



BVB-Materialien Band 13

Herausgegeben vom Bundesverband Boden (BVB) e.V.

Biologische Charakterisierung von Böden

**Ansatz zur Bewertung des Bodens als
Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen
von Planungsprozessen**

Redaktion:

Dr. Anneke Beylich, Hamburg

Autoren:

Dr. Anneke Beylich

Prof. Dr. Gabriele Broll

Ulfert Graefe

Dr. Heinrich Höper

Dr. Jörg Römbke

Dr. Andrea Ruf

Prof. Dr. Dr. Berndt-Michael Wilke

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografi-
sche Daten sind im Internet über dnb.ddb.de abrufbar.

Weitere Informationen zu diesem Titel
finden Sie im Internet unter
[ESV.info/3 503 09083 5](http://ESV.info/3_503_09083_5)

Bundesverband Boden (BVB) e.V.
Adelheidisstraße 16, 53757 Sankt Augustin
Telefon: 02241/3 97 19 05, Telefax: 02241/3 97 19 09
E-Mail: bvboden@bvboden.de
Internet: www.bvboden.de

ISBN-13: 978 3 503 09083 9
ISBN-10: 3 503 09083 5

Alle Rechte vorbehalten.
© Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 2005
www.ESV.info



Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Recyclingpapier „RecyMago“

Druck: Strauss, Mörlenbach

Vorwort

Mit Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes im Jahre 1998 entstand der Bedarf, den Schutz der Bodenfunktionen auch in den vielfältigen Planungsverfahren zu konkretisieren. Von verschiedenen Seiten wurde ein besonderes Defizit darin gesehen, dass die Funktion des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungen nur unzureichend handhabbar und damit bewertbar war.

Der Fachausschuss „Biologische Bewertung von Böden“ des Bundesverbandes Boden (BVB) hat sich über mehrere Jahre mit diesem Thema befasst. Er ist interdisziplinär mit Vertretern von Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen, von naturkundlichen Museen, von Planungsbüros und von Bundes- und Landesbehörden besetzt. Er hat sich zum Ziel gesetzt, die Thematik sowohl mit der fachlich gebotenen Genauigkeit der Forschung als auch mit den auf Vereinfachung drängenden Anforderungen der Praxis zu bearbeiten. Nach zweijähriger Fachausschussinterner Diskussion wurde der BVB vom Bund-Länder-Ausschuss Boden (LABO) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms Wasser und Boden 2003/2004 beauftragt, die vorliegende Methode zur flächendeckenden Darstellung und Bewertung des Bodens als Lebensraum zu entwickeln und abschließend darzustellen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufgrund der Standorttreue wichtiger Bodentiergruppen ist es möglich, die Verbreitung von Bodenorganismengemeinschaften vorherzusagen und kartographisch darzustellen.
- Eine Bewertung anhand von Kriterien des Naturschutzes (z. B. Seltenheit auf unterschiedlichen räumlichen Skalen) ist möglich. Darüber hinaus können die vorgelegten Informationen auch für einen Soll-Ist-Abgleich, d.h. für einen Vergleich der am Standort vorgefundenen (Ist) mit der erwarteten Organismenpopulation (Soll), genutzt werden.
- Das vorgelegte Verfahren baut auf den aktuellen Stand des Wissens auf und kann anhand zukünftiger Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Standortfaktoren und die Verbreitung von Bodenorganismen erweitert werden.

Der Materialienband ist sowohl an den bodenbiologisch orientierten Forscher als auch an den Planer gerichtet. Dem Planer möge dieses Verfahren helfen, die Anforderungen des Bodenschutzgesetzes in die Praxis umzusetzen. Die Bodenzoologen sind aufgerufen, die dargestellten Zusammenhänge zwischen abiotischen und biotischen Faktoren zu vertiefen und damit zukünftig eine detailliertere Darstellung zur Verbreitung von Bodenorganismen zu ermöglichen.

Anneke Beylich, Heinrich Höper und Berndt-Michael Wilke

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	13
2 Rechtliche Grundlagen und Relevanz	15
3 Berücksichtigung der Lebensraumfunktion des Bodens in Planungsprozessen	19
3.1 Möglichkeiten und Grenzen vorliegender Ansätze zur Berücksichtigung der Lebensraumfunktion in Planungsverfahren	19
3.2 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode	20
4 Ansätze zur Klassifizierung von Bodenorganismen-Gemeinschaften	22
5 Standortfaktoren und Bodenorganismen	28
5.1 Grundsätzliches	28
5.2 Auswahl der Bodenorganismengruppen	29
5.3 Nutzungsabhängige Bedeutung der Standortfaktoren für die betrachteten Organismengruppen	31
6 Verfügbarkeit von Bodeninformationen	33
7 Definition und Benennung von Bodenlebensgemeinschaftstypen	38
8 Anwendung	51
8.1 Aktuelle Möglichkeiten der Anwendung	51
8.1.1 Bewertungsmethodik	52
8.1.2 Anwendungsbeispiele	54
8.1.2.1 Kartenbeispiel	55
8.1.2.2 Forstliche Rahmenplanung	56
8.1.2.3 Bewertung emittierender Anlagen	57
8.1.2.4 Hochwasserschutzmaßnahmen: Integriertes Rheinprogramm	59
8.2 Zukunftsperspektiven	60
9 Ausblick	61
10 Zusammenfassung	63
11 Glossar	65
12 Literatur	68

Anhang 1: Standortbeispiele aus dem Projekt „Bodenbiologische Standortklassifikation (BBSK)“	74
A1.1 Zuordnung der Bodenlebensgemeinschaftstypen zu den Standorten des BBSK-Projekts	74
A1.2 Zuordnung der Zersetzergesellschaften nach GRAEFE zu den Standorten des BBSK-Projekts	76
Anhang 2: Referenzstandorte für die Bodenlebensgemeinschaftstypen nasser Standorte	78

[Anhang 3: Informationen zur Eignung verschiedener Bodenorganismengruppen zur Bewertung von Böden im Rahmen von Planungsverfahren.] Nur digital verfügbar auf der Homepage des BVB unter <http://www.bvboden.de/publikationen/materialien/>

Diese Dokumentation basiert auf der Arbeit des Fachausschusses
„Biologische Bewertung von Böden“ der Fachgruppe 4
„Bodenfunktionen und -belastungen“ im Bundesverband Boden e. V.

Mitglieder des Fachausschusses:

Berndt-Michael Wilke (Obmann)	Institut für Ökologie, TU Berlin
Anneke Beylich (Redaktion)	IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Hamburg
Gabriele Broll	Abt. für Geo- und Agrarökologie, ISPA Institute for Spatial Analysis and Planning, Universität Vechta
Wolfram Dunger (zeitweise)	Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz
Dieter Felgentreu	Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie, Biologische Bundesanstalt Berlin
Ulfert Graefe	IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Hamburg
Alexander Gröngröft	Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg
Heinrich Höper	Bodentechnologisches Institut Bremen / Niedersächsi- sches Landesamt für Bodenforschung, Bremen
Kerstin Hund-Rinke	FhG-IME, Schmallingenberg
Volker Jessen-Hesse (zeitweise)	FU Berlin
Meike Kleinwächter	Zoologisches Institut, TU Braunschweig
Stefanie Krück	Berlin
Otto Larink	Zoologisches Institut, TU Braunschweig
Annette Marschner (zeitweise)	Umweltbundesamt FG II 3.4, Berlin
Silvia Pieper (zeitweise)	Institut für Biologie, FG Bodenzoologie und Ökologie, FU Berlin
Kay Rahtkens	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
Markus Raubuch (zeitweise)	FB Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel
Frank Riepert	Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie, Biologische Bundesanstalt Berlin
Jörg Römbke	ECT Oekotoxikologie GmbH, Flörsheim
Andrea Ruf	Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie, Abt. 10, Universität Bremen
David Russell	Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz

Externe Experten:

Rainer Baritz	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
Ludwig Beck	Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe
Hans-Jörg Brauckmann	Abt. für Geo- und Agrarökologie, ISPA Institute for Spatial Analysis and Planning, Universität Vechta
Irene Dahlmann	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim
Heinz-Christian Fründ	Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchi- tektur, FH Osnabrück
Katrin Goralczyk	Bremen
Jörg Spelda	Bayrische Staatssammlung, München
Steffen Woas	Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutzverordnung
BBSK	Bodenbiologische Standort-Klassifikation
BDF	Boden-Dauerbeobachtungsfläche
BGK	Bodengeologische Übersichtskarte
BImSchG	Bundes-Immissionschutzgesetz
BK	Bodenkarte
BKF	Bodenkundliche Feuchtestufe
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BÜK	Boden-Übersichtskarte
BZE	Bodenzustandserhebung im Wald
C/N-Verhältnis	Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff
CANOCO	Computerprogramm zur Durchführung einer Kanonischen Korrespondenzanalyse
Cmik	mikrobiell gebundener Kohlenstoff
Corg	organischer Kohlenstoff
DIN	Deutsches Institut für Normung
EUSIS	European Soil Information System
GIS	Geographisches Informationssystem
Ind./m ²	Individuen pro Quadratmeter
IRP	Integriertes Rheinprogramm
ISO	International Organization for Standardization
KA 4	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage (AG BODEN 1994)
KAKeff	effektive Kationenaustauschkapazität
KAKpot	potentielle Kationenaustauschkapazität
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LK	Luftkapazität (Groporenanteil)
MMK	Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung
n.u.	nicht untersucht
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKWe	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
NIBIS	Niedersächsisches Bodeninformationssystem
Ntot	Gesamtstickstoff
qCO ₂	respiratorischer Quotient
RIVPACS	River Invertebrates Prediction and Classification System
ROG	Raumordnungsgesetz
SOILPACS	Soil Prediction and Classification System
SUP	Strategische Umweltprüfung
TK	Topografische Karte
ÜKBotyGe	Übersichtskarte der Bodentypengemeinschaften
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Planungen, die eine Berücksichtigung des Bodens als Lebensraum ermöglichen bzw. erforderlich machen	15
Tabelle 2: Orientierungsrahmen bzw. Entscheidungshilfe zur Beurteilung der Relevanz von Bodenteilfunktionen der Lebensraumfunktion sowie der Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden in Planungs- und Zulassungsverfahren (nach PROJEKTGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003)	17
Tabelle 3: Konzepte zur Berücksichtigung der natürlichen Bodenfunktionen in Planungsverfahren	19
Tabelle 4: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen (aus GRAEFE 1998)	24
Tabelle 5: Übersicht der berücksichtigten Tiergruppen	30
Tabelle 6: Für die ausgewählten Tiergruppen wesentliche Faktoren in der Reihenfolge ihrer Bedeutung	32
Tabelle 7: Zuordnung der Bodenkarten und darin dargestellten bzw. ableitbaren Parameter zu den Planungsebenen (aus PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003)	34
Tabelle 8: Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe (AD-HOC-AG BODEN 2000)	35
Tabelle 9: Parameter der Bodenkundlichen Kartenwerke nach Planungsebenen und Bundesländern	37
Tabelle 10: Bodenlebensgemeinschaftstypen und die dafür typischen Standortfaktoren-Kombinationen	42
Tabelle 11: Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte nach HÖPER & KLEEFISCH (2001)	43
Tabelle 12: Vorläufiger Vorschlag für Erwartungswerte der Regenwurmbiomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte	44
Tabelle 13: Bedeutung des pH-Wertes für das Vorkommen der Pristomatidae auf Standorten des BBSK-Projekts	46
Tabelle 14: Bodenlebensgemeinschaftstypen und Standortbeispiele aus dem BBSK-Projekt (RÖMBKE et al. 2002)	48
Tabelle 15: Flächenanteile der Bodenlebensgemeinschaftstypen im Blattausschnitt der TK50 (topografische Karte im Maßstab 1:50.000) Blattnr. L2916	56
Tabelle 16: Vergleich der schwermetallbelasteten Fläche NOG mit den unbelasteten Flächen AKG und BRG, die eine für den Gemeinschaftstyp A 1.3 typische Artenzusammensetzung zeigen	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hierarchische Klassifizierung der Standorttypen der Bodenbiologischen Standortklassifikation (nach RÖMBKE et al. 2002a)	23
Abbildung 2: Vorläufiges Bewertungsschema für Böden als Lebensraum nach SOMMER et al. (2002)	26
Abbildung 3: Gliederung der Bodenfauna nach Größenklassen bezogen auf den Durchmesser der Organismen (nach SWIFT et al. 1979)	29
Abbildung 4: Ableitung der Bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) differenziert nach Bodentyp anhand klimatischer, bodenkundlicher und hydrologischer Eingangsdaten (nach MÜLLER 1997, AD-HOC-AG BODEN 2000)	35
Abbildung 5: Modellvorstellung zum Vorkommen von Regenwürmern nach SOMMER et al. (2002) für Böden mit Tongehalten > 12 %	39
Abbildung 6: Zersetzergesellschaften nach GRAEFE (1993a) übertragen in ein Ökogramm aus bodenkundlicher Feuchtestufe und pH-Wert	39
Abbildung 7: Ökogramm der Bodenlebensgemeinschaftstypen	41
Abbildung 8: Ergebnis der Korrespondenzanalyse mit fünf Tiergruppen für 21 Standorte	45
Abbildung 9: Fließschema Verfahrensablauf zur Bewertung der Funktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ in Planungen	51
Abbildung 10: Kartografische Darstellung der Bodenlebensgemeinschaftstypen (TK25 Blatt 2916, Niedersachsen)	55

