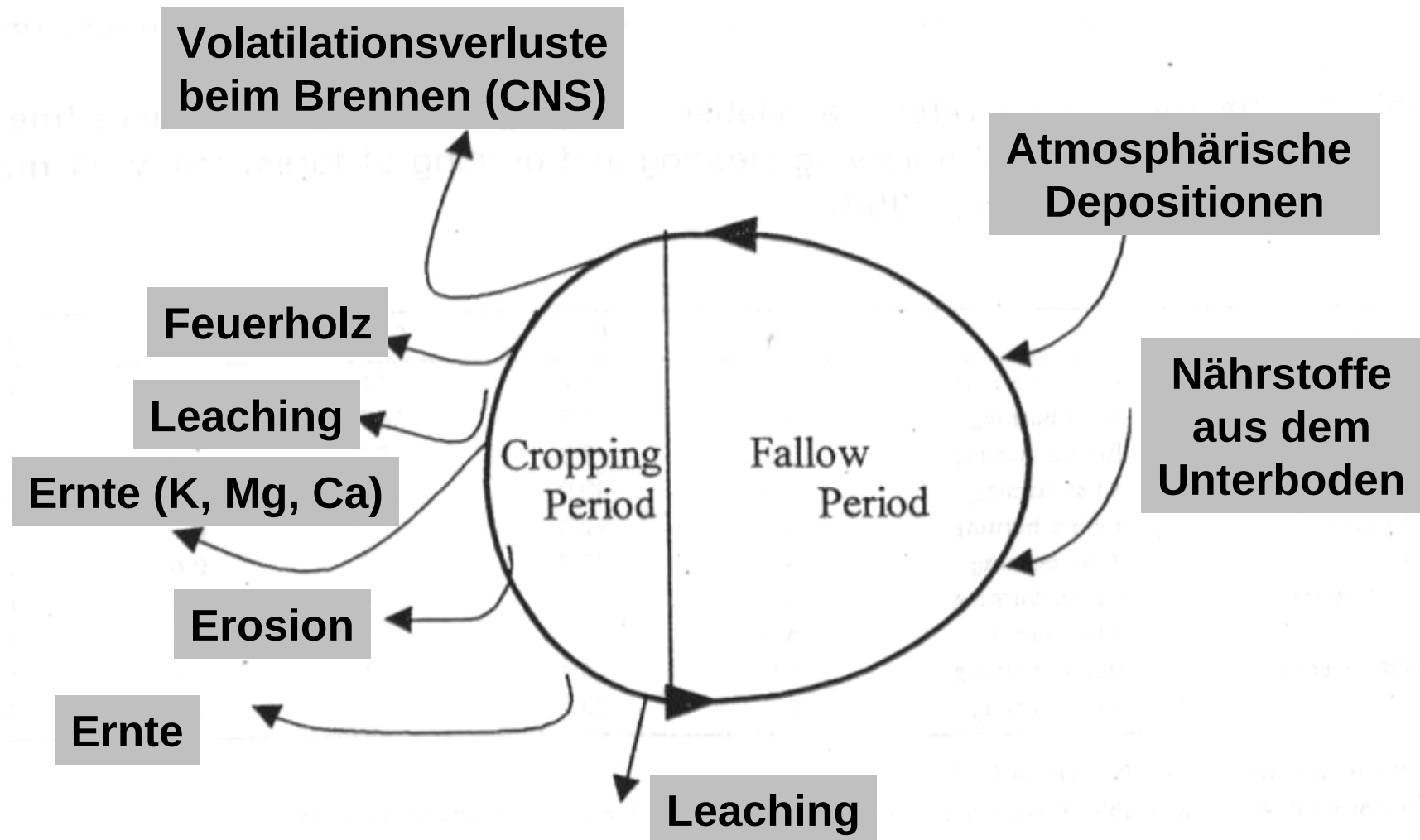
Definition: Land use system in which a short crop production period is followed by a longer fallow period

Shifting Cultivation



Leaching

Shifting cultivation cycle



Direct fire effects

Sertsu & Sanchez 1978:

Erhitzung von Boden auf Temperaturen von 100-600°C

Ergebnisse

- > 400°C ist organische Substanz vollständig oxidiert, N_{tot} ist um die Hälfte reduziert
- > 200°C Erhöhung des pflanzenverfügbaren P sowie des Ammonium



