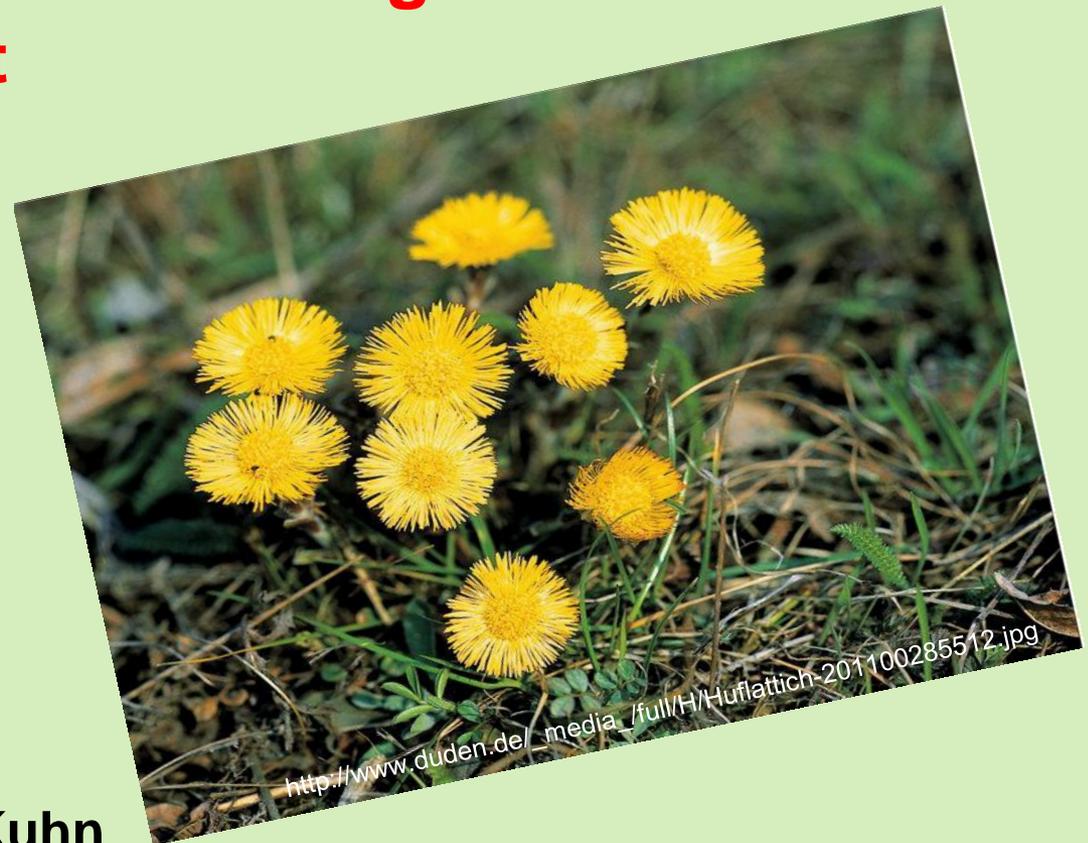




Bodenmikrobiologische Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen-Anhalt



Uwe Langer und Karola Kuhn



Konstituierung des Umweltschutzes

1971 - Umweltprogramm der Bundesregierung

„Zieltrias: Boden, Wasser, Luft“

1971 - Abkommen des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe der sozialistischen Länder (RGW)

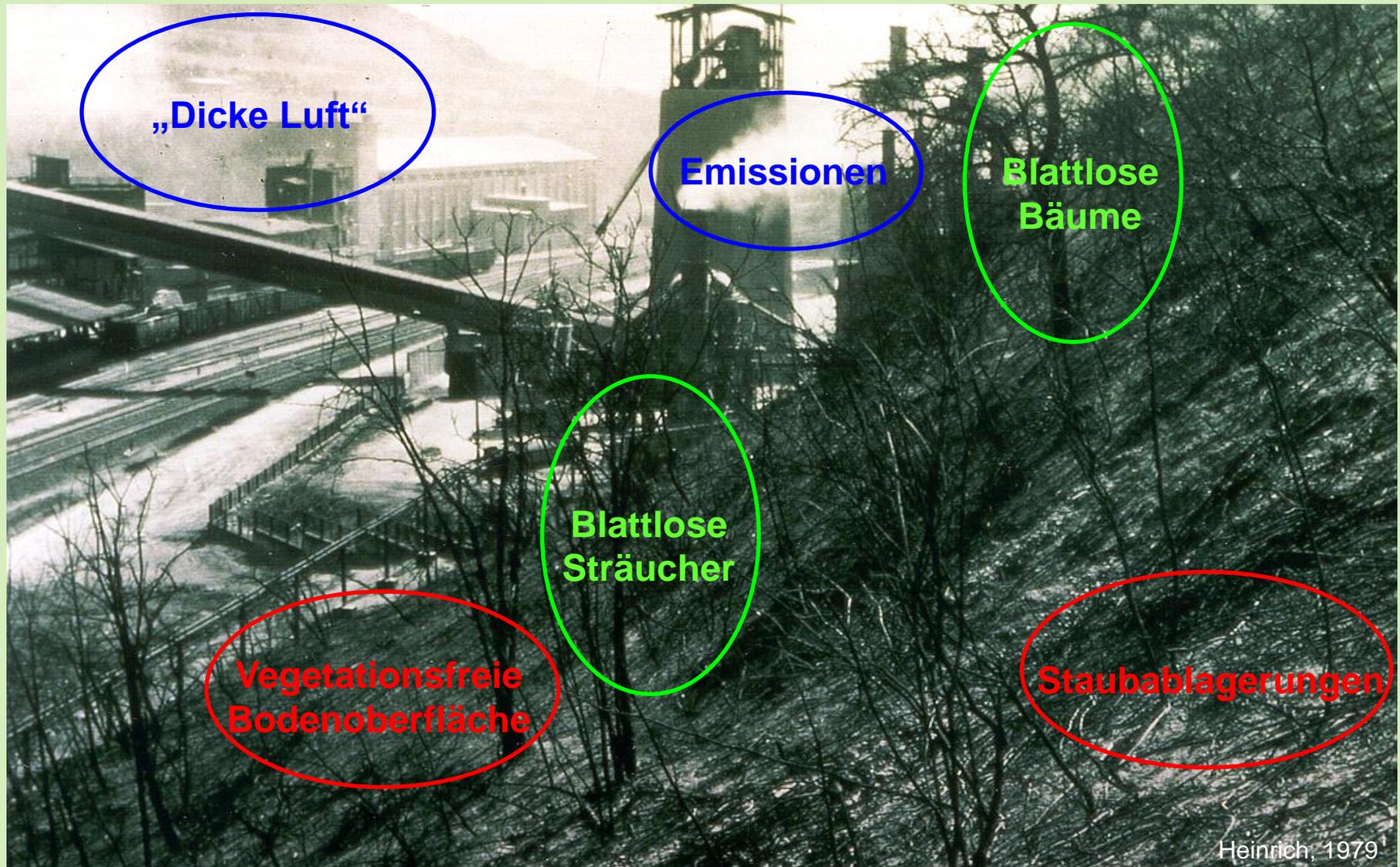
„Erarbeitung von Maßnahmen zum Schutz der Natur“

1972 - Europäische Bodenschutzcharta

„Bodenschutz ein länderübergreifendes politisches Ziel“



Phosphat-Düngemittelwerk Steudnitz - 1979





1985 - Bodenschutzkonzeption

„Bodenschutz eine interdisziplinäre und ressortübergreifende Querschnittsaufgabe“

Zwei zentrale Handlungsansätze, die noch heute richtungweisend sind:

1. So sollten zum einen die **qualitativ und quantitativ problematischen Stoffeinträge** in den Boden aus Industrie, Gewerbe, Verkehr, Landwirtschaft und Haushalten durch Begrenzungsmaßnahmen an den Schadstoffquellen minimiert werden.
2. Zum anderen wird eine „**Trendwende im Landverbrauch**“ durch eine Anpassung der Bodennutzung an die Standortbedingungen, ein sparsamer Umgang mit Rohstoffvorkommen, die Sicherung natürlicher/naturnaher Flächen sowie durch flächensparsames Bauen angestrebt.



Stoffeinträge in der Umwelt

- ⇒ Von den heute rund 5 Mio. bekannten chemischen Verbindungen sind etwa 100.000 Chemikalien im Gebrauch
- ⇒ Davon allein 600 Pestizide
- ⇒ Jährlich kommen etwa 500 – 1.000 neue Chemikalien dazu
- ⇒ Für die Mehrzahl der täglich verwendeten Chemikalien liegen **keine** Informationen über ihre ökotoxikologischen Auswirkungen vor
- ⇒ Insbesondere **keine** Informationen über langfristige und chronische Wirkungen



Fast 30 Jahre später

1998 - Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) verkündet

1999 - BBodSchG in Kraft getreten, ebenfalls

1999 - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

BBodSchG und BBodSchV sind Ergebnis langjähriger Entwicklungen und Bemühungen dem Schutz des Bodens einen höheren umwelpolitischen Stellenwert zu verschaffen und Boden, neben Luft und Wasser, als drittes zentrales Umweltmedium in einem eigenständigen Gesetzeswerk wirkungsvoller unter Schutz zu stellen.



Bodenbewußtsein 1999 - 2 Statements

Hinter dem Begriff „Boden“ verbirgt sich
keine gemeinsame Kultur,
kein gemeinsames Grundverständnis
(oder überhaupt ein Verständnis).

Das Problem der Lehre der Bodenkunde liegt in dem
Umstand, dass man Kollegen gegenüber treten muss,
die die Überzeugung vertreten, dass ökonomische,
soziologische und agronomische Faktoren wesentlich
wichtiger seien als bodenkundliche.
Unglücklicherweise ist dies die vorherrschende Meinung,
nicht nur an unserer Hochschule, sondern generell.