1 Einleitung

Das Bundesbodenschutzgesetz fordert, die Funktion des Bodens als „Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen“ zu schützen (§2 BBodSchG 1998). Weitere Gesetze, wie z. B. das Raumordnungsgesetz (ROG 1997) und das Baugesetzbuch (BauGB 2002), verlangen eine Berücksichtigung des Bodens im Rahmen von Planungsverfahren. Eine Umsetzung dieser gesetzlichen Forderung findet bezogen auf den Boden allgemein bisher nur in geringem Maße statt, obwohl die entsprechenden Gesetze seit längerem in Kraft sind. Bezogen auf die Boden-Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ kommt erschwerend der Mangel eines praktikablen Verfahrens zur Darstellung und Bewertung dieser Funktion speziell für Planungsprozesse hinzu.

In der Fachgruppe 4 „Bodenfunktionen und –belastungen“ des Bundesverbands Boden e. V. wurde daher ein Fachausschuss eingesetzt mit der Aufgabe, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem die Teilfunktion des Bodens, Bodenorganismen als Lebensgrundlage und Lebensraum zu dienen, charakterisiert und in Planungsverfahren eingebracht werden kann (HÖPER & RUF 2003). Folgende Überlegungen spielten dafür eine Rolle:

- Die Berücksichtigung der Bodenorganismen kann innerhalb des Abwägungsprozesses von Planungsverfahren zusätzliche Erkenntnisse liefern, die mit der Berücksichtigung der anderen Bodenteilfunktionen nicht abgedeckt werden.
- Bodenbiologische Untersuchungen, die im Rahmen von Forschungsvorhaben planungsrelevante Fragestellungen bearbeiten, liegen vor, werden aber u. a. aus methodischen Gründen nicht für Planungsverfahren genutzt (z. B. BECK et al. 2001).
- Für die Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen liegen Ansätze vor, die in den vergangenen Jahren diskutiert und erweitert wurden (RÖMBKE et al. 2002b), aber nur modifiziert für Planungszwecke einsetzbar sind.

Das hier entwickelte Verfahren soll als Bestandteil einer Gesamtbodenbewertung in Planungsprozessen auf mittlerer und großer Maßstabsebene (1:50.000 - 1:5.000 und größer) die Möglichkeit bieten,

- die flächenhafte Verbreitung und die Vernetzung unterschiedlicher Bodenlebensgemeinschaftstypen kartographisch darzustellen;
- besonders schützenswerte Flächen auszuweisen, deren Standorteigenschaften aus bodenbiologischer Sicht nicht verändert werden dürfen;
- Prognosen zu den Auswirkungen bodenverändernder Maßnahmen und Vorhaben auf Bodenlebensgemeinschaften zu erstellen.

Ziel ist es, die Vielfalt der Lebensräume und damit die Artenvielfalt von Bodenorganismen zu erhalten.

Die Förderung der Methodendokumentation erfolgte durch das Länderfinanzierungsprogramm „Wasser und Boden“ 2003/2004. Im Rahmen dieses Programms wurde bereits eine umfassende Studie zu Methoden der Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungsverfahren erarbeitet (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003). Dort werden einige generelle Aspekte dieser Thematik, die auch für die hier bearbeitete engere Fragestellung relevant sind, ausführlich dargestellt und werden daher im Folgenden nur kurz behandelt. Dies trifft insbesondere für die rechtlichen Grundlagen und die Verfügbarkeit bodenkundlicher Daten zu.

Als Handlungsbedarf wird von der PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) die „Entwicklung geeigneter Methoden für die Bewertung des Kriteriums «Standortpotential für Bodenorganismen-Gemeinschaften»“ angegeben, da diese derzeit nicht vorlägen und daher das Kriterium aktuell nicht zu beurteilen sei. Mit dem hier vorgestellten Ansatz soll die Grundlage für eine Berücksichtigung der Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ in Planungsverfahren geschaffen werden. **Kernstück der Methode ist die Verknüpfung von definierten Bodenlebensgemeinschaftstypen mit Kombinationen bestimmter abiotischer Standortfaktoren.** Anhand von Anwendungsbeispielen werden die möglichen Einsatzbereiche diskutiert. Die vorliegende Methodendokumentation versteht sich als Anregung, die gegebenen Möglichkeiten zur Bewertung der Lebensraumfunktion zu nutzen und die daraus resultierenden Erfahrungen für Erweiterungen und Verbesserungen umzusetzen.

Das hier vorgestellte Verfahren soll dazu beitragen, dass die Boden-Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ Berücksichtigung in Planungsprozessen findet, wenn dies für den Schutz der natürlichen Bodenfunktionen sinnvoll und notwendig ist. Ziel ist dabei, die Vielfalt der Bodenorganismen und ihrer Gemeinschaften zu erhalten.

2 Rechtliche Grundlagen und Relevanz

Der Schutz von Böden ist im Vergleich zu den anderen Umweltmedien Luft und Wasser und zum Naturschutz im öffentlichen Bewusstsein und in der Umsetzung in Planungsvorgängen zweitrangig. Jedoch war bereits vor Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG 1998) das Umweltmedium Boden in verschiedenen flächenhaften Planungen zu berücksichtigen. In der Raumordnung sollen die „natürlichen Gegebenheiten“ beachtet werden. Bei der Entwicklung von Natur und Landschaft sind die „Naturgüter, insbesondere Wasser und Boden, [...] sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen“ (ROG 1997). Der Naturschutz hat zum Ziel, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter zu erhalten. Ausdrücklich heißt es, dass „Boden zu [...] erhalten“ und „ein Verlust seiner natürlichen Fruchtbarkeit [...] zu vermeiden“ ist (BNatSchG 2002). Die Bauleitplanung ist so zu gestalten, dass die natürlichen Lebensgrundlagen geschützt oder entwickelt werden können (BauGB 2002). Belange des Umweltschutzes und explizit des Bodens müssen in die Abwägungsprozesse einfließen. Von zentraler Bedeutung ist die Bodenschutzklausel, nach der in der Bauleitplanung mit Grund und Boden sparsam und schonend umzugehen ist. Dies bedeutet die Minimierung von Bodenbelastungen und der Inanspruchnahme von naturnahen Böden. Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG 2002) sind bei der Projektplanung die Umweltauswirkungen von Vorhaben auf verschiedene Schutzgüter zu ermitteln und zu bewerten. Dazu gehört, neben Mensch, Tier, Pflanze, Wasser, Klima und Luft, ausdrücklich auch der Boden. Die Planungsinstrumente, in deren Rahmen der Boden als Schutzgut berücksichtigt werden kann, werden auf unterschiedlichen Maßstabsebenen wirksam (Tab. 1).

Tabelle 1: Planungen, die eine Berücksichtigung des Bodens als Lebensraum ermöglichen bzw. erforderlich machen

Art der Planung	Planungsinstrument	Maßstab
Raumplanung	Raumordnungsplan (Land), Regionalplan	1 : 500.000 bis 1 : 50.000
Bauleitplanung	Flächennutzungsplan, Bebauungsplan	1 : 10.000 bis 1 : 5.000
Landschaftsplanung	Landschaftsprogramm (Land), Landschaftsrahmenplan (Landkreis)	1 : 500.000 bis 1 : 50.000
	Landschaftsplan (Gemeinde), Grünordnungsplan (Gemeinde)	1 : 10.000 bis 1 : 5.000
Zulassungsverfahren im Rahmen von Projektplanungen	z. B. Umweltverträglichkeitsstudie	1 : 10.000 bis 1 : 5.000

Auf **europäischer Ebene** wird anerkannt, dass Bodenschutz europaweit harmonisiert und koordiniert werden muss, und dass dabei auch die Funktion des Bodens als Lebensraum für Organismen eine wesentliche Rolle spielt (EU 2002). Als Basis dafür werden Bodendaten in einem einheitlichen europäischen Bodeninformationssystem (EUSIS) zusammengestellt. Außerdem wird die Entwicklung eines EU-weiten Bodenmonitoring-Programms angestrebt. Im Bereich der Planung soll die Strategische Umweltprüfung (SUP) der Europäischen Gemeinschaft (EG 2001) europaweit einen Mindestrahmen für die Berücksichtigung der Umweltauswirkungen in Planungsprozessen festlegen. Sie bezieht sich dabei nicht nur auf die Projektplanung, sondern auch auf gesamträumliche Planungsvorhaben, und umfasst neben anderen Schutzgütern auch den Boden.