Anwendung: In Äthiopien,
Erhitzung des Bodens mit Gras
und Kuhmist für mehrere Tage

Shifting cultivation cycle

Agricultural usage of fields for some years until yields decline



Shifting cultivation cycle

Agricultural usage of fields for some years until yields decline

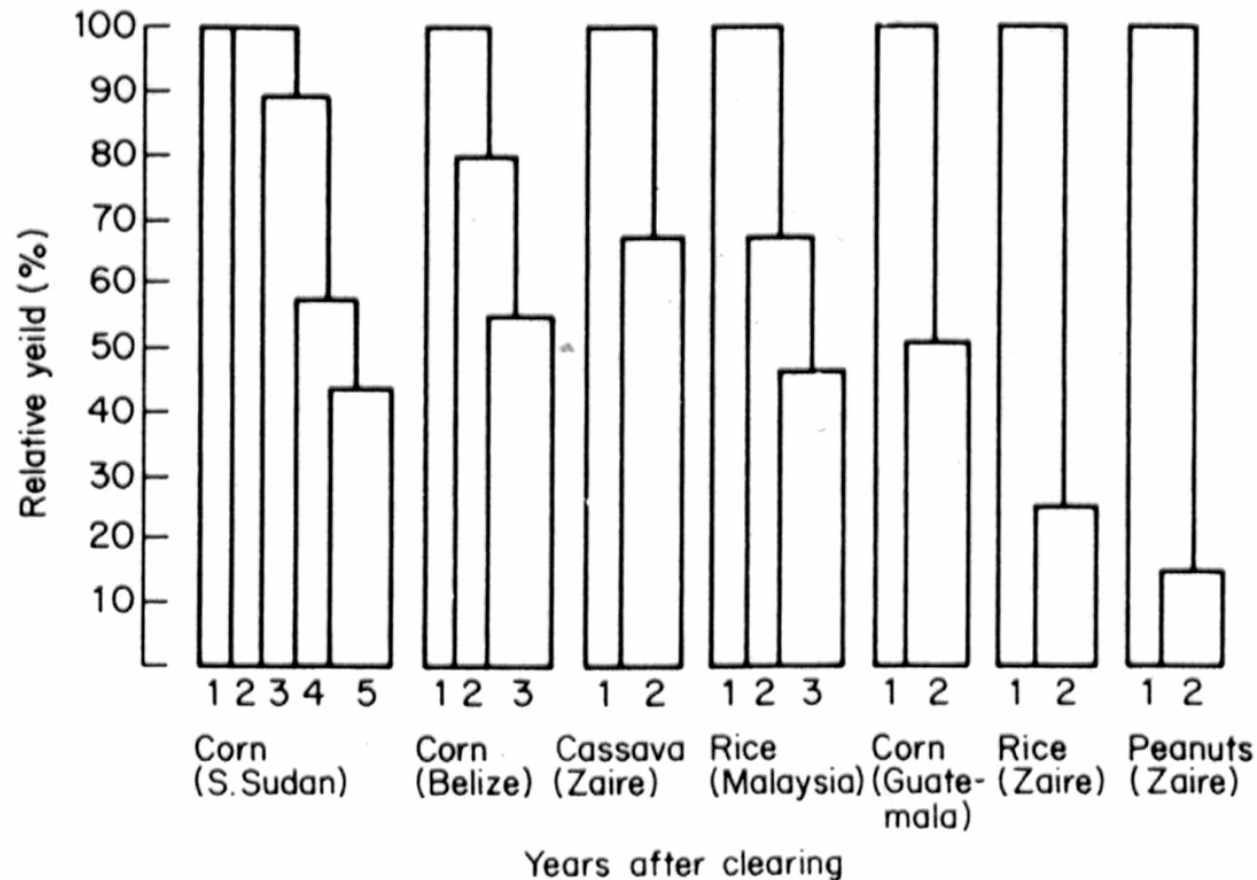


Fig. V.7. Decline in yield with continued cropping under shifting cultivation in forest environments. [Adapted from Norman (1979) with permission of University Presses of Florida.]

Why do yealds decline?