(Prof. Dr. Mireille Dosso, Internationale Bodenkundliche Union, Montpellier, 1999)



Flächennutzung / Landverbrauch



Langer, 1995



Über 30 Jahre später

2002 - Beschluss der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie "Perspektiven für Deutschland"

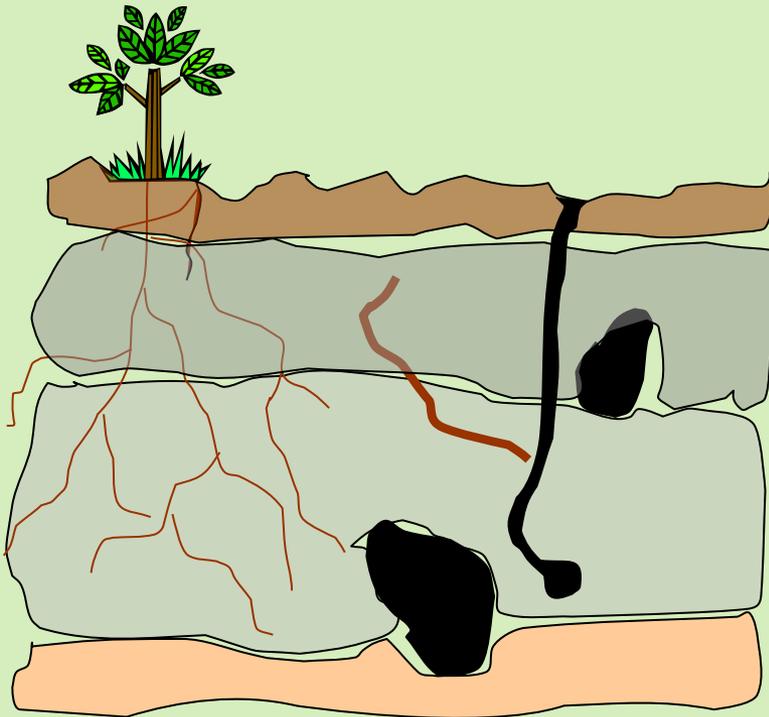
Vier Leitlinien für eine bessere Zukunft unseres Landes:

- Generationengerechtigkeit
- Lebensqualität
- Sozialer Zusammenhalt und
- Internationale Verantwortung

Bis zum Jahr 2020 will die Bundesregierung den Flächenverbrauch auf maximal 30 Hektar pro Tag verringern (30-ha-Ziel).

§ 2 BBodSchG - Begriffsbestimmungen

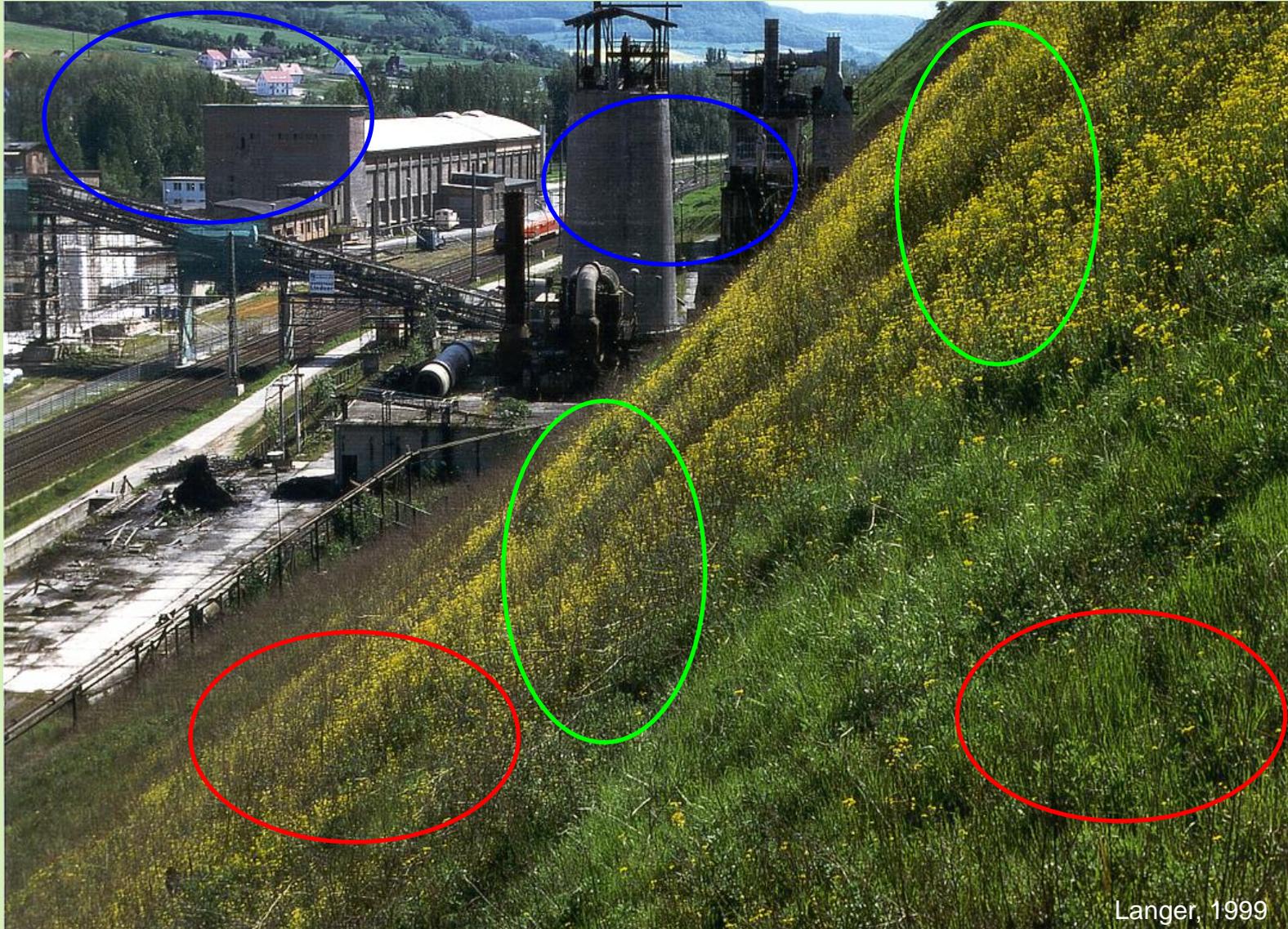
(1) Boden im Sinne dieses Gesetzes ist die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger der in Abs. 2 genannten Bodenfunktionen ist, einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft), ohne Grundwasser und Gewässerbetten.



Textur
Temperatur
Wassergehalt
Porenanteil
Organismen
org. Substanz
Nährstoffe
Mineralien
Kontaminanten
und andere..

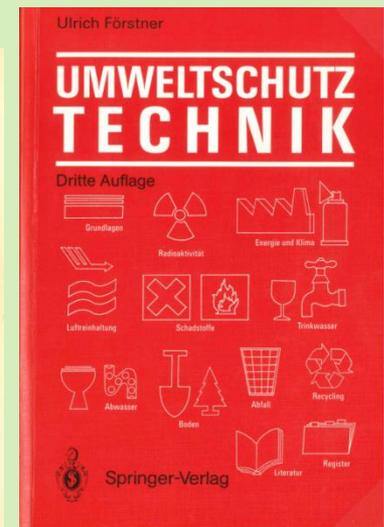
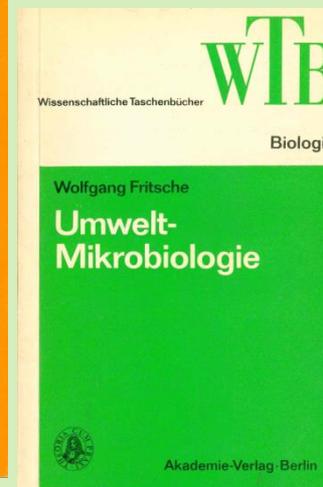
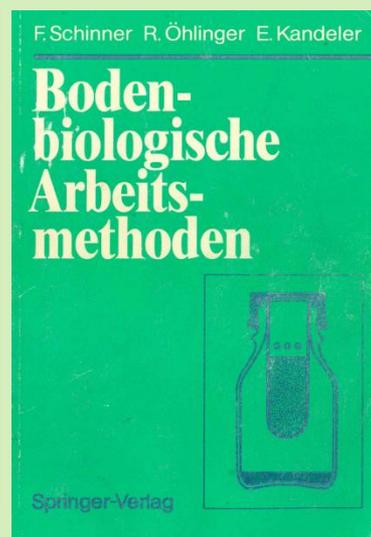
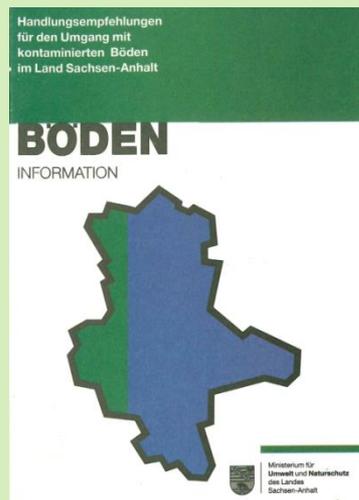
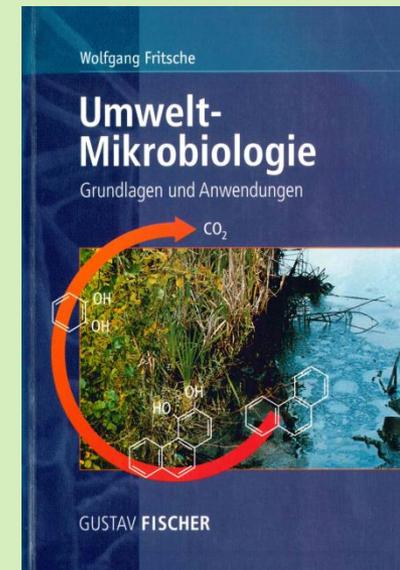
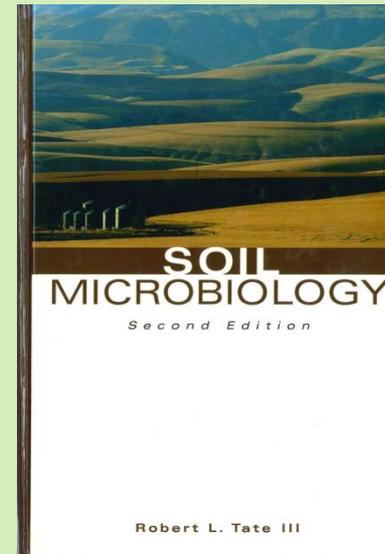
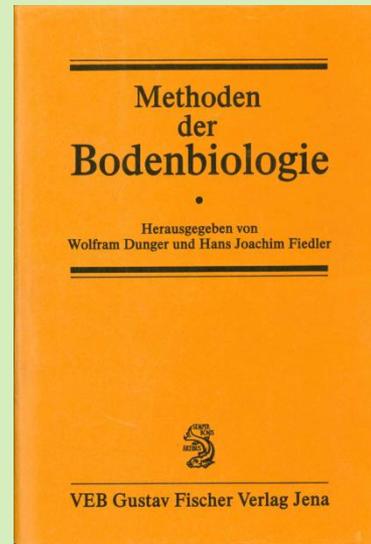
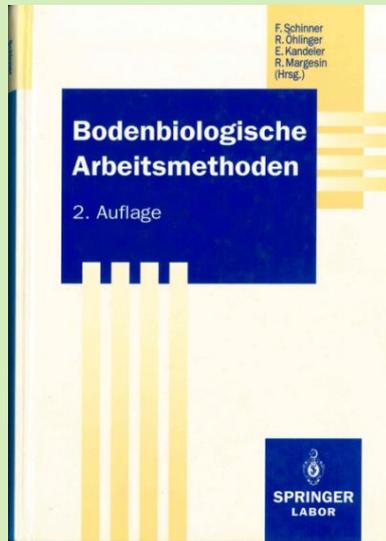