Die Überlagerung und gegenseitige Ergänzung der bodenschutzrelevanten Gesetze und Richtlinien **in Deutschland** wird von der PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) ausführlich dargestellt. Eine Konkretisierung im Hinblick auf den Bodenschutz erfahren die planungsrelevanten Gesetze durch das **BBodSchG** (1998), in dem Bodenfunktionen definiert sind, die es zu schützen gilt. An erster Stelle steht hier die Funktion des Bodens, Lebensraum und Lebensgrundlage für Mensch, Tier, Pflanze und Bodenorganismen zu sein (Lebensraumfunktion). Um diese Funktion des Bodens ihrer Bedeutung gemäß in den Abwägungsprozess von Planungen einbringen zu können, sind Verfahren erforderlich, die eine flächendeckende Darstellung ermöglichen. Je nach Datengrundlage und regionalen Erfordernissen sind in den Ländern Verfahren entwickelt worden, um den Boden in Planungsprozessen als Schutzgut zu berücksichtigen. Die Lebensraumfunktion wird dabei jedoch häufig nur indirekt abgedeckt und kommt damit bei der planungsrechtlichen Abwägung gegenüber anderen Belangen unzureichend zur Geltung.

Allerdings wird auch darauf hingewiesen, dass innerhalb der Lebensraumfunktion die Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ nur in bestimmten Fällen untersuchungswürdig ist, denn es „...sind bei Auftreten bestimmter Beeinträchtigungsfaktoren Auswirkungen auf andere Bodenteilfunktionen von größerer **Entscheidungsrelevanz**“ (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003, S. 36). Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Berücksichtigung über andere, damit zusammenhängende Bodenteilfunktionen ausreichend ist (indikatorisches Vorgehen). Allein für die Beeinträchtigungsfaktoren Verdichtung und Stoffeintrag wird angenommen, dass die Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ regelmäßig betroffen ist. Darauf basierend ergeben sich bei der Studie der PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) bestimmte Planungs- und Zulassungsverfahren, meist auf der unteren Planungsebene, bei denen die Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ relevant sein kann (Tab. 2):

- Zulassungsverfahren (u. a. für Straßen, Schienenwege, Flughäfen, Gewässerausbau, Hochwasserschutzmaßnahmen, Tagebau, Abfallbeseitigungsanlagen und Deponien, sowie emittierende Anlagen nach BImSchG),
- spezielle Schutzgebietsausweisungen (z. B. Bodenschutzgebiet),
- forstlicher Rahmenplan,
- agrarstruktureller Entwicklungsplan,
- Flurbereinigung.

Keine Relevanz wird dagegen für die Bauleitplanung, die Landschaftsplanung sowie die meisten Schutzgebietsausweisungen gesehen. Diese Einschätzung ist nach unserer Ansicht durchaus zu hinterfragen. Möglicherweise wird sich mit einer Verbesserung der Untersuchungsfähigkeit und der wissenschaftlichen Grundlagen langfristig eine veränderte Sicht der Untersuchungswürdigkeit einstellen.

Tabelle 2: Orientierungsrahmen bzw. Entscheidungshilfe zur Beurteilung der Relevanz von Bodenteilfunktionen der Lebensraumfunktion sowie der Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden in Planungs- und Zulassungsverfahren (nach PROJEKTGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003)

Legende		Bodenteilfunktion	Lebensraumfunktion				
		Bodenteilfunktion	Lebensgrundlage für Menschen	Lebensraum für Pflanzen		Lebensraum für Bodenorganismen	-
A	Es ist i.d.R. eine verbal-argumentative Aussage auf der Ebene der Boden(teil)funktion erforderlich bzw. ausreichend. Die Beurteilung von Einzelkriterien ist nur ggf. relevant.						
●	Das Einzelkriterium ist regelmäßig relevant.						
○	Das Einzelkriterium ist nur ggf. relevant.						
-	Bodenteilfunktion / Kriterium ist i.d.R. nicht relevant.						
Verfügbarkeit von Methoden		Kriterium	Überschreitung von Vororge-, Prüf- u. Maßnahmenwerten der BBodSchV	Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Standort eignung für Bodenorganismen-Gemeinschaften	Naturnähe
	Für eine differenzierte Beurteilung besonders u. grundsätzlich geeignete Methode/n vorhanden						
	Für eine orientierende Beurteilung geeignete Methode/n vorhanden						
	Bislang keine fachlich geeignete Methode bzw. einheitliche/vergleichbare Methodik vorhanden						
Planungs- / Verfahrenstyp und -ebene		Maßstab 1:					
Überörtliche Planung (ROG)	Landesplanung (§ 8 ROG)	200.000 - 1.000.000	-	●	●	-	○
	Regionalplanung (§ 9 ROG)	25.000 - 100.000	A	●	●	-	○
Gemeindliche Planung (Bauleitplanung) (BauGB und BauNVO)	Flächennutzungsplan (vorbereitender Bauleitplan) (§ 5 BauGB)	5.000 - 10.000 (evtl. 20.000)	●	●	●	-	○
	Bebauungsplan (verbindlicher Bauleitplan) (§ 8 BauGB)	500 - 2.000	●	●	●	-	○
	Vorhaben- und Erschließungsplan (§ 12 BauGB) (vorhabensbezogener Bebauungsplan)	500 - 2.000	●	●	●	-	○
Landschaftsplanung (§ 12ff. BNatSchG)	Landschaftsprogramm (§ 15 BNatSchG i.V.m. Landesrecht)	ca. 200.000	-	●	●	-	○
	Landschaftsrahmenplan (§ 15 BNatSchG i.V.m. Landesrecht)	25.000 - 100.000	-	●	●	-	○
	Landschaftsplan (§ 16 BNatSchG i.V.m. Landesrecht)	5.000 - 10.000 (evtl. 20.000)	A	●	●	-	○
	Grünordnungsplan (§ 16 BNatSchG i.V.m. Landesrecht)	500 - 2.000	A	●	●	-	○
Schutzgebietsausweisung u. -planung (§§ 22ff. BNatSchG)	Naturschutzgebiet / Nationalpark / Natura 2000-Gebiet	500 - 2.000	-	●	-	-	○
	Biosphärenreservat / Landschaftsschutzgebiet / Naturpark / Geschützter Landschaftsbestandteil	500 - 2.000	-	●	○	-	○
	Naturdenkmal	500 - 2.000	-	-	-	-	-
Spezielle Schutzgebietsausweisungen	Wasserschutzgebiet (§ 19 WHG i.V.m. Landesrecht)	500 - 2.000	-	-	-	-	-
	Überschwemmungsgebiete (§ 32 WHG i.V.m. Landesrecht)	500 - 2.000	-	-	-	-	-
	Bodenschutz- / Bodenplanungsgebiet (Landesbodengesetze, soweit landesrechtlich geregelt)	500 - 2.000	●	○	○	○	○
Zulassungsverfahren (Planfeststellung, Genehmigung, Erlaubnis etc.)	Straßen (unterschiedlicher Größenordnung u. Verkehrsbelastung)	1.000 - 5.000	○	●	●	○	○
	Rad- / Wirtschaftswege	1.000 - 5.000	-	●	●	-	○
	Schienenwege (Bahnstrecke, Straßenbahn)	1.000 - 5.000	-	●	●	○	○
	Magnetschwebebahn	1.000 - 5.000	-	●	●	○	○
	Flughafen	1.000 - 5.000	○	●	●	○	○
	Wasserstraßen	1.000 - 5.000	-	○	○	-	○
	Gewässerausbau	1.000 - 5.000	-	●	○	○	○
	Hochwasserschutzmaßnahmen	1.000 - 5.000	-	●	○	○	○
	Wasserentnahme / -einleitung	1.000 - 5.000	-	○	○	○	○
	Abwasserbehandlungsanlagen	1.000 - 5.000	-	○	○	-	○
	Unterirdische Leitungen	1.000 - 5.000	-	●	●	○	○
	Oberirdische Rohstoffgewinnung (Tagebau)	1.000 - 10.000	○	●	●	○	○

Legende		Bodenfunktion	Lebensraumfunktion				
		Bodenteilfunktion	Lebensgrundlage für Menschen	Lebensraum für Pflanzen		Lebensraum für Bodenorganismen	-
A	Es ist i.d.R. eine verbal-argumentative Aussage auf der Ebene der Boden(teil)funktion erforderlich bzw. ausreichend. Die Beurteilung von Einzelkriterien ist nur ggf. relevant.						
●	Das Einzelkriterium ist regelmäßig relevant.						
○	Das Einzelkriterium ist nur ggf. relevant.						
-	Bodenteilfunktion / Kriterium ist i.d.R. nicht relevant.						
Verfügbarkeit von Methoden		Kriterium	Überschreitung von Vorsorge-, Prüf- u. Maßnahmenwerten der BBodSchV	Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Standort eignung für Bodenorganismen-Gemeinschaften	Naturnähe
	Für eine differenzierte Beurteilung besonders u. grundsätzlich geeignete Methode/n vorhanden						
	Für eine orientierende Beurteilung geeignete Methode/n vorhanden						
	Bislang keine fachlich geeignete Methode bzw. einheitliche/vergleichbare Methodik vorhanden						
Planungs- / Verfahrenstyp und -ebene		Maßstab 1:					
	Untertägige Rohstoffgewinnung	1.000 - 10.000	○	○	○	○	○
	Emittierende Anlagen (BImSchG-Vorhaben)	1.000 - 5.000	●	●	●	○	○
	Abfallbeseitigungsanlagen (inkl. Deponien)	1.000 - 5.000	●	●	●	○	○
	Bauliche Anlagen oder sonstige Eingriffe in den Boden (u.a. nach Bauordnungs- u. Naturschutzrecht zu genehmigen; z.B. kleine bzw. punktuelle Bauvorhaben im Außenbereich, Aufschüttungen, Dämme)	500 – 2.000	●	●	●	○	○
Verfahren und Planungen mit Sonderstellung	Forstlicher Rahmenplan	regional: 50.000 (örtlich: 5 - 10.000)		●	●	○	○
	Agrarstruktureller Entwicklungsplan	50.000	-	●	●	○	○
	Flurbereinigung	1.000 - 5.000		●	●	○	○

Die Berücksichtigung des Bodens in Planungsvorhaben ist gesetzlich festgeschrieben. Im Bundes-Bodenschutzgesetz sind die zu schützenden Bodenfunktionen definiert. Die Lebensraumfunktion wird bei Planungsvorhaben meist nicht oder nur indirekt abgedeckt. Innerhalb dieser Funktion wird die Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ ausdrücklich in bestimmten Fällen als relevant anerkannt, z. B. wenn durch das geplante Vorhaben Verdichtung und Stoffeintrag zu erwarten oder land-/forstwirtschaftliche Nutzungsänderungen vorgesehen sind.