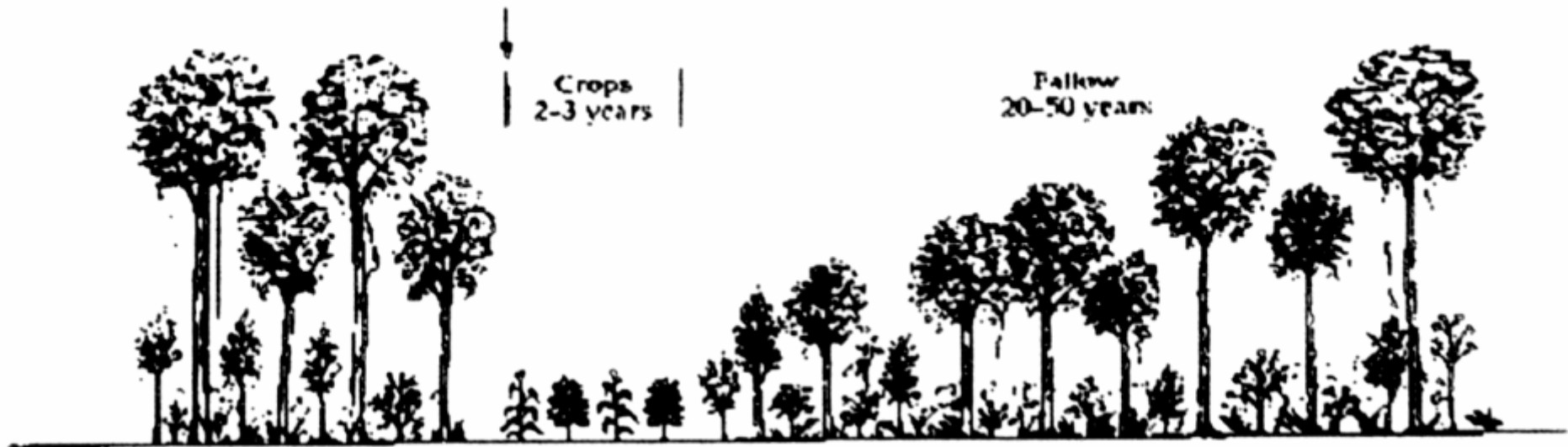
Agricultural usage of fields for some years until yields decline

- Mineralisation of organic soil material
- Leaching of nutrients
- Harvest
- Return of forest species – competition

Shifting cultivation cycle

Fallow for nutrient accumulation

- lower soil temperatures reduce litter decomposition
- Increasing litter production = increased input of nutrients
- Important : N_2 -fixation and mycorrhizal associations