Phosphat-Düngemittelwerk Steudnitz - 1999





Literaturauswahl



§ 2 BBodSchG - Begriffsbestimmungen

(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

1. **natürliche Funktionen** als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und **Bodenorganismen**,
 - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) 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. Nutzfunktionen als
 - a) Rohstofflagerstätte,
 - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
 - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - d) Standort für sonstige wirtschaftlichen und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.



Funktion der Bodenorganismen

- Ab-/Umbau organische Substanz
- Nährstofffreisetzung für Organismen und Pflanzen
- Verlagerung von Stoffen im Bodenprofil
- Stabilisierung des Bodens durch Aggregation
- Austausch von Stoffen und Energie
zwischen Umweltmedien
- Ab-/Umbau organischer Schadstoffe



Punkt 5.4 Bodenbiologische Untersuchungen

Bericht der Ad hoc AG „Bodendauerbeobachtung“ des ständigen Ausschuss Informationsgrundlagen der LABO, 2000

Bodenmikroorganismen reagieren einerseits sehr schnell auf Veränderungen der ökologischen Bedingungen (z. B. *Domsch et al.* 1983), sie sind andererseits als Generalisten und als Spezialisten an integrativen Leistungen des Ökosystems wie Remineralisierung toter organischer Substanz und Humusbildung maßgeblich beteiligt (siehe z. B. *Gisi et al.* 1997, *Paul & Clark* 1996).

Die Bodenfauna ist nicht nur außerordentlich artenreich, sondern auch durch eine hohe biologische und ökologische Diversität gekennzeichnet. Sie übt direkten und indirekten Einfluß auf alle Bodenprozesse aus, wird andererseits direkt oder indirekt von ihnen beeinflusst (z. B. *Gisi et al.* 1997, *Coleman & Crossley* 1996). Hierbei sind Stellung im trophischen Gefüge, Lebensdauer und spezielle Lebensraumansprüche von Bedeutung und bestimmen damit die jeweils spezifische Indikator-Eignung innerhalb des Monitoring-Systems.



Ziel der mikrobiologischen Bodenanalyse

Bericht der Ad hoc AG „Bodendauerbeobachtung“ des ständigen Ausschuss Informationsgrundlagen der LABO, 2000

- Feststellung der im Boden ablaufenden Umsatzleistungen als eine der Komponenten der Bodenfruchtbarkeit und Selbstreinigungskraft von Böden sowie als Ausdruck der Funktion des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen
- Untersuchung von Funktions-Summenparametern

Umweltrelevanz:

- Bodenfruchtbarkeit, Stoffumsetzung, Kohlenstoffkreislauf

Untersuchungsintervall:

≥ 1 Jahr

Verknüpfung:

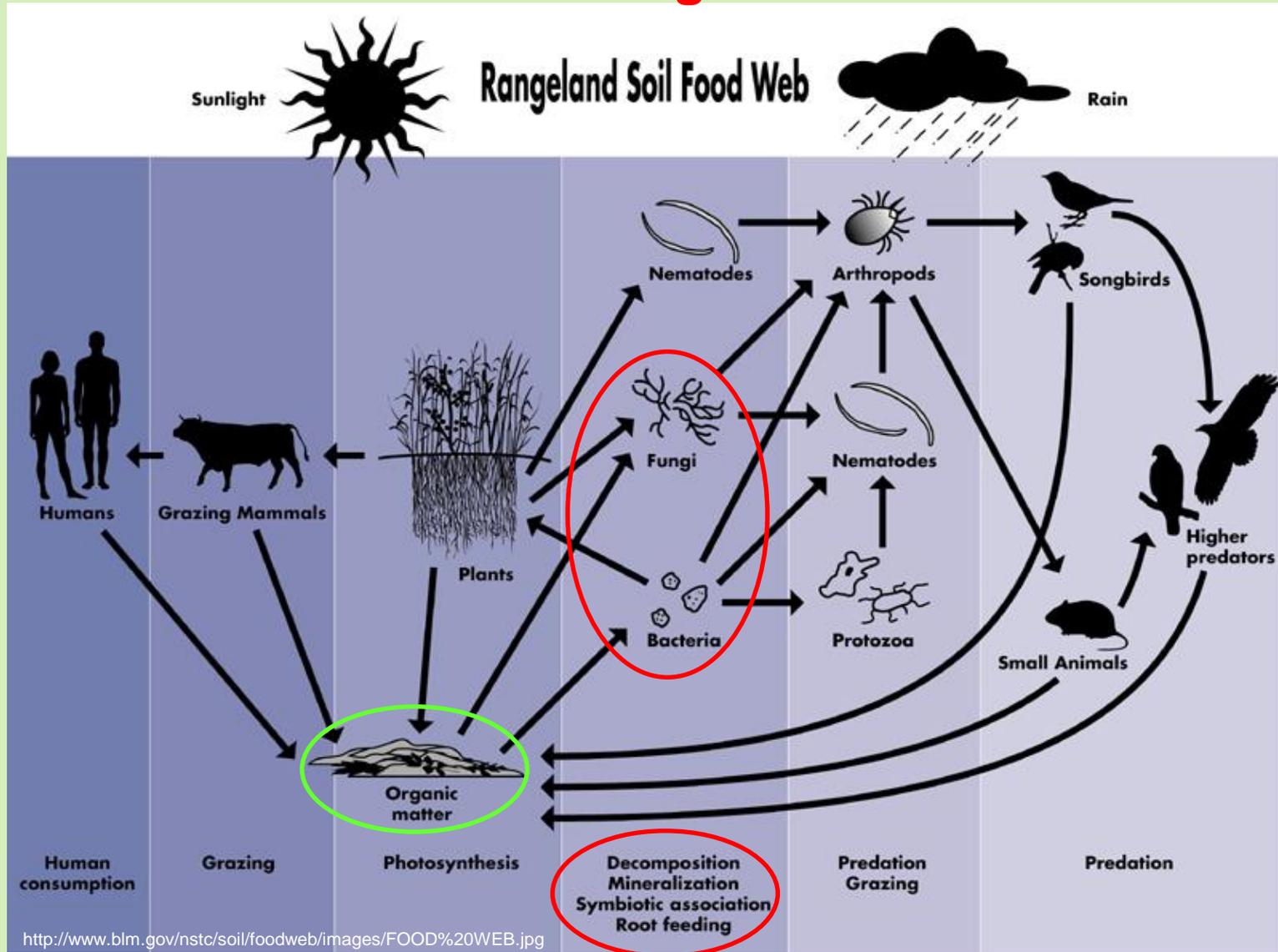
- Bodenfeuchte, pH-Wert, Nährstoffe, Humus