3 Berücksichtigung der Lebensraumfunktion des Bodens in Planungsprozessen

3.1 Möglichkeiten und Grenzen vorliegender Ansätze zur Berücksichtigung der Lebensraumfunktion in Planungsverfahren

In verschiedenen Verfahren finden sich Ansätze zur Berücksichtigung der **natürlichen Bodenfunktionen** in Planungen. Die Lebensraumfunktion des Bodens ist darin entweder eingeschlossen oder wird gesondert behandelt (Tab. 3). Ein möglicher Ansatz zur Ausweisung schutzwürdiger Böden hinsichtlich ihrer natürlichen Funktionen basiert darauf, Bodentypen mit extreme Standorteigenschaften bezüglich Wasserhaushalt, Nährstoffgehalten oder pH-Wert kartographisch darzustellen. Nach einem ähnlichen Konzept werden Bodentypen erfasst, die regionaltypisch oder besonders selten sind. Zur Berücksichtigung der Lebensraumfunktion spielt das Kriterium Naturnähe ebenfalls eine wichtige Rolle (z. B. HOCHFELD et al. 2003). Als naturnah gelten dabei nicht ackerbaulich genutzte Böden mit ungestörtem Profilaufbau und ohne Eingriffe, die den Wasserstand regulieren. In mehreren Bundesländern wird auf diese Weise versucht, mit dem Schutz der natürlichen Bodenfunktionen allgemein die Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ indirekt mit abzudecken (BLOSSEY & LEHLE 1998).

Tabelle 3: Konzepte zur Berücksichtigung der natürlichen Bodenfunktionen in Planungsverfahren

Funktion / Teilfunktion	Kriterien	Quelle
Natürliche Bodenfunktionen insgesamt	• Seltene oder regionaltypische Böden (Bodentypen)	BOSCH 1994; GEOLOGISCHER DIENST NRW 1998
	• Böden mit extremen Standorteigenschaften (Wasser- und Nährstoffangebot)	MÜLLER et al. 2000; BOSCH 1994; GEOLOGISCHER DIENST NRW 1998
	• Naturnahe Böden: ungestörter Profilaufbau, nicht entwässert, kein Ackerbau	MÜLLER et al. 2000; BOSCH 1994; BIERHALS et al. 2001
Lebensraum für Pflanzen	• Biotopentwicklungspotenzial: Extremstandorte sind schützenswert • Biotisches Ertragspotenzial: Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit sind schützenswert	GEOLOGISCHER DIENST NRW 1998; LUA S-A 1998; BLOSSEY & LEHLE 1998; BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 2003
Lebensraum für Tiere, Pflanzen, Bodenorganismen	• Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften und Naturnähe	HOCHFELD et al. 2003
	• Besondere Standorteigenschaften • Natürliche Ertragsfähigkeit	BVB 2001
Lebensraum für Bodenorganismen	• Seltenheit von Standorteigenschaften • Naturnähe / Hemerobie	LEHLE et al. 1995
	• Anthropogene Prägung	JESSEL et al. 2001

Verschiedene Verfahren gehen dagegen ausdrücklich auf die Funktion des Bodens als **Lebensraum für Pflanzen** ein (GEOLOGISCHER DIENST NRW 1998, BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 2003). Zum einen wird hier das landwirtschaftlich nutzbare, natürliche Ertragspotenzial der Böden als Bewertungskriterium angeführt. Zum anderen wird das Biotopentwicklungspotenzial dargestellt, d. h. das Potenzial, besondere, aus naturschutzfachlicher Sicht schützenswerte Pflanzenbestände auszubilden. Standorte mit extremer Ausprägung bestimmter Standorteigenschaften werden dabei besonders hoch bewertet. Als ein Kriterium für die Bewer-

tung des Bodens als Lebensraum von Bodenorganismen wird in einigen Bundesländern das Artenspektrum in Betracht gezogen, kommt aber mangels Datengrundlage für eine flächendeckende Berücksichtigung nicht zum Einsatz. Mehrfach wird der Mangel an Bewertungskriterien für den Boden als Habitat für Bodenorganismen beklagt (LEHLE et al 1995, BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 2003) bzw. festgestellt, dass es sich bei den verwendeten Kriterien nur um Hilfskriterien handeln kann (BVB 2001).

Einige der oben kurz umrissenen Verfahren gehen implizit davon aus, dass die Faktoren und Faktorkombinationen, die zur Ausweisung von Böden mit besonderer Bedeutung für die Pflanzenwelt herangezogen werden, gleichermaßen für Bodenorganismen gelten, ohne dass dies geprüft wurde. So werden beispielsweise zur Bewertung der Lebensraumfunktion die Parameter effektiver Wurzelraum, nutzbare Feldkapazität, Bodentyp oder Bodenzahl der Bodenschätzung herangezogen (BLOSSEY & LEHLE 1998). Ebenso wenig wurde untersucht, ob Schwellenwerte abiotischer Bodenparameter, die für die Ausweisung von Extremstandorten herangezogen werden, eine Bedeutung für Bodenorganismen haben. Nimmt man an, dass extreme Böden auch besonders schützenswerte Lebensgemeinschaften enthalten, könnte man Verfahren zur Ausweisung von Bodentypen mit besonderen Eigenschaften auch zur Darstellung von besonderen Lebensräumen für Bodenorganismen verwenden. Dem steht jedoch die Beobachtung entgegen, dass ein Zusammenhang zwischen Bodentyp und Biozönose bzw. Organismenbesatz häufig nicht besteht (für Mikroorganismen siehe HÖPER & KLEEFISCH 2001). Bodenorganismen sind vorwiegend im A-Horizont und – insbesondere in Wäldern – in der organischen Bodenaufgabe aktiv und werden weniger von den Bedingungen in den tieferen Schichten des Bodenprofils beeinflusst, die häufig den Bodentyp bestimmen. Dabei reagieren Bodenorganismen auf die Kombination bestimmter abiotischer Bodeneigenschaften, wobei die Wirkungsschwellen nicht mit der Abgrenzung zwischen Bodentypen in Beziehung stehen (RÖMBKE et al. 2000). Daher ist es von Vorteil, bei der Darstellung von Lebensräumen direkt auf Informationen zu abiotischen Bodeneigenschaften (z. B. Bodenreaktion, Bodenfeuchte und Bodenart) statt auf „synthetische“ Informationen zum Bodentyp zurückzugreifen.

3.2 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode

Im Gegensatz zu bestehenden Verfahren wird bei der im Folgenden vorgestellten Methode besonderes Gewicht darauf gelegt, dass sowohl die Abgrenzung der Lebensräume zueinander, als auch die Definition der Lebensräume über bestimmte Kombinationen abiotischer Faktoren **bodenbiologisch begründet** sind. An ein solches bodenbiologisch fundiertes Verfahren zur Darstellung von Lebensräumen für Bodenorganismen werden folgende Anforderungen gestellt (HÖPER & RUF 2003):

- Die Klassengrenzen der Faktoren und Faktorkombinationen und die Grenzen zwischen den auszuweisenden Flächeneinheiten sollen biologisch begründet sein.
- Der Flächeninhalt soll ebenfalls biologisch definiert, d. h. als abgrenzbarer Bodenlebensgemeinschaftstyp beschrieben werden.
- Die Zahl der so ausgewiesenen Gemeinschaftstypen sollte sich in einem überschaubaren Rahmen halten, aber andererseits ausreichend differenziert sein, um sinnvolle Bewertungen zu ermöglichen.
- Es werden nur Informationen zu abiotischen Bodenfaktoren verwendet, die flächendeckend digital oder digitalisierbar vorliegen. Dabei können die in verschiedenen Bodeninformationssystemen abgelegten Auswertungsmethoden zur Ableitung komplexer Bodeneigenschaften zum Einsatz kommen.

- Es wird das Potenzial für die Präsenz der Bodenlebensgemeinschaftstypen ermittelt. Dadurch wird die Ausweisung von Suchräumen im Planungsgebiet ermöglicht, d. h. von Flächen, für die eine gezielte Durchführung weitergehender Untersuchungen (Soll-Ist-Abgleich) erforderlich ist.
- Zur besseren planerischen Umsetzung sollte das Verfahren möglichst automatisierbar, d. h. GIS-basiert sein.

Im Rahmen von Planungsprozessen wird die Lebensraumfunktion oft nur indirekt berücksichtigt oder auf die Teilfunktion „Lebensraum für Pflanzen“ reduziert. Dadurch werden Parameter für die Ausweisung schützenswerter Böden herangezogen, die aus Sicht der Bodenorganismen nicht relevant oder zumindest nicht ausreichend sind. Für ein Verfahren zur Bewertung der Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ ist daher u. a. zu fordern, dass die Definition und Abgrenzung der Lebensräume von Bodenlebensgemeinschaftstypen bodenbiologisch begründet sind.

4 Ansätze zur Klassifizierung von Bodenorganismen-Gemeinschaften

Im Folgenden werden einige neuere Ansätze zur Klassifizierung und Bewertung von Bodenorganismen-Gemeinschaften vorgestellt. Sie wurden meist allgemein für die Beschreibung und Bewertung der Lebensraumfunktion im Hinblick auf unterschiedliche Fragestellungen entwickelt, u. a. auch für den Einsatz in Planungsverfahren. Es lassen sich damit mehr oder weniger detailliert Erwartungswerte bezüglich der Bodenbiozönose eines Standorts formulieren und dann ein Soll-Ist-Vergleich vornehmen. Den Verfahren gemeinsam ist die direkte Verwendung biologischer Parameter an Stelle des Rückschlusses auf dieselben von abiotischen Parametern ausgehend, wie es bei den in Kapitel 3 geschilderten Verfahren häufig der Fall ist. Darüber hinaus werden hier nur Verfahren betrachtet, die mehrere Tiergruppen einbeziehen und Aussagen über die ganze Bodenbiozönose ermöglichen oder jedenfalls anstreben. Dies ist notwendig, da bei der Verwendung von nur einer Tiergruppe nicht das gesamte Spektrum natürlicher Böden abgedeckt werden kann. Eine weitere Gemeinsamkeit der Methoden ist ihr Schwerpunkt auf der qualitativen Auswertung (Artenspektrum), da quantitative Informationen (Ind./m², Biomasse) starken saisonalen Schwankungen unterliegen und daher für eine Bewertung nur eingeschränkt oder ergänzend geeignet sind.