Land degradation following rotation shortage

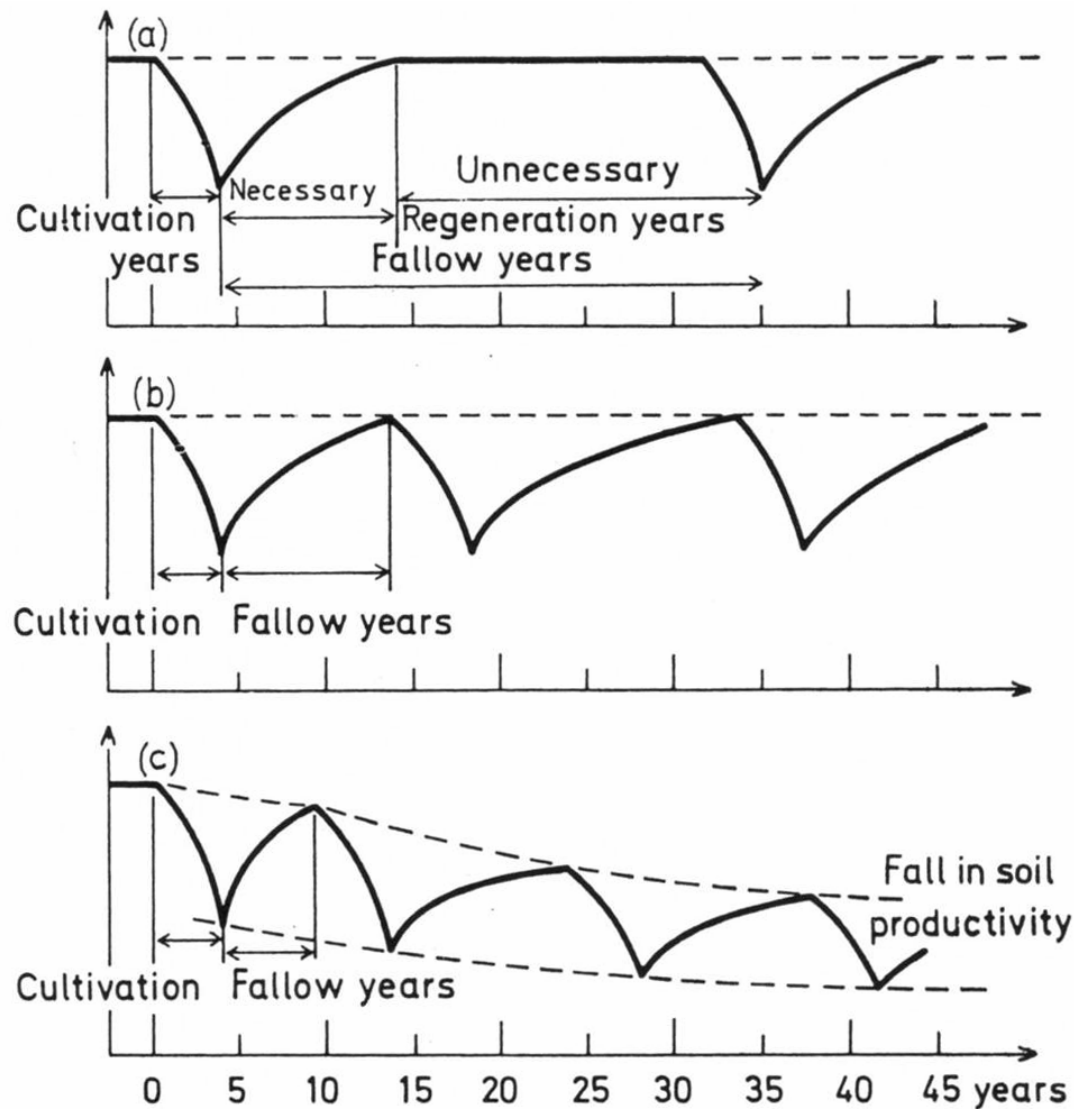


FIG. 3.5. The relation between length of fallow and soil productivity in shifting cultivation (from Guillemain 1956).

Problems

- increasing population pressure, timber harvester
→ less available space → reduced fallow periods
cropping : fallow should be $> 1:10$
⇒ System with high space requirement
- nutrient losses via leaching following clearing + burning
- risk of soil erosion

Consequence: land degradation

Forest regeneration is critical component for nutrient recovery

Frage

- Welchen Nutzen bringt die Integration von Bäumen in die Landnutzung?

Agroforestry



Agroforestry

= land use system in which woody species are grown intentionally in combination with agricultural crops or cattle on the same land

- ★ **Sequentielle Systeme:**

Bäume und Ackerfrüchte werden nacheinander angebaut (Shifting Cultivation)

- ★ **Simultane Systeme:**

Bäume und Ackerfrüchte werden gleichzeitig gepflanzt (Homegarden)

Home gardens

- Diverse Mischung von Bäumen, Getreide, Wurzelfrüchten und Medizinalpflanzen nebeneinander.
- Vielschichtiger Aufbau
- meist um das Wohnhaus herum arrangiert