Dimension des Edaphons



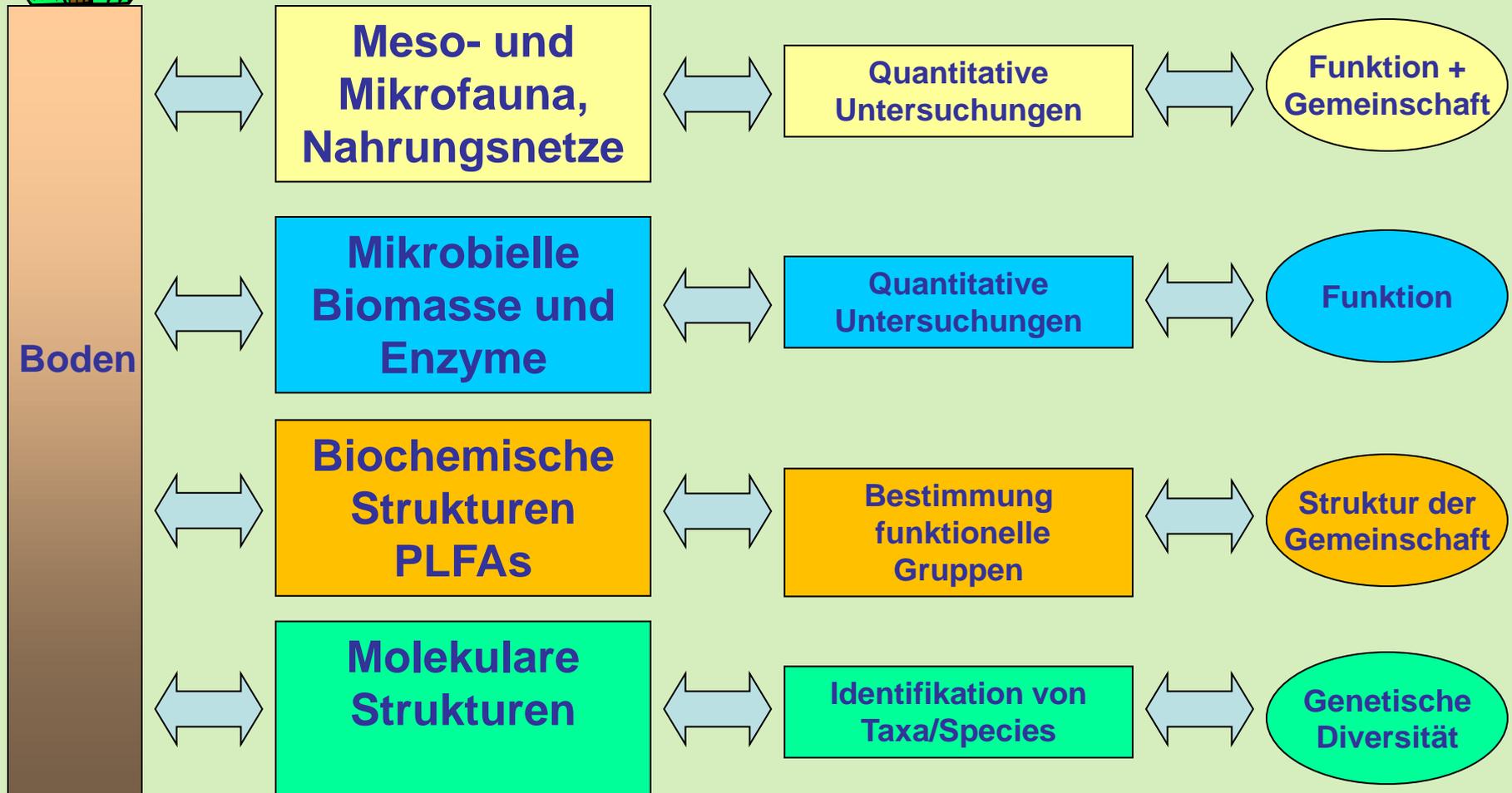
Walter Strobl: Script Vorlesung Bodenökologie, Universität Salzburg, SS 99

Interaktionen zwischen Organismen





Methoden der Bodenmikrobiologie



Basalatmung



<http://www.aktion-meditech.de/static/generated/1619-lunge-atmung.jpg>

- Die mikrobielle Bodenatmung resultiert aus dem Abbau organischer Substanz.
- Diese bodenbiologische Aktivität der Kohlenstoffmineralisierung setzt sich aus zahlreichen Einzelaktivitäten zusammen, deren Endstufe die CO₂-Bildung darstellt.
- Die CO₂-Freisetzung eines Bodens ist das Maß für die Gesamtheit der Atmungsaktivitäten aller Mikroorganismen, ein Summenparameter.



Mikrobielle Biomasse - C_{mik}

- Die mikrobielle Biomasse des Bodens, ist ein Sammelbegriff für die Gesamtheit der Bodenmikroorganismen.
- Durch Zugabe von Glucose wird die Basalatmung der Mikroorganismen angeregt (substratinduzierte Respiration - SIR) und über den Anstieg der Atmungsaktivität bzw. der CO_2 -Freisetzung wird indirekt auf die aktive mikrobielle Biomasse geschlossen.

SIR-Anlage nach Heinemeyer



Langer, 2003

24 Röhren mit Boden
werden von konditionierter
Umgebungsluft durchströmt

CO₂-Abgabe der Bodenproben wird
mit Infrarot-Gasanalysator und
Strömungsmessgerät gemessen



Metabolischer Quotient - $q\text{CO}_2$

Der metabolische Quotient ist ein physiologischer Parameter. Er errechnet sich aus der Basalatmung bezogen auf eine definierte mikrobielle Biomasse und ergibt damit ein indirektes Maß für das Vermögen einer mikrobiellen Lebensgemeinschaft, organische Substanz umzusetzen.

Je niedriger der $q\text{CO}_2$ ist, desto geringer ist die Anteil der organischen Substanz, die zum Erhalt der vorhandenen mikrobiellen Biomasse veratmet wird.

Diese Situation kann auf eine mikrobiellen Gemeinschaft im „Gleichgewicht“ mit den Umweltbedingungen hinweisen.

Umgekehrt bedeutet ein hoher $q\text{CO}_2$ eine hohe Atmungsaktivität der aktiven mikrobiellen Biomasse. Diese Situation kann gestörte Bedingungen zwischen Umwelt und mikrobieller Gemeinschaft anzeigen.



Katalase - Enzymaktivität

Die Katalase aerober Organismen, die in Böden überwiegen, spaltet das im Zellstoffwechsel entstehende toxische Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff.

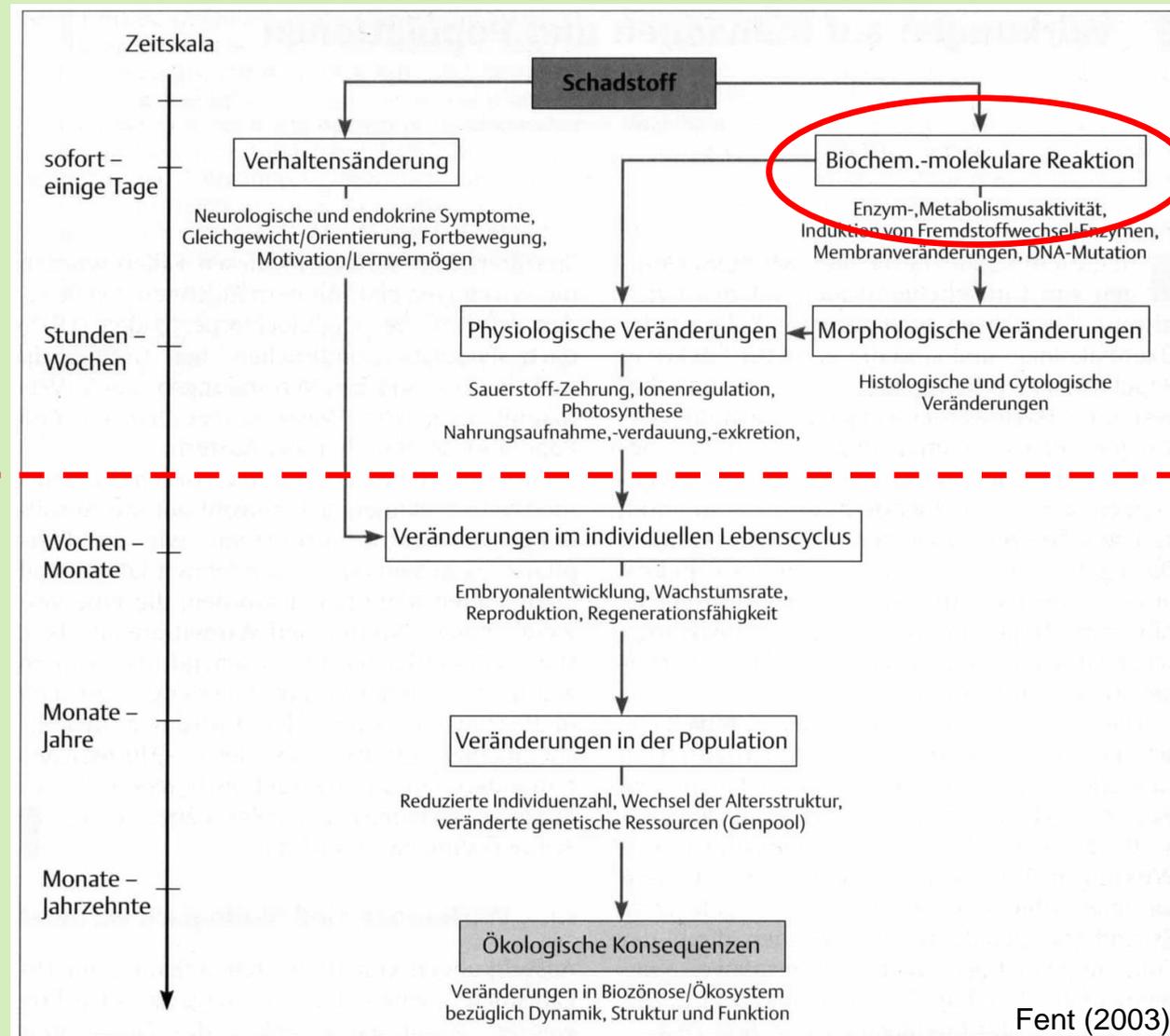
Die Katalasezahl ist ein Maß für die mikrobielle Aktivität in Böden.

Ist die Katalasezahl hoch, so ist dies ein Hinweis auf eine hohe Anzahl von aktiven Bodenorganismen.