Für die **Bodenbiologische Standortklassifikation** (BBSK) nach RÖMBKE et al. (2000) wurden zunächst an Hand flächendeckend vorliegender Daten Standorttypen festgelegt. RÖMBKE et al. (2000) definierten über die Kombinationen von fünf Standortfaktoren (Humusgehalt, C/N-Verhältnis, pH, Bodenart und Bodenfeuchte des Oberbodens) Standort-Klassen zunächst schwerpunktmäßig für Forstböden. Nach einer Klassifizierung dieser Faktoren in 4 bis 5 Klassen ergaben sich 1280 theoretisch mögliche Standorttypen als Faktorenkombinationen, von denen je nach betrachtetem Kartenausschnitt und Maßstabsebene nur ein kleiner Anteil real auftritt. Bei Verwendung von Bodeninformationen aus der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:1.000.000 ergaben sich 116 reale Standorttypen im Forst. Eine weitere Reduzierung der Standorttypen auf 10 erfolgte mit Hilfe einer Clusteranalyse. Den so abgeleiteten Standorttypen wurden Erwartungswerte hinsichtlich des Artenspektrums verschiedener Tiergruppen (Nematoden, Horn- und Raubmilben, Enchyträen, Lumbriciden, Asseln und Tausendfüßer) zugeordnet. Aus bodenbiologischer Sicht müssen bei dieser Vorgehensweise sowohl die Klasseneinteilung bei der Faktorklassifizierung als auch die Gleichgewichtung der Faktoren kritisch betrachtet werden:

- Die relativ starre Klasseneinteilung innerhalb eines Faktors berücksichtigt nicht, dass es hier bodenbiologisch relevante Schwellenwerte gibt. So können bei einem Absinken des pH-Werts unter 4 starke Effekte auf die Boden-Lebensgemeinschaft auftreten, während im pH-Bereich 5 bis 7 kein oder nur ein schwacher Einfluss des pH-Wertes auf viele Bodenorganismen zu verzeichnen ist.
- Die von RÖMBKE et al. (2000) verwendeten Standortfaktoren wirken nicht in gleicher Stärke auf das Bodenleben ein. So kann Wasser, ob im Mangel oder im Überschuss, einen stärkeren Einfluss auf Bodenorganismen ausüben, als die Bodenart oder der Humusgehalt. Eine Hierarchisierung der Faktoren, die nutzungsabhängig sein sollte, kann hier Abhilfe schaffen. Dies wurde bei der Weiterentwicklung des BBSK-Konzepts für Acker- und Grünlandstandorte im Prinzip umgesetzt (RÖMBKE et al. 2002a). Als Hauptfaktoren für die Standortklassifikation werden dabei Bodenart / Substrattyp, pH-Wert, Humusgehalt und Feuchte vorgeschlagen (Abb. 1). Damit wurde auch von der Verwendung der Bodenübersichtskarte als Grundlage der

Standortklassifikation Abstand genommen, da auf Grund des kleinen Maßstabs und der stark aggregierten Informationen (z. B. Bodenform) den definierten Standorttypen nur wenige der 23 Untersuchungsstandorte sinnvoll zugeordnet werden konnten (RÖMBKE et al. 2002a).

Differenzierung	Standorttypen		
1. Ebene: Nutzung	Acker	Grünland	Wald
2. Ebene:	Bodenart:	Überflutung/Staunässe:	pH- Wert:
	Sand ---- Andere	Ja ---- Nein	< 4,5 ---- > 4,5
3. Ebene:	pH- Wert:	pH- Wert:	Bodenart:
	< 5,0 ---- > 5,0	< 4,5 ---- > 4,5	Sand/ Schluff/Lehm/Ton
4. Ebene:	?	Bodenart:	Feuchte:
		Sand ---- Andere	nass ---- trocken

Abbildung 1: Hierarchische Klassifizierung der Standorttypen der Bodenbiologischen Standortklassifikation (nach RÖMBKE et al. 2002a)

Für die Datenauswertung werden bei der Bodenbiologischen Standortklassifikation statistische Verfahren verwendet, die die Ähnlichkeit von Standorten bzw. die Abweichung vom erwarteten Zustand nachweisen können. Empfohlen werden dafür die Korrespondenzanalyse sowie ein Clusterverfahren (TWINSPAN). Bei beiden Verfahren ändert sich das Ergebnis für den einzelnen Standort je nach Zahl und Art der insgesamt eingehenden Standorte. Auf diese Weise ist nur bei einer umfangreichen Datenbasis eine objektive Optimierung möglich. Für einzelne Tiergruppen wurden außerdem weitere Verfahren verwendet, wie z. B. der Maturity-Index für Nematoden und Gamasinen. Mit Hilfe des BBSK-Verfahrens ließen sich in den genannten Studien (RÖMBKE et al. 2000, 2002a) ähnliche Standorte gruppieren und gestörte Standorte abgrenzen. Mit zunehmender Zahl der in die Auswertung einbezogenen Tiergruppen konnte **keine** Redundanz festgestellt werden.

Einen anderen Ansatz zur Bewertung des biologischen Bodenzustands bietet das **System der Zersetzergesellschaften** nach GRAEFE (1993a, 1997). Die Bezeichnung Zersetzergesellschaft bezieht sich auf die ökosystemare Funktion der Bodenbiozönose im Stoffkreislauf. Als Indikatorgruppe dient die Taxozönose der Anneliden (Regenwürmer und Kleinringelwürmer). Untersuchungen an mehr als 100 Standorten in Nord- und Westdeutschland mit großer Spannweite verschiedener Standortfaktoren bilden die Basis für die Definition der Zersetzergesellschaftstypen (Tab. 4). Die hierarchische Gliederung orientiert sich an den Ähnlichkeitsbeziehungen in der Artenzusammensetzung und folgt hierin pflanzensoziologischen Traditionen. Die Beschränkung auf Anneliden erfolgt, um den Aufwand bei der Erfassung der Organismen in Grenzen zu halten. Da die Zersetzergesellschaft als Interaktionsgemeinschaft aller im Boden lebenden Tiere und Mikroorganismen verstanden wird, sollte eine Integration weiterer Tiergruppen in das System, d. h. eine Indikation der Gesellschaftstypen auch durch andere Gruppen prinzipiell möglich sein. Diese These muss jedoch noch durch entsprechende Untersuchungen und/oder Literaturauswertung abgesichert werden.

Tabelle 4: Übersicht der Zersetzergesellschaften mit Standortbeispielen (aus GRAEFE 1998)

Ordnung	Verband	Assoziation
1. Lumbricetalia mäßig saure bis kalkreiche Standorte	1.1 Lumbricion gut durchlüftete, ungestörte Böden	1.11 Stercuto-Lumbricetum Wälder mit Mull-Humusformen
		1.12 Fridericio-Lumbricetum Grünländer und Äcker auf Lehmböden
	1.2 Enchytraeion gestörte und eutrophierte Böden	1.21 Fridericio-Enchytraeetum Äcker auf Sandböden
		1.22 Buchholzio-Enchytraeetum eutrophierte, verdichtete Böden im urbanen Raum
		1.23 Eisenietum Kompostplätze
	1.3 Eiseniellion durchnässte und luftarme Böden	1.31 Octolasietum tyrtaei basenreiche Niedermoore, Schwarzerlen-Bruchwälder
1.32 Eisenielletum Fließgewässerufer		
2. Cognettietalia saure Standorte mit Auflagehumus oder Torf	2.1 Achaeto-Cognettion durchlüftete basenarme Böden	2.11 Achaeto-Cognettietum Wälder und Heiden mit Moder-Humusformen
	2.2 Cognettion sphagnetorum nasse basenarme Böden	2.21 Cognettietum sphagnetorum oligotrophe Moore
3. Henleetalia mäßig saure bis kalkreiche Standorte mit Auflagehumus	3.1 Mesenchytraeo-Henleion kältebedingte Zersetzungshem- mung	3.11 Mesenchytraeo-Henleetum Permafrost-Böden in der Tundra
	3.2 Fridericio-Henleion regenwurmarme Böden mit geringer Bioturbation	3.21 Fridericio-Henleetum Sukzessionsstadium der Marsch-Entwicklung
4. Salzbeeinflusste Zersetzergesellschaften (noch nicht untergliedert)		

Die Extrapolation der punktuell erfassten Artengemeinschaften in die Fläche erfolgt über die Kongruenz der Zersetzergesellschaftstypen mit Standorteigenschaften, die sich kartografisch darstellen lassen (z. B. Bodentyp, Humusform, Vegetationseinheit) (GRAEFE et al. 2002a). In die Auswertung gehen Zeigerwerte für Bodenreaktion und Bodenfeuchte sowie Lebensform- und Strategietypen der Arten ein (GRAEFE & SCHMELZ 1999). Umgekehrt können anhand der Standorteigenschaften Erwartungswerte für die Artenzusammensetzung formuliert werden. Die höheren Kategorien der Klassifikation sind durch das Vorkommen oder Fehlen von Schlüsselarten charakterisiert, wobei die im Mineralboden wühlenden Regenwurmarten eine besondere Rolle spielen. Über die Schlüsselarten wird die Humusform beeinflusst, die wiederum die Zusammensetzung der Bodenbiozönose steuert (GRAEFE 2001). Disharmonien zwischen dem Bodentyp und der Ausprägung von Humusform und Zersetzergesellschaft ermöglichen Aussagen über historische Veränderungen sowie bei Langzeituntersuchungen (z.B. auf Boden-Dauerbeob-

achtungsflächen) über die Richtung der aktuellen Veränderungstendenzen. Die Verwendung von Zeigerwerten und Strategietypen ermöglicht die Kennzeichnung der Artengemeinschaft bzw. des biologischen Bodenzustandes einer Aufnahme­fläche unabhängig von Vergleichsaufnahmen (im Gegensatz zur Korrespondenzanalyse und ähnlichen Verfahren). Bei Vorliegen neuer Erkenntnisse zum ökologischen Verhalten der Arten mit zunehmender Erweiterung der Datenbasis müssen die Zeigerwerte allerdings entsprechend angepasst werden.

Da bei dem Konzept nach GRAEFE das Klassifikationsobjekt die Bodenbiozönose und nicht der Standort ist, kann es als „objektzentrierte bodenbiologische Klassifikation“ bezeichnet werden. Das BBSK-Konzept wäre demgegenüber als „nicht-objektzentrierte Klassifikation“ anzusehen, da Standortfaktoren klassifiziert werden und die beabsichtigte bodenbiologische Typisierung indirekt erfolgt. Ziel des BBSK-Konzeptes ist es aber langfristig, bei umfangreicherer Datenbasis analog zu dem RIVPACS Konzept (s.u.) die Standorttypen nach ihren Gemeinschaften zu klassifizieren und die Erwartungswerte als Antreffwahrscheinlichkeiten von Arten zu definieren.