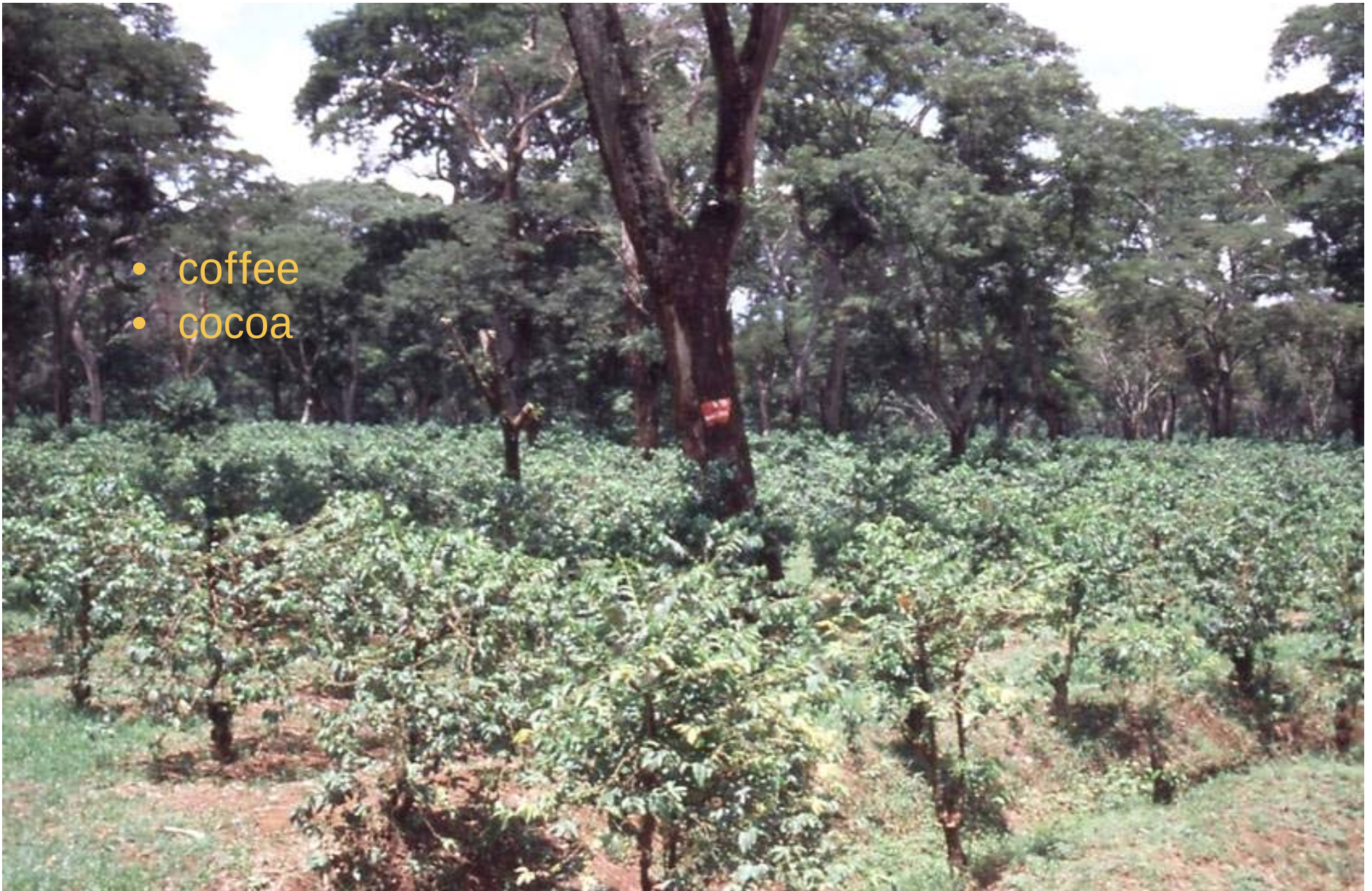


Größe: oft < 1ha, v.a. Subsistenzwirtschaft, wenig Überschussproduktion.

Zusammenstellung der Pflanzen erfordert viel Wissen über deren ökologische Ansprüche und Konkurrenzverhalten

Shade tree based systems

- coffee
- cocoa



Purposes of agroforestry

- ◆ maintain or enhance the chemical biological and physical soil properties
- ◆ reduce nutrient losses via leaching
- ◆ increase soil fertility via N -fixation
- ◆ form a closed nutrient cycle

Difficulty: competition for

- ✗ light
- ✗ water
- ✗ nutrients (P, K)

Advantages of Agroforestry

- im hügeligen Gelände: Erosionskontrolle und Bodenverbesserung.
- in der Ebene: Schutz vor Winderosion durch Windbrechung
- auf nährstoffarmen Böden: Bäume zur Bodenverbesserung und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
- Allgemein: bessere Ausnutzung der Ressourcen
Nährstoffe, Wasser und Licht als in Monokulturen

Fragen

1. Was sind die wesentlichen Prozesse die zur Bildung von Ferralsolen führen?
2. Welche physikalischen und chemischen Eigenschaften haben Ferralsols?
3. Was sind die wichtigsten Probleme der Landnutzung in den Tropen?
Wie kann die tropische Landnutzung nachhaltig werden?
4. Was sind die Vorteile von Agroforst gegenüber Shifting cultivation?