Aus einer gepufferten Bodensuspension wird nach Zugabe von Wasserstoffperoxid die enzymatisch abgespaltene O₂-Menge gasvolumetrisch gemessen und die Katalasezahl in Prozent angegeben.

Wirkungen auf Individuen und Ökosystem

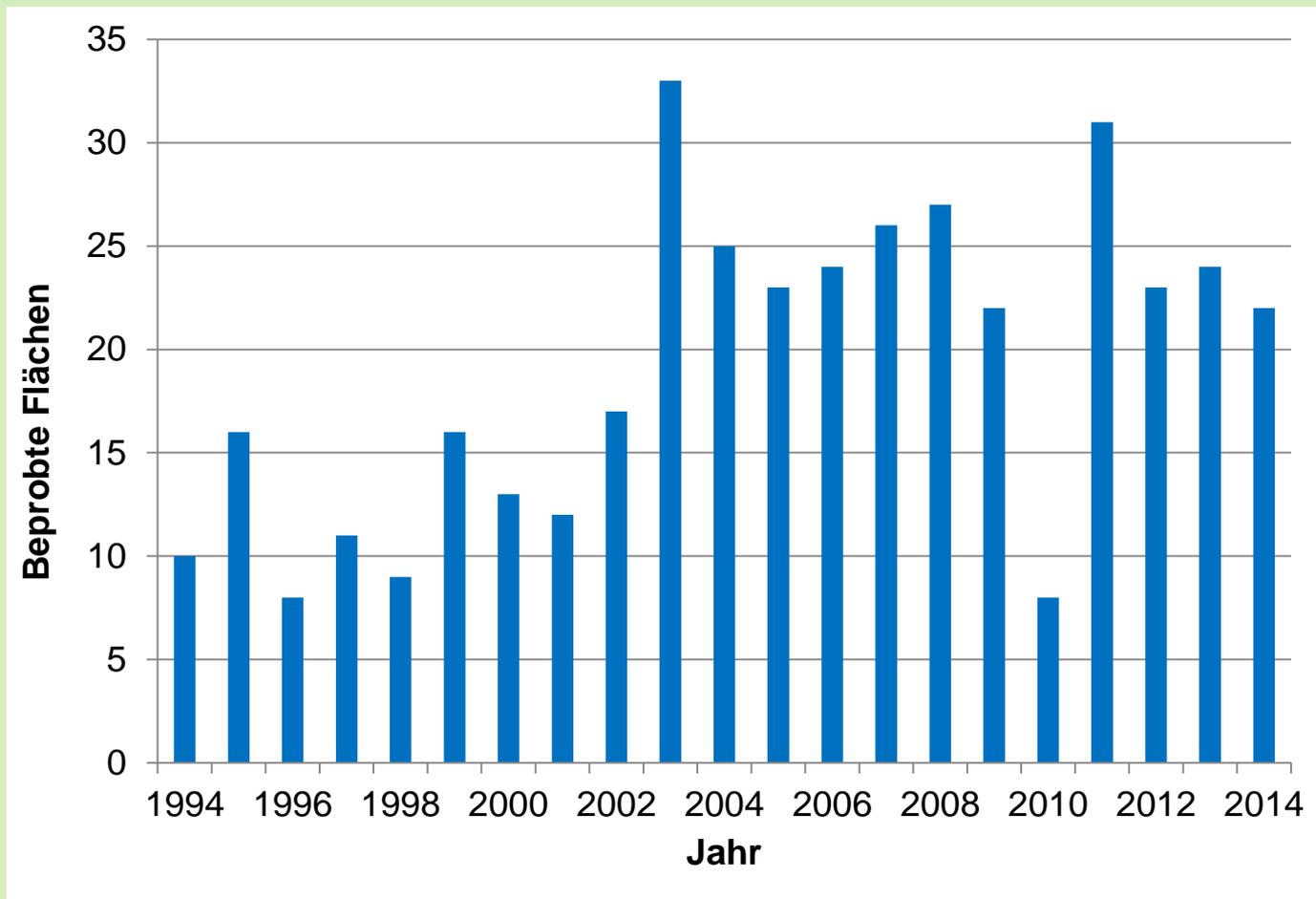
direkt



indirekt

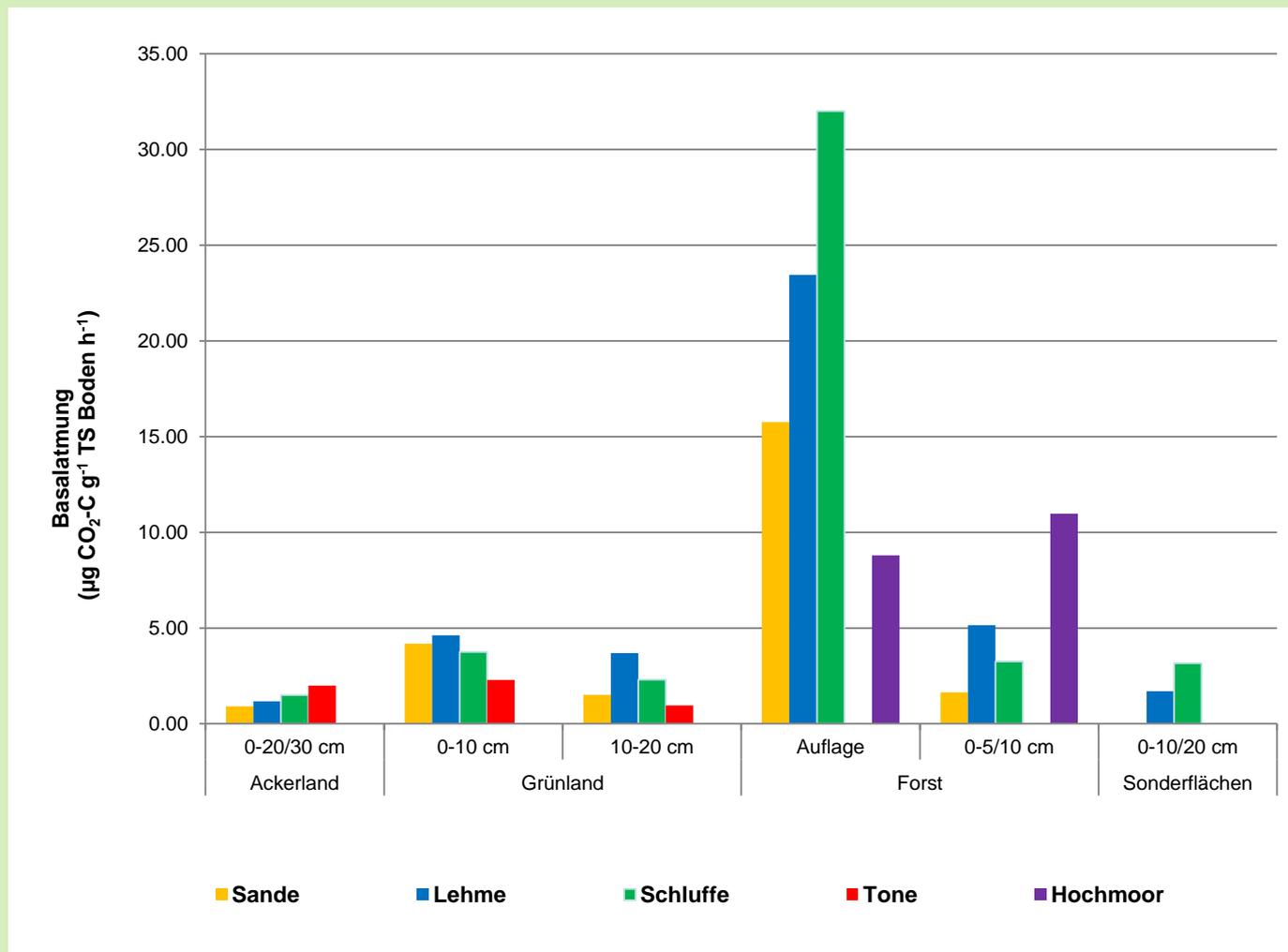