Bei dem Ansatz von SOMMER et al. (2002) liegt der Schwerpunkt dagegen nicht auf der Klassifizierung der Bodenlebensgemeinschaften, sondern auf der **Bereitstellung eines Bewertungsrahmens** für die Lebensraumfunktion von Böden. Die Datengrundlage dafür bildet die Erfassung der Gehäuselandschnecken, Regenwürmer und einiger mikrobieller Parameter auf 40 repräsentativen Standorten in Baden-Württemberg. Die Beziehungen zu abiotischen Bodenfaktoren wurden u. a. über Korrelationen, Regressionsmodelle und Ökogramme analysiert. Für alle drei Organismengruppen erwiesen sich pH-Wert und Bodenfeuchte als wichtigste Parameter, in bestimmten Fällen ist ergänzend der Tongehalt entscheidend. Bei Kenntnis dieser Faktoren lässt sich das Vorkommen der Organismen in groben Zügen prognostizieren. Die Prognose umfasst allerdings nicht konkrete Artenlisten, sondern Arten- und Individuenzahlen (Schnecken), das Vorkommen der drei Lebensformtypen anecisch, endogäisch und epigäisch bei den Regenwürmern sowie das „Mikrobielle Potenzial“ als abgeleiteten mikrobiellen Parameter. Das Bewertungsschema wurde in Anlehnung an einen bereits existierenden und in Baden-Württemberg verwendeten Leitfaden zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit entwickelt (LEHLE et al. 1995). Den genannten biologischen Parametern wurden Wertstufen von sehr gering (1) bis sehr hoch (5) zur Seite gestellt. Daraus resultiert ein Bewertungsschema auf der Basis eines Ökogramms mit den Achsen Bodenkundliche Feuchtestufe und pH-Wert, in dem verschiedenen Bereichen Werte für die Leistungsfähigkeit des Bodens als Lebensraum zugeordnet werden (Abb. 2). So wird z. B. sehr sauren und sehr trockenen Standorten eine sehr geringe Leistungsfähigkeit zugeschrieben.

Eine Beschränkung auf den Aspekt der Leistungsfähigkeit greift für den Schutz der Vielfalt von Bodenbiozönosen jedoch zu kurz. Arten- und individuenarme Biozönosen können für bestimmte Standorte charakteristisch sein, im Landschaftsraum u. U. selten sein und möglicherweise sogar seltene Arten beinhalten. Sie wären damit trotz geringer Leistungsfähigkeit bei der Einbeziehung weiterer Bewertungskriterien schützenswert (vgl. Kapitel 8). Die ergänzende Verwendung des Kriteriums „Seltenheit“ für die Bewertung schlagen SOMMER et al. (2002) für eine Weiterentwicklung des Verfahrens auch vor, ebenso wie die Berücksichtigung weiterer Tiergruppen. Eine eingeschränkte Verwendbarkeit des Verfahrens ergibt sich in der aktuellen Version aber auch dadurch, dass die Untersuchung auf Waldstandorte Baden-Württembergs beschränkt war.

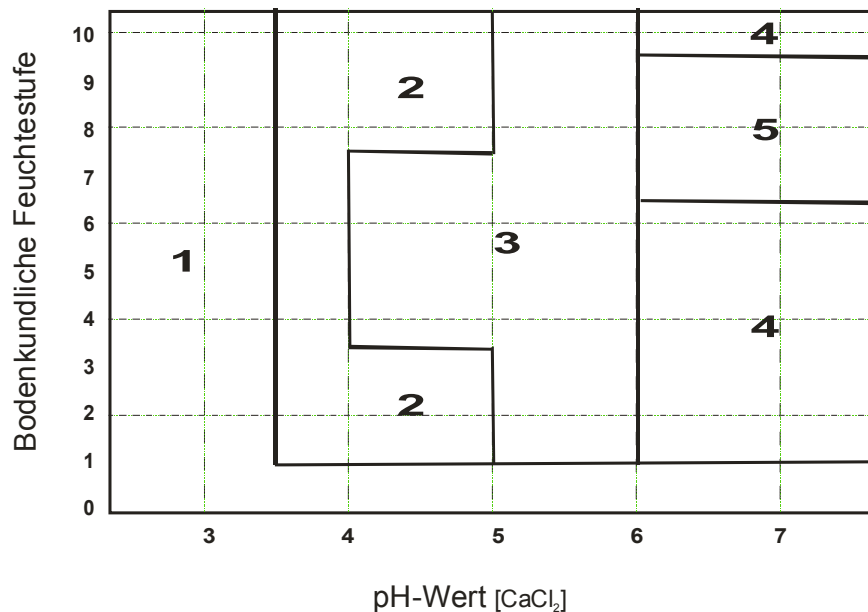


Abbildung 2: Vorläufiges Bewertungsschema für Böden als Lebensraum nach SOMMER et al. (2002).

1 = sehr geringe,
2 = geringe,
3 = mittlere,
4 = hohe,
5 = sehr hohe
Leistungsfähigkeit

Klassifikations- und Bewertungskonzepte auf der Basis bodenbiologischer Daten wurden auch in anderen europäischen Staaten entwickelt, in der Praxis jedoch nicht immer umgesetzt (z. B. Schweiz: HEEB & VETTER 1995; Niederlande: SINNIGE et al. 1992). Ein neuerer niederländischer Ansatz versucht, mit einem Set bodenbiologischer Indikatoren (strukturelle und funktionelle Parameter) die Beeinträchtigung ökosystemarer Steuerungsprozesse (Life Support Functions) abzuschätzen (SCHOUTEN et al. 2000). Bisher liegt eine Pilotstudie von wenigen landwirtschaftlich genutzten Standorten vor. Eine Validierung über ein breiteres Spektrum an Standorten und Nutzungen sowie die notwendige umfangreichere Referenzdatenbank fehlen bisher. Wert gelegt wurde hier auch auf die Umsetzbarkeit, Einbindung in bestehende Messnetze und Wirtschaftlichkeit (SCHOUTEN et al. 1999).

Auch außerhalb der Bodenbiologie liegen Ansätze der Klassifikation von Lebensgemeinschaften mit faunistischem Schwerpunkt vor, deren Ziel die Bewertung der Habitatqualität ist. Kurz eingegangen werden soll hier auf das **River Invertebrates Prediction and Classification System (RIVPACS)**. Entwickelt wurde die Methode in England bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zur Qualitätsbewertung von Fließgewässern. In die verbesserte Version aus den neunziger Jahren fanden Daten von über 600 Standorten Eingang (WRIGHT 2000). Diese aus bodenbiologischer Sicht beneidenswert umfangreiche Datengrundlage bildet die Basis für die Definition von standorttypischen Lebensgemeinschaften (classification groups) durch Clusterung der Daten mit TWINSpan. Den Lebensgemeinschaften werden Sets typischer Standortparameter mit Hilfe einer Multiplen Diskriminanzanalyse zugeordnet. Ein unbekannter, zu bewertender Standort wird dann nach standardisierten Methoden beprobt und die relevanten Standortparameter werden erfasst. Dann wird die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit des Standorts zu einer oder ggf. mehreren „classification groups“ berechnet. Für die zu erwartenden Arten werden die Antreffwahrscheinlichkeiten für diese Gemeinschaft(en) ermittelt und mit den tatsächlich gefundenen Arten in Beziehung gesetzt. Aus diesem Abgleich wird der Grad der Störung des Standorts abgeleitet. Es hat Versuche gegeben, das RIVPACS-Konzept auf Bodentiere zu übertragen (SOILPACS; SPURGEON et al. 1996, WEEKS et al. 1997). Hinderlich dabei war die erheblich schmalere und unzureichend aufgearbeitete Datengrundlage in der Bodenbiologie, da die Qualität dieses Systems wesentlich vom Umfang der Basisdatenbank mit

Referenzstandorten abhängig ist. Problematisch ist dabei die deutlich höhere Artenzahl der Bodenbiozönose im Vergleich zur Fließgewässerbiozönose.

Ansätze zur Klassifizierung von Lebensgemeinschaften mit der Möglichkeit zum Soll-Ist-Abgleich gibt es auch vor dem Hintergrund ökotoxikologischer Fragestellungen. Da die Beurteilung der Wirkung von stofflichen Belastungen in Ökosystemen nur unzureichend an Hand der Ergebnisse von Monospezies-Labortests erfolgen kann, werden zunehmend komplexere Ansätze erarbeitet. Ein Beispiel dafür stellt der **biozönotologisch-soziologische Klassifikationsansatz** von LENNARTZ & ROSS-NICKOLL (1999) dar. Basis ist auch hier die Erfassung der biologischen Parameter (Artenspektrum, Abundanzen, Dominanzen) sowie der abiotischen Standorteigenschaften. In die Auswertung gehen tabellarische Methoden (z. B. Standorte-Arten-Kreuztabellen) sowie statistische Methoden ([Kanonische] Korrespondenzanalyse) ein. Nur mit Hilfe ersterer lassen sich diagnostische Artengruppen benennen, die die Lebensgemeinschaften der Standorttypen repräsentieren. In einer Studie zur Arthropodenfauna von Nichtzielflächen ließen sich mit dieser Methode Störungen der Biozönose durch Pflanzenschutzmitteleinsatz beurteilen (ROSS-NICKOLL et al. 2004). Dabei wurden allerdings überwiegend epedaphische Tiergruppen (Spinnen, Käfer, Heuschrecken u. a.) sowie die Vegetation erfasst. Als einzige Bodentiergruppe wurden die Collembolen (Springschwänze) bearbeitet, was die Autoren u. a. mit einem Mangel an für die ökologische Auswertung notwendigen Literaturdaten für Bodentiere begründen. Inwieweit der Ansatz auf Bodenlebensgemeinschaften übertragbar ist, ist zurzeit unklar.

Die Erfahrungen mit bestehenden Klassifizierungsansätzen zeigen, dass die Darstellung und Bewertung von Biozönosen für unterschiedliche Fragestellungen möglich ist. Für die Bewertung der Lebensraumfunktion des Bodens kann daher auf Elemente bestehender Verfahren zurückgegriffen werden, wenngleich kein Ansatz komplett übernommen werden kann. Ziel ist es, durch Synthese geeigneter Konzepte ein praktikables Verfahren zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen zu schaffen.

Die zurzeit vorliegenden Konzepte zur Klassifikation und Bewertung von Bodenbiozönosen können nur eingeschränkt in Planungsprozessen verwendet werden. Probleme bereiten u. a. die noch unklare bodenbiologische Begründung der Standorttypen (BBSK-Ansatz), die eher geringe Zahl abgrenzbarer Gesellschaften (Zersetzergesellschaften-Ansatz), die Beschränkung auf die Leistungsfähigkeit als Bewertungskriterium (nach SOMMER et al. 2002) oder die geringe Bandbreite der bisher untersuchten Standorttypen (SOMMER et al. 2002, SCHOUTEN et al. 2000). Alle genannten Konzepte beinhalten jedoch wichtige Ideen und Erfahrungen, die für die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für den Einsatz in Planungsverfahren genutzt werden sollten. Ergänzend können Erkenntnisse aus anderen Themenbereichen, wie Fließgewässerbewertung oder Ökotoxikologie berücksichtigt werden.

5 Standortfaktoren und Bodenorganismen

5.1 Grundsätzliches

Die kartografische Darstellung der Bodenlebensgemeinschaftstypen beruht bei dem hier entwickelten Ansatz auf der **Nutzung vorhandener Daten zu abiotischen Bodenfaktoren**. Dies ist möglich, weil es zwischen den abiotischen Bodeneigenschaften und dem Vorkommen der Bodentierarten und Bodenmikroorganismen Zusammenhänge gibt. Dieser Umstand ist lange bekannt (DUNGER 1998), für einzelne Arten oder Organismengruppen aber unterschiedlich gut belegt. Folgende Probleme ergeben sich beim Nachweis dieser Zusammenhänge:

- Bodenorganismen tolerieren hinsichtlich der einzelnen Faktoren meist eine gewisse Spannbreite, so dass die Festlegung von konkreten Schwellenwerten für das Vorkommen von Arten oder Gesellschaften eine breite Datenbasis erfordert.
- Die Faktoren können sich in ihrer Wirkung auf die Organismen gegenseitig verstärken oder abschwächen.
- Zwischen den Bodenfaktoren selbst bestehen Korrelationen, so dass oft mit statistischen Methoden (z. B. multiple lineare Regression) die Korrelation eines Faktors mit dem Auftreten bestimmter Arten nicht eindeutig nachgewiesen werden kann.
- Kurzfristige Minima bzw. Maxima einzelner Faktoren („Katastrophen“) sind von größerer Bedeutung als kontinuierlich wirkende Standortfaktoren.
- Untersuchungen konzentrieren sich, bedingt durch bestimmte Fragestellungen, auf wenige Standorttypen, Nutzungen oder Regionen (z. B. Forststandorte Nordeuropas), während für andere Konstellationen Daten fehlen.
- Außer abiotischen sind auch biotische Faktoren von Bedeutung (Konkurrenz, Nahrungsbeziehungen).
- Taxonomische Unsicherheiten und mangelnde methodische Standardisierung behindern das Zusammenstellen der Ergebnisse insbesondere aus älteren Arbeiten.

Auf Grund der genannten Probleme kann es in der Literatur zu scheinbar widersprüchlichen Befunden kommen, die sich bei Kenntnis der Originaldaten und Rahmenbedingungen häufig auflösen lassen. Übersichtsarbeiten, die eine umfassende Auswertung und Zusammenführung der Einzelarbeiten leisten, fehlen jedoch für die meisten Organismengruppen.

Der Schwerpunkt liegt im hier entwickelten Verfahren bei den **Zusammenhängen zwischen Bodenfaktoren und Artenspektrum**, während Biomasse und Abundanzen (Individuenzahlen) weniger berücksichtigt werden. Die Artenzusammensetzung zeigt saisonal und räumlich geringere Schwankungen und erlaubt daher präzisere Aussagen und Prognosen als quantitative Parameter. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die volle Artenzahl, auch in Abhängigkeit des Probenahmedesigns, erst nach mehrfacher Beprobung zu ermitteln ist. Bei einer einmaligen Geländeerhebung im Rahmen eines Soll-Ist-Abgleichs kann daher nicht das gesamte Spektrum typischer Arten erwartet werden. Anders stellt sich die Situation bei den Mikroorganismen dar: Für sie kann das Artenspektrum bisher nur ansatzweise ermittelt werden, so dass hier die Biomasse für die Charakterisierung von Bodenbiozönosetypen herangezogen wird.

Ziel ist es, Standorttypen mit bestimmten Kombinationen abiotischer Eigenschaften den dafür charakteristischen Bodenlebensgemeinschaftstypen zuordnen zu können. Auf Basis der Bodendaten eines realen Standorts werden dann Erwartungswerte an dessen konkrete Gemeinschaft formuliert und es kann ein Soll-Ist-Abgleich stattfinden.

5.2 Auswahl der Bodenorganismengruppen

Es wurden überwiegend Bodentiergruppen in die Betrachtungen aufgenommen, deren Vorkommen in enger Beziehung zu den abiotischen Bodeneigenschaften steht und nicht primär an bestimmte Strukturmerkmale von Böden (Abbruchkanten o. ä.) oder Vegetation gekoppelt ist. Dabei wurden Gruppen der Makro-, Meso- und Mikrofauna berücksichtigt (Abb. 3), nämlich Regenwürmer (Lumbriciden), Kleinringelwürmer (Enchytraeiden), Raubmilben (Gamasinen), Hornmilben (Oribatiden), Springschwänze (Collembolen), Fadenwürmer (Nematoden), Tausendfüßer (Chilopoden und Diplopoden), Asseln (Isopoden) sowie Laufkäfer (Carabiden).

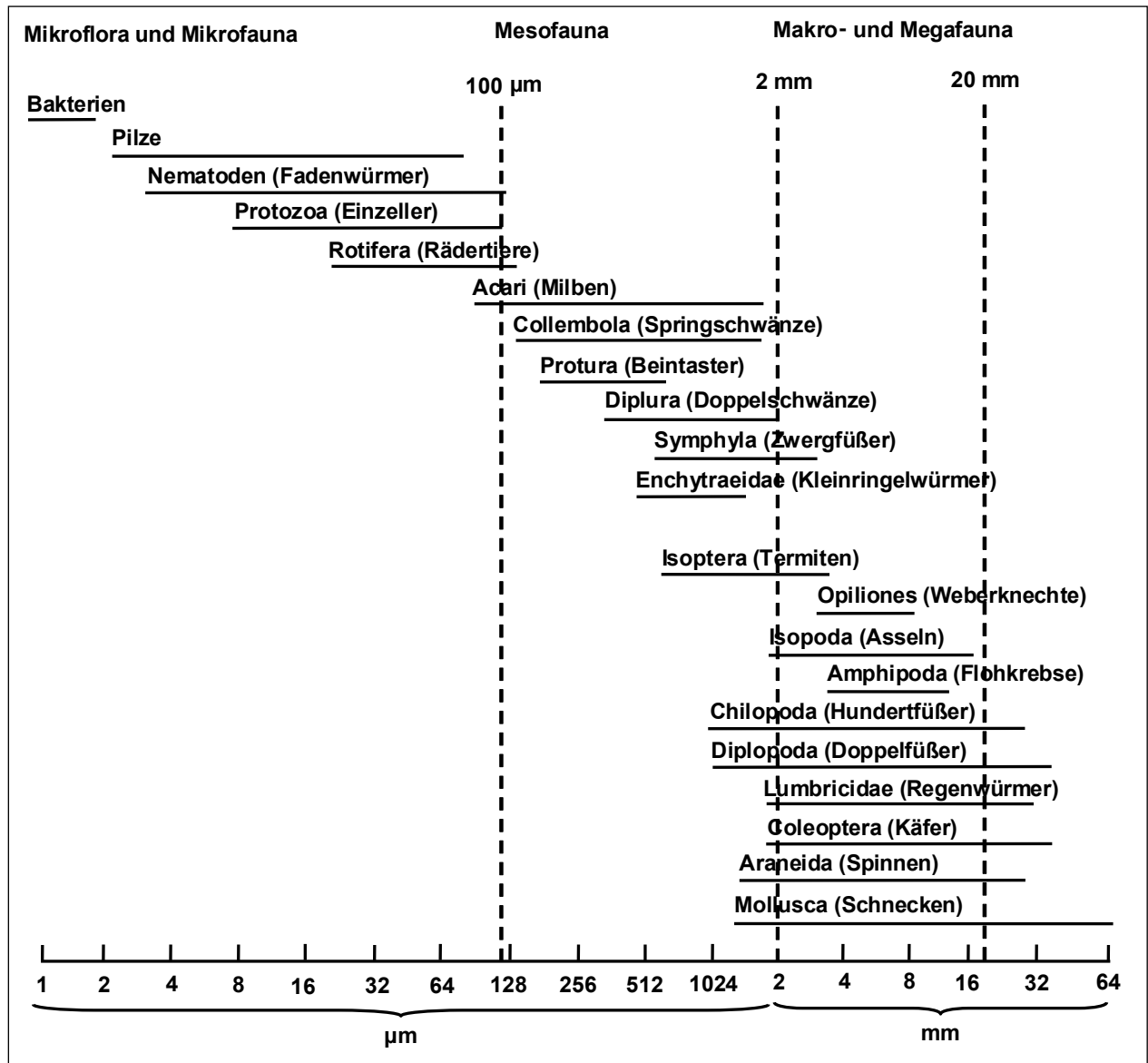


Abbildung 3: Gliederung der Bodenfauna nach Größenklassen bezogen auf den Durchmesser der Organismen (nach SWIFT et al. 1979).

An Tiergruppen, die für die Charakterisierung von Böden eingesetzt werden, sind folgende **Anforderungen** zu stellen (GHILAROV 1978, DUNGER 1982, 1983):

- gute Erfassbarkeit durch hohe Individuendichte und Artenzahlen,
- eindeutige Erfassbarkeit aktiver Stadien,
- eindeutiger Bezug auf ein eng umschreibbares Habitat durch große Ortstreue,
- schnelle Reaktionsfähigkeit auf Umweltänderungen durch günstigen Voltinismus (1-4 Generationen pro Jahr),
- gute Charakterisierung nach Lebensformen, Ernährungstypen, ökologischem Anspruch,
- Empfindlichkeit gegenüber Störungen und Noxen,
- geringer Flächenbedarf der Probengewinnung,
- Vorkommen in einer großen Bandbreite von Habitaten.

Diese Anforderungen werden von den meisten Gruppen der Mikro- und Mesofauna erfüllt, von einigen Gruppen der Makrofauna nur mit Einschränkungen (z. B. geringere Ortstreue). Eine Übersicht der berücksichtigten Tiergruppen bietet Tabelle 5.

Tabelle 5: Übersicht der berücksichtigten Tiergruppen. ME: Mitteleuropa, D: Deutschland

Tiergruppe	lat. Bezeichnung	Größenklasse	Artenzahl	Lebensweise
Ringelwürmer:	Annelida		>400 (ME)	
Regenwürmer	Lumbricidae	Makrofauna	80 (ME)	Bodenlösungsfauna; sapro-, myko-, bacteriophag
Kleinsringelwürmer	Enchytraeidae	Mesofauna	> 320 (ME)	Bodenlösungsfauna; sapro-, myko-, bacteriophag
Fadenwürmer	Nematoda	Mikrofauna		Bodenlösungsfauna; sämtliche Ernährungsstrategien vertreten (sapro-, myko-, bacteriophag, karni- oder omnivor)
Raubmilben	Gamasina	Mesofauna	800 (ME)	Bodenluftfauna; karnivor
Hornmilben	Oribatida	Mesofauna	550-600 (ME)	Bodenluftfauna; überwiegend mykophag
Springschwänze	Collembola	Mesofauna	410 (D)	Bodenluftfauna; saprophag, mykophag, bacteriophag
Tausendfüßer:	Myriapoda			
Hundertfüßer	Chilopoda	Makrofauna	50 (D)	Bodenluftfauna, überwiegend in der Streuauflage; karnivor
Doppelfüßer	Diplopoda	Makrofauna	150 (D)	Bodenluftfauna, überwiegend in der Streuauflage; saprophag
Asseln	Isopoda	Makrofauna	50 (D)	Bodenluftfauna, überwiegend in der Streuauflage; saprophag
Laufkäfer	Carabidae	Makrofauna	520 (D), 770 (ME)	Bodenluftfauna, nur Larven euedaphisch, Adulte epedaphisch; karnivor, auch phytophag und nekrophag

Die vorliegenden Informationen zu den Beziehungen zwischen abiotischen Faktoren und Organismengruppen bilden die Basis für die **Definition der Bodenlebensgemeinschaftstypen** in Kapitel 7. Sie können aber auch genutzt werden, um für eine konkrete Fragestellung geeignete Gruppen auszuwählen, die bei Geländeerhebungen untersucht werden, da es in der Praxis weder

möglich noch nötig ist, sämtliche hier betrachteten Gruppen im Gelände zu erfassen. So kommen beispielsweise einige Gruppen an Ackerstandorten kaum vor (Asseln und Tausendfüßer, Oribatiden), liefern aber an anderen Standorten relevante Informationen. Allgemein hat es sich als günstig erwiesen, durch den Einsatz mehrerer Gruppen verschiedene trophische Ebenen (Karnivore, Saprophage, Mykophage etc.) sowie verschiedene Lebensformtypen (Bodenlösungs- / Bodenluftfauna) abzudecken (sog. **Batterie-Ansatz**). Durch eine Bandbreite geeigneter Tiergruppen wird nicht zuletzt auch eine gewisse Flexibilität bezüglich Bearbeitungsaufwand und Auswahl geeigneter Bearbeiter gewährleistet.