Entwicklung der Probennahmen/Jahr

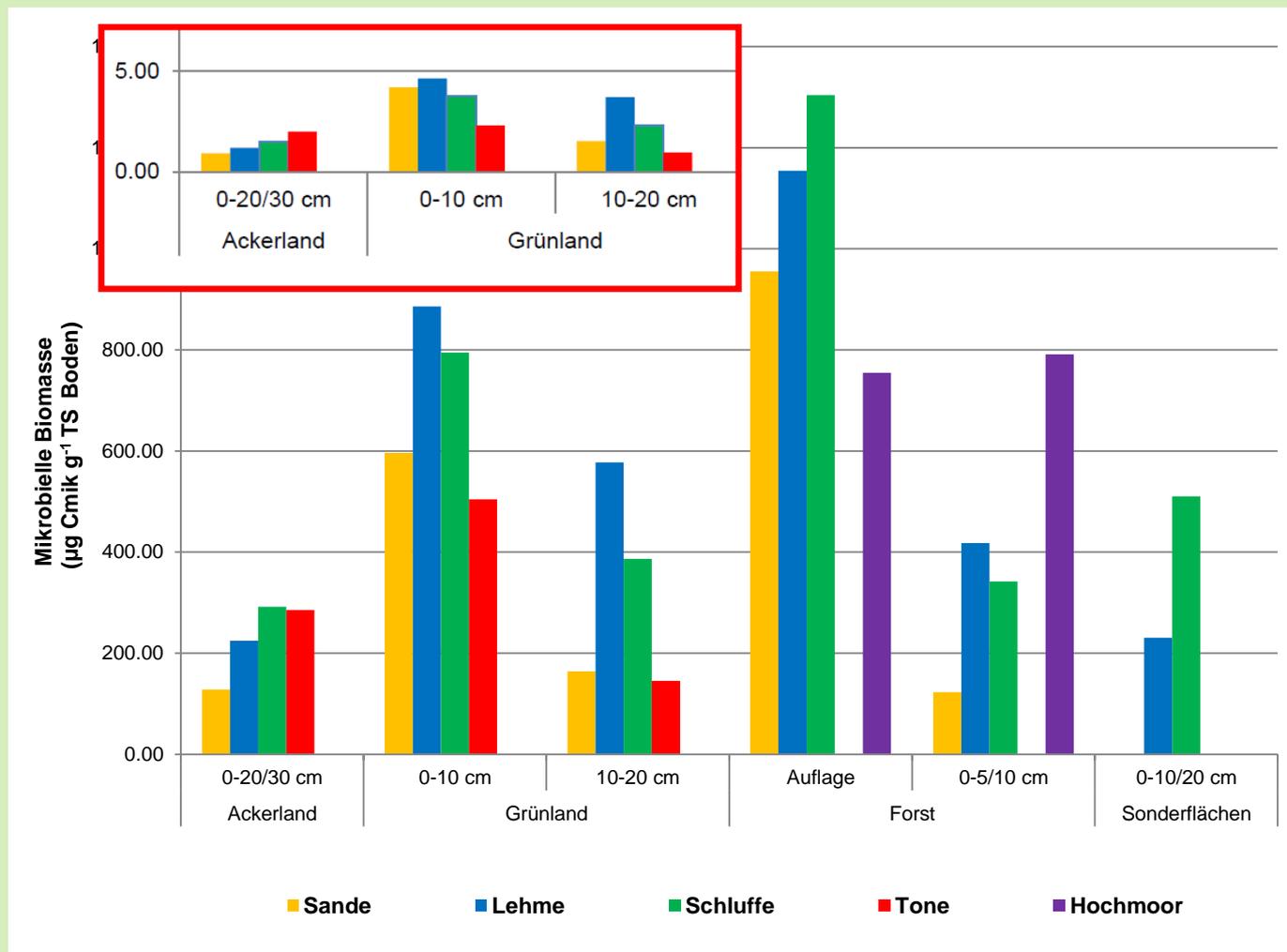




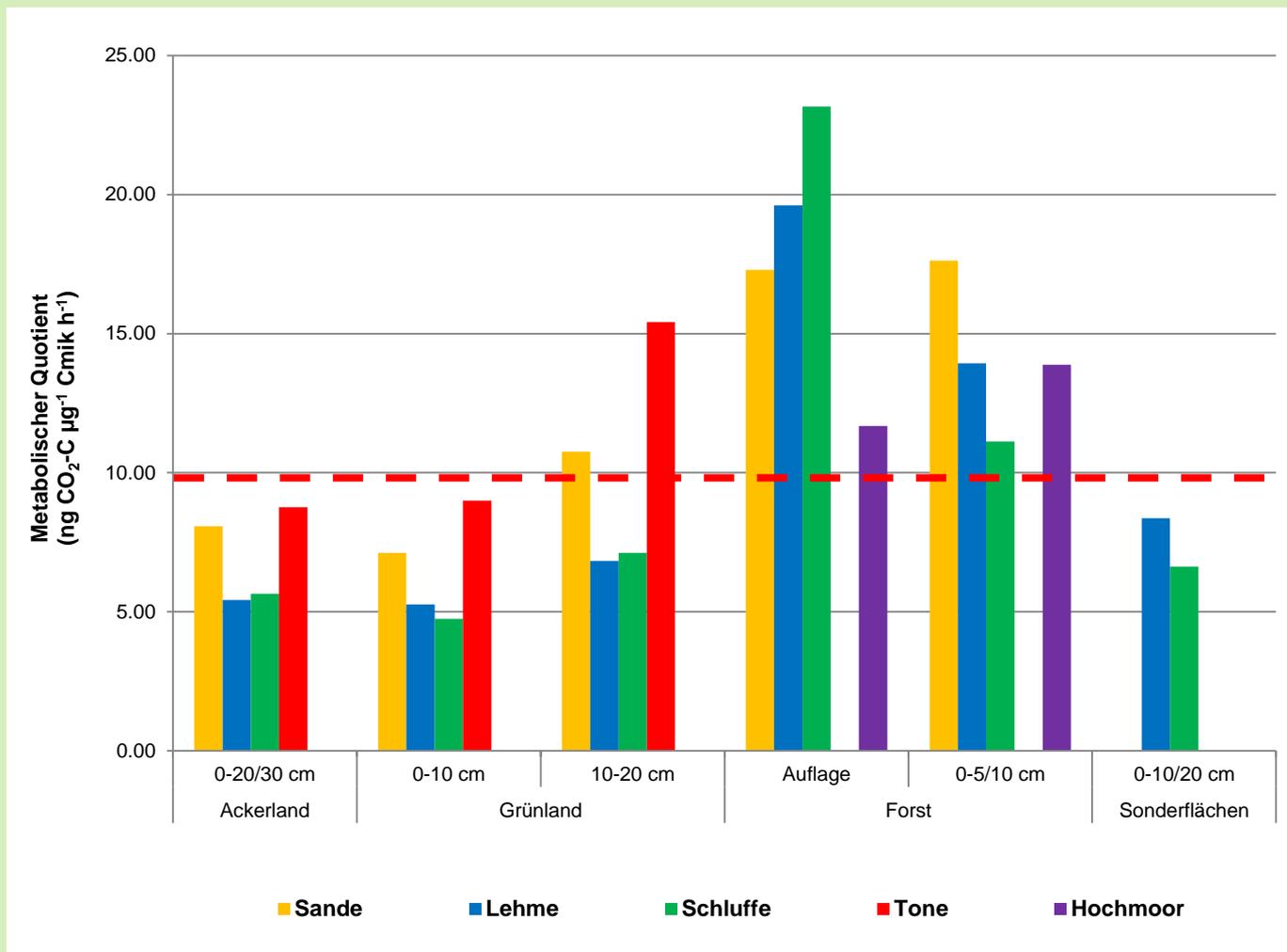
Basalatmung (Bewirtschaftung, Bodenart)



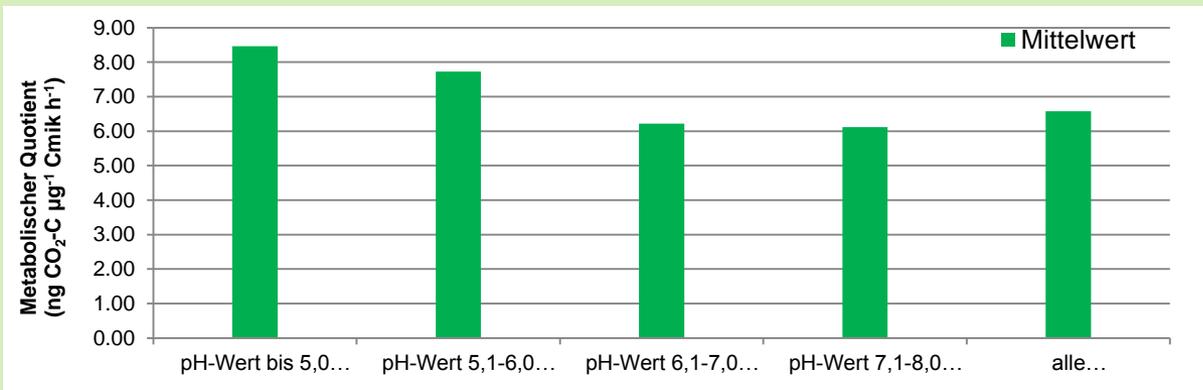
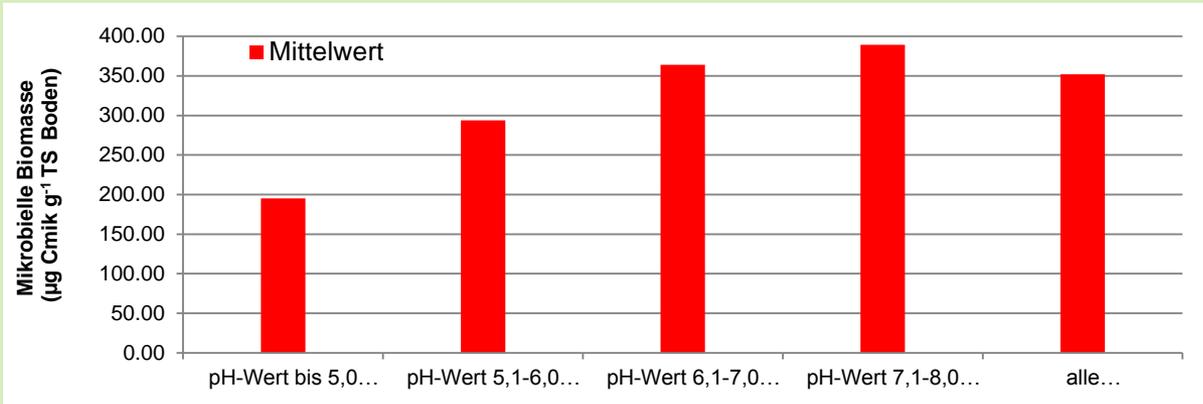
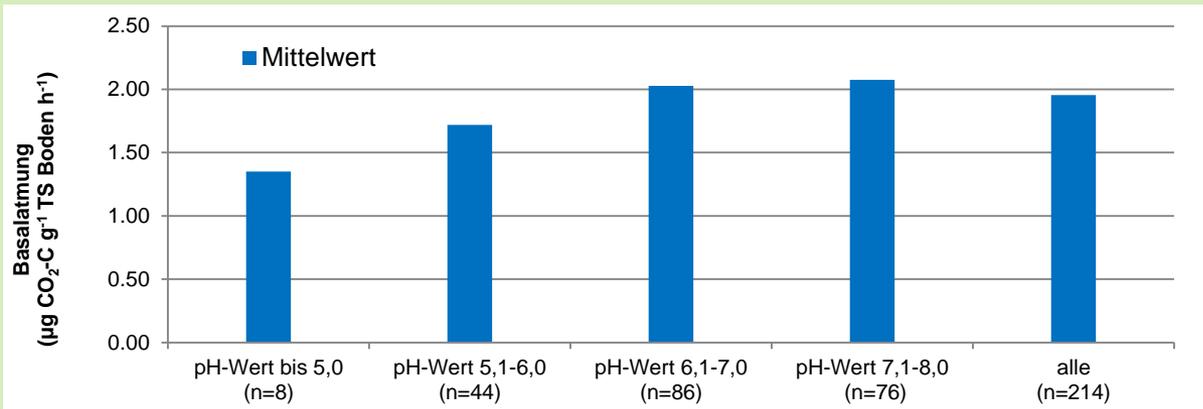
Cmik (Bewirtschaftung, Bodenart)



qCO₂ (Bewirtschaftung, Bodenart)

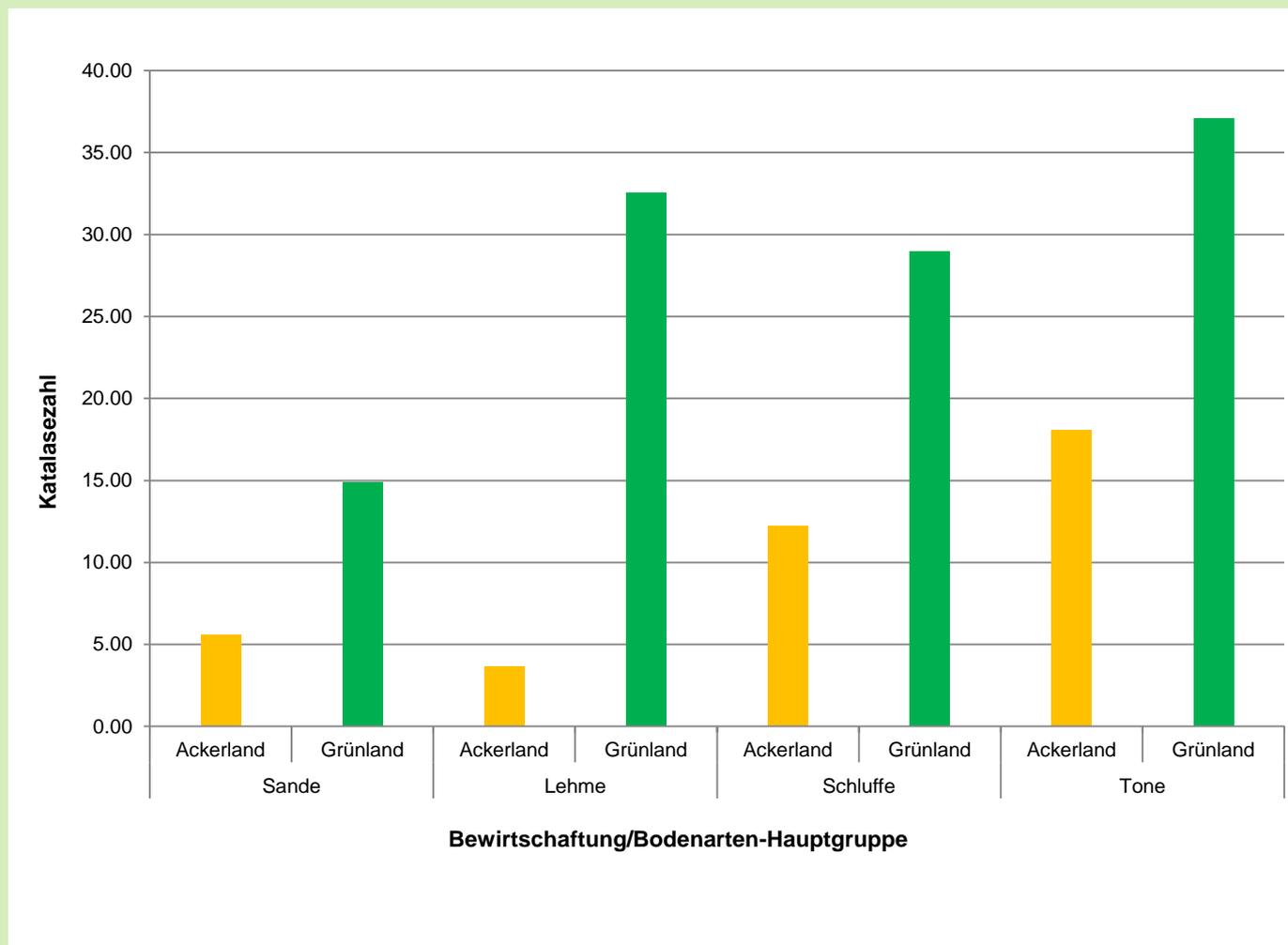


Aktivität (pH-Wert)

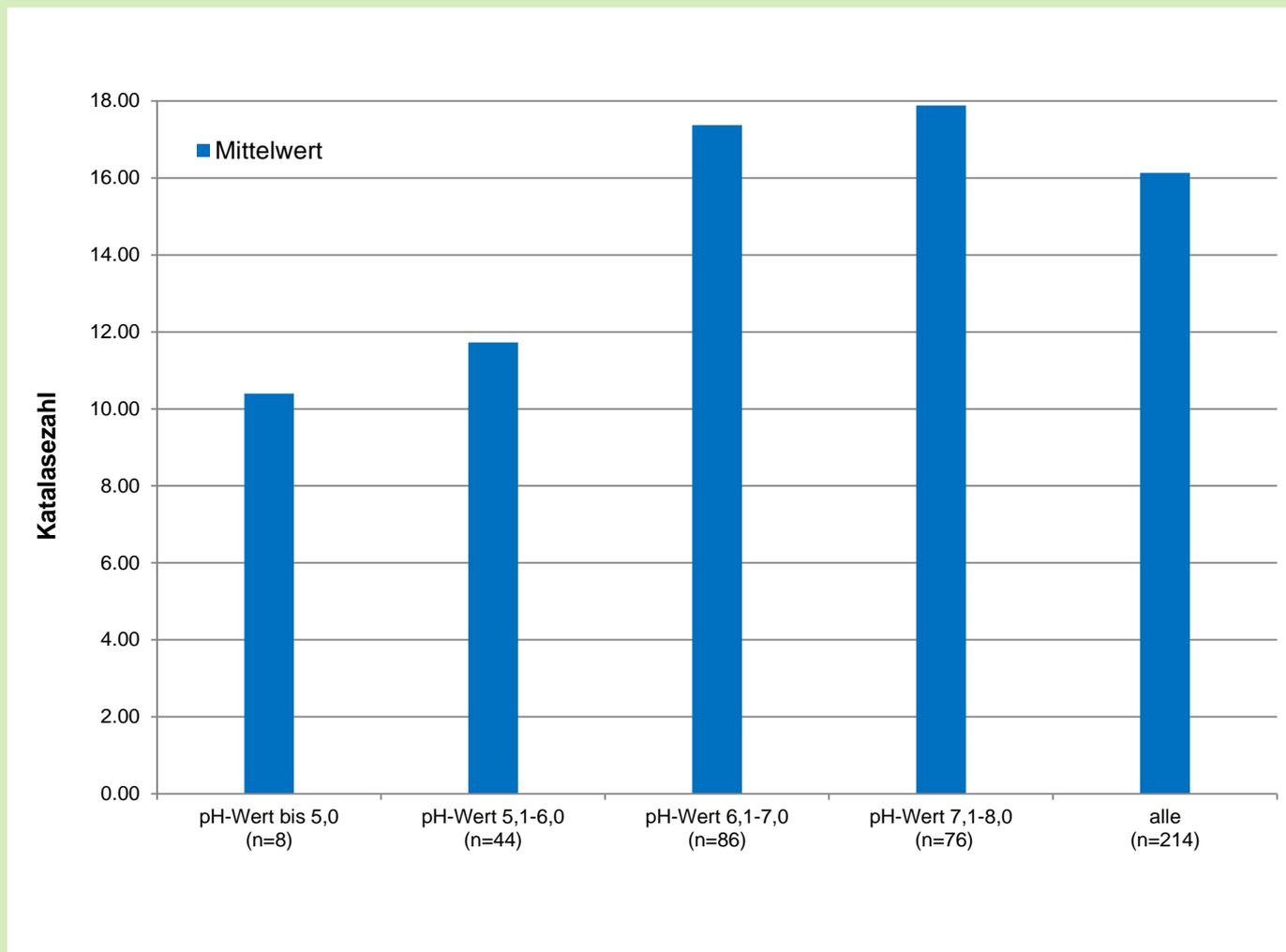




Katalase (Bewirtschaftung, Bodenart)



Katalase (pH-Wert)





Aktuelle Fragestellungen

| TEXTE | 89/2011

Auswertung der Veränderungen des Bodenzustands für Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und Validierung räumlicher Trends unter Einbeziehung anderer Messnetze

Teil A:
Methoden-Code und Umgang mit Verfahrenswechseln

90/2011

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

Auswertung der Veränderungen des Bodenzustands für Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und Validierung räumlicher Trends unter Einbeziehung anderer Messnetze

Teil B:
Datenauswertung und Weiterentwicklung des Monitorings

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

BODENRICHTLINIEN Bewertung

Die Beurteilung der Boden-Biodiversität: Ergebnisse eines UBA-Vorhabens

Jörg Römbke, Ulrich Burkhardt, Hubert Höfer, Franz Horak, Stephan Jänsch, Martina Roß-Nickoll, David Russell, Heike Schmitt und Andreas Toschki

Zusammenfassung
In diesem Beitrag werden die wesentlichen Ergebnisse eines vom Umweltbundesamt geförderten Vorhabens vorgestellt, in dem für die Beurteilung der Bodenqualität geeignete biologische Indikatoren (d. h. Organismengruppen) zu identifizieren waren. Außerdem sollten für ausgewählte Biotypen Erwartungswerte (= Referenzwerte) hinsichtlich des Vorkommens bestimmter Organismen ermittelt werden, anhand derer geprüft werden kann, ob ein Boden die Lebensraumfunktion gemäß Bundesbodenschutzgesetz erfüllt. Letztlich soll damit die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt umgesetzt werden, in der bisher der Lebensraum Boden nur wenig berücksichtigt wurde.