5.3 Nutzungsabhängige Bedeutung der Standortfaktoren für die betrachteten Organismengruppen

Die abiotischen Parameter haben nicht für alle Organismengruppen dieselbe Bedeutung. Für die Formulierung von Erwartungswerten der Bodenbiozönose ist es jedoch notwendig, die wichtigsten Faktoren und ggf. deren unterschiedliche Rangfolge bei unterschiedlicher Nutzung benennen zu können. Im Fachausschuss wurde daher zum Thema „nutzungsabhängige Faktorprioritäten“ eine interne Expertenbefragung durchgeführt. Es zeigte sich, dass sich mit zunehmender Anzahl der einbezogenen Tiergruppen die Bedeutung der Faktoren angleicht, so dass letztendlich kein Faktor als **der** entscheidende angesehen werden kann. Gründe dafür könnten die mangelnde Vergleichbarkeit der Datengrundlage sein und die Tatsache, dass viele Bodeneigenschaften miteinander in Beziehung stehen und folglich nicht isoliert betrachtet werden können. Der Versuch, eine Hierarchie der Standortfaktoren als Summe über alle Tiergruppen und alle Expertenmeinungen festzulegen, erwies sich daher nicht als zielführend.

Auf Basis der Expertenbefragung und der vorliegenden Erfahrungen mit bereits bestehenden Klassifizierungsansätzen (s. Abschnitt 4) wurde beschlossen, die Faktoren **Nutzung, pH, Bodenfeuchte, Bodenart** und **Humusform** für die Beschreibung der Standorte heranzuziehen. Tabelle 6 fasst die Bedeutung der wesentlichen Bodenfaktoren für die betrachteten Organismengruppen zusammen. In Anhang 3 sind Informationen zur Bedeutung der Bodenfaktoren für verschiedenen Bodentiergruppen und die Bodenmikroorganismen im Hinblick auf ihren Einsatz in Bewertungsverfahren ausführlicher dargestellt. Auf Grund seiner Länge und der Fülle an Details wurde dieser Anhang in den vorliegenden Band der BVB-Materialien nicht mit aufgenommen. Der Anhang 3 steht auf der Homepage des Bundesverbands Boden e.V. zum Download bereit unter <http://www.bvboden.de/publikationen/materialien/>

Tabelle 6: Für die ausgewählten Organismengruppen wesentliche Faktoren in der Reihenfolge ihrer Bedeutung

Gruppe	Wesentliche Faktoren	Schwellenwerte benennbar?	Typische Artengruppen o.ä. definierbar?
Anneliden	pH, Feuchte	ja, sowohl auf Artebene als auch für Gemeinschaftstypen	ja
Nematoden	Nutzung, Bodenart	nur Wertebereiche	Erwartungswerte eher auf Ebene der Ernährungstypen und c-p-Werte
Gamasinen	Bodenart, Nutzung, pH	nur Wertebereiche	prinzipiell ja; bisher aber nur für einige Standorttypen
Oribatiden	Nutzung, pH, Feuchte	nur Wertebereiche	prinzipiell ja; entsprechende Übersichtsarbeiten fehlen aber bisher
Collembolen	pH, organische Substanz, Feuchte	für extreme Bedingungen möglich	prinzipiell ja; entsprechende Übersichtsarbeiten fehlen aber bisher
Myriapoden		kaum	
Chilopoden	Feuchte, Bodenart		nur innerhalb einiger ökologischer Gradienten ist ein zu erwartendes Artenspektrum benennbar
Diplopoden	Feuchte, pH, Humusform		
Isopoden	Feuchte, pH	kaum	
Carabiden	Bodenart, Feuchte	nein	ansatzweise; Übersichtsarbeit in Vorbereitung
Mikroorganismen	Bodenart	ja	nein

Zwischen abiotischen Bodenfaktoren und der Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaft bestehen komplexe Wechselwirkungen. Sie sind die Grundlage für die Formulierung von Erwartungswerten für Biozönosen an definierten Standorten. Wesentliche Faktoren für die betrachteten Organismengruppen sind Nutzung, pH-Wert, Bodenfeuchte, Bodenart und die Humusform. Für alle ausgewählten Tiergruppen besteht prinzipiell die Möglichkeit, charakteristische Artengruppen für bestimmte Standorte auszuweisen. Für viele Gruppen sind die Daten jedoch noch nicht so aufgearbeitet, dass eine praktische Nutzung z. B. in Form eines Soll-Ist-Abgleichs möglich wäre.

6 Verfügbarkeit von Bodeninformationen

Für die Anwendung einer Methode zur Bewertung des Bodenlebensraums in Planungen ist es erforderlich, dass die relevanten Informationen flächendeckend und möglichst digital vorliegen. In der bereits zitierten Studie der PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) wurde eine umfassende Recherche zur Verfügbarkeit bodenkundlicher Datengrundlagen in den Bundesländern durchgeführt. Dabei wurden Bodenkarten sowie die Daten aus Bodenschätzung und Forstlicher Standortkartierung abgefragt. Auf der mittleren Planungsebene (1:25.000 oder 1:50.000) ist danach die Datenlage unbefriedigend, da in vielen Ländern die Kartenwerke bei Weitem nicht flächendeckend vorliegen. Auf der unteren Planungsebene (1:5.000 bis 1:10.000) verfügen nur neun Bundesländer über Bodenkarten, wobei es sich zum Teil um Kartenwerke zu speziellen Fragestellungen handelt (z. B. Moorkartierungen, Weinbergsbodenkarten). Meist werden nur wenige Prozent der Landesfläche durch Karten dieser Maßstabsebene abgedeckt. Die Verfügbarkeit von Daten aus der Bodenschätzung ist flächendeckend sehr gut; die Daten müssen jedoch vor einer Verwendung erst in die heute übliche Nomenklatur übersetzt und ggf. überprüft werden. Letzteres gilt auch für die Daten der Forstlichen Standortkartierung, deren Verfügbarkeit je nach Bundesland sehr unterschiedlich ist. Von der oberen zur unteren Planungsebene nimmt außerdem der Grad der Digitalisierung der Bodenkarten ab. Während auf der oberen Planungsebene die Daten meist auch digital vorliegen, sind die wenigen großmaßstäbigen Karten nur zum Teil digitalisiert. Auch die Daten der Bodenschätzung liegen bundesweit betrachtet lediglich in sehr begrenztem Umfang digital vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im Zuge der Umsetzung des Bodenschutzgesetzes in den kommenden Jahren große Anstrengungen zur Digitalisierung vorliegender Daten vorgenommen werden.

In Tabelle 7 wird die Verfügbarkeit von Informationen zu verschiedenen abiotischen Bodenfaktoren auf unterschiedlichen Planungsebenen dargestellt. Die zur Definition der Bodenbiozönosetypen erforderlichen Bodenfaktoren (s. Kap. 5.3) sind in der Tabelle markiert.

Parameter, die nicht direkt aus den vorhandenen Informationen ablesbar sind, müssen, wenn möglich, daraus abgeleitet werden. Dies ist der Fall bei der **Bodenkundlichen Feuchtestufe** (BKF), die zur Abgrenzung charakteristischer Bodenlebensgemeinschaftstypen in Anlehnung an SOMMER et al. (2002) als Feuchteparameter herangezogen wird (Tab. 8). Dieser Parameter wurde gewählt, weil er klimatische (klimatische Wasserbilanz), bodenkundliche (nFKWe) und standörtliche Faktoren (Grund- und Stauwassereinfluss) zu einer Kenngröße des Bodenwasserhaushaltes zusammenfasst. Da sich diese Faktoren jedoch primär auf das Pflanzenwachstum und weniger auf den Hauptlebensraum der Bodenorganismen (organische Auflage, wenn vorhanden) beziehen, ist die BKF hier vermutlich nicht ideal zur Beschreibung der Feuchtesituation. Ein geeigneterer Parameter steht jedoch nicht zur Verfügung.

Die BKF wird speziell auf mittlerer und unterer Planungsebene in vielen Bundesländern nicht in Bodenkarten dargestellt. Aus den profilbezogenen Daten (z. B. der BÜK50) ist die BKF jedoch oft aus einem umfangreichen Satz von Primärdaten durch bestimmte Verknüpfungsregeln abzuleiten. Diese Möglichkeit wird z. B. in der Methodenbank des NIBIS (Niedersächsisches Bodeninformationssystem) genutzt (Abb. 4).

Tabelle 7: Zuordnung der Bodenkarten und darin dargestellten bzw. ableitbaren Parameter zu den Planungsebenen (aus PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003)

	Parameter in Bodenkarten (Anm.: Die Parameter sind insgesamt bei unterschiedlicher Häufigkeit auf allen Planungsebenen vorhanden)		
	Obere Planungsebene	Mittlere Planungsebene	Untere Planungsebene
Kartenwerke	BÜK 500, BÜK 400, BÜK 300, BÜK 200, BK 100, MMK 100, BGK 100, Kbogr 200, ÜKBo-tyGe 250, diverse Auswertungskarten auf den vorliegenden Maßstäben	BK 20, BK 25, BK 50, BÜK 50, diverse Stadtbodenbewertungen Hamburg, Bodenflächendaten Hessen 50, Konzeptbodenkarte 25, Standortkundliche BK 25 und 50, Bodengesellschaftskarte 50, Vorläufige Bodenkarte 50, diverse Auswertungskarten auf den vorliegenden Maßstäben	BK 10, BK 5, diverse Stadtbodenkartierungen Hamburg, BK 5 auf Grundlage der Bodenschätzung, Bodenkarte zur forstlichen und landwirtschaftlichen Standorterkundung 5, Bodenflächendaten Hessen 5, Weinbergsbodenkarte ≥10, Moorkartierungen ≥10, Flurbilanz, Moorstandortkatalog 