Dr. Jörg Römbke
Seit 1993 Geschäftsführer der ECT Ökotoxikologie GmbH in Harsefeld, speziell zuständig für die terrestrische Ökotoxikologie.

Dr. Ulrich Burkhardt
Seit 2009 am Senckenberg Museum für Naturkunde Göttingen (SMNH) Teamkoordinator in der Biodiversitätsdatenbank Edaphobase.

Dr. Hubert Höfer
Seit 2001 Abteilungsleiter und Kurator für Wirbellose am Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK).

Franz Horak
Seit 2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter am SMNK.

Dr. Stephan Jänsch
Seit 2001 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der ECT GmbH im Bereich Bodenkunde und Ökotoxikologie.

Dr. Martina Roß-Nickoll
Seit 2000 AG Biologie und Ökotoxikologie von Lebensgemeinschaften (Biosphäre für Umweltschutz, RWTH, Vorstand Forschungsinstitut gaisc, AG).

Dr. David Russell
Seit 2009 wissenschaftlicher Leiter der Abt. Bodenzoologie am Senckenberg Museum für Naturkunde in Göttingen.

Dr. Heike Schmitt
Seit 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin am IRS, Universität Utrecht, im Bereich Umweltmikrobiologie und Antibiotika-Resistenzen in der Umwelt.

Dr. Andreas Toschki
Seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung e.v. gaisc.

Schlüsselwörter: Lebensraumfunktion, Biotypen, Bodenindikatororganismen, Datenbank

Summary
In this contribution the main results of a project funded by the German Federal Environment Agency are presented. The project had two aims: 1. Identifying suitable biological indicator organisms (groups) for the assessment of soil quality. 2. Establishing reference values for common organisms in order to decide whether a soil is in good or bad condition. This work was in line with the National Strategy for Biological Diversity. The soil habitat is not well covered by the current monitoring system (BDF) and a permanent soil monitoring system was set up, in which the following organisms were used as reference values: Collembola, Oribatida, and micro-organisms. The results of selected species in relation to the factors were used as environmental indicators to assess soil quality. Finally to improve soil biological monitoring on BDF sites.

78 | Bodenschutz 3 | 13

BOKLIM
Bodendaten in der Klimaforschung

Mess- und Erhebungsaktivitäten für Böden in Deutschland

Bodendaten für Fragen zu Klimawandel, Klimafolgen und Anpassung

31. August 2009

BOKLIM
Bodendaten in der Klimaforschung

Forum 4 „Bodenbiologie/Biodiversität“

Dr. Anette Beylich
IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie, Hamburg

Dr. Uwe Langer
LAU Sachsen-Anhalt

UBA-Workshop „Anwendung von Bodendaten bei der Klimaanpassung“ am 29./30.09.2009

BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
GEOZENTRUM HANNOVER

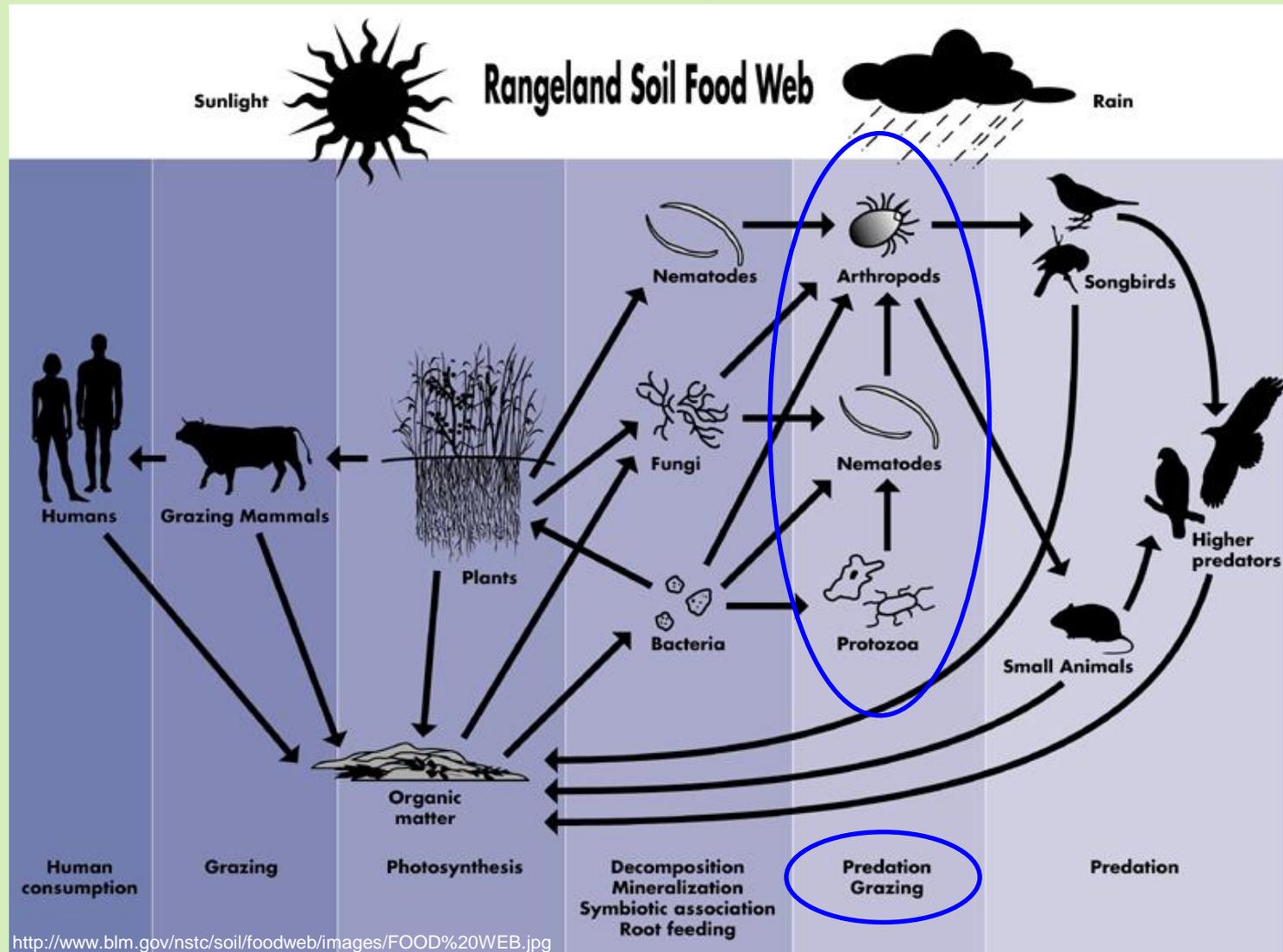
BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH

ahu AG

Interaktionen zwischen Organismen





Interaktionen Bodenorganismen

- **Verbreitung** von Mikroorganismen durch die Bodenfauna
- **Beweidung** der Bakterien und Pilze durch Collembolen, Nematoden und Amöben
 - stimuliert Wachstum und erhöht Mineralisation
 - verschiebt mikrobielle Gemeinschaft



Bodenbewußtsein 2010

Repräsentativumfrage zu Umweltbewusstsein und Umweltverhalten im Jahr 2010 (BMU, Nov. 2010)

Aus Punkt 3. Umweltqualität, Gesundheit und Risikowahrnehmung

Quantitative Entwicklung fruchtbarer Böden durch Klimaveränderungen

Frage:

*Und jetzt teilen Sie uns bitte mit, wie Sie die folgenden Entwicklungen -
im weltweiten Bezug und für den Zeitraum der nächsten 30 Jahre -
einschätzen?*



Bodenbewußtsein 2010

Antwort:

Fruchtbare Böden werden, z.B. durch Klimaveränderungen oder Umnutzung um 23 % zunehmen, zu 32 % gleichbleiben, zu 35 % abnehmen, 10 % weiß nicht (Abb. 11 Erwartungen zukünftiger ökologischer und sozialer Entwicklungen).

Lassen der prognostizierte Anstieg des Meeresspiegels, die Degradation durch Erosion, Bewässerung, Bewirtschaftung, Versiegelung und der Bevölkerungswachstum Spielraum für diese positive Erwartungen in den kommenden 30 Jahren?



Fazit

Die bodenbiologischen Parameter Basalatmung, mikrobielle Biomasse, $q\text{CO}_2$ und Katalase ermöglichen eine erste Charakterisierung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen nach Bodenart, Tiefenstufe und Bewirtschaftung in Sachsen-Anhalt.

Der vorhandene Datensatz der bodenbiologischen Parameter ist sehr heterogen und gegenwärtig nur ansatzweise statistisch auszuwerten. Weitere Untersuchungen und Auswertungen sind erforderlich.

Anpassungsmaßnahmen an neue Fragestellungen sollten mit Augenmaß vorgenommen werden. Bewährtes sollte erhalten bleiben.



**Manche Bodenorganismen
fühlen sich sauwohl!**



Langer, 2013



"In einer Handvoll guten Humusbodens gibt es weitaus mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Das Trockengewicht all dieser Bakterien und Pilze, Einzeller, Würmer, Spinnen und Insekten summiert sich pro Hektar auf rund 5 Tonnen ..."

(STERN-Report "Rettet den Boden", 1985, S. 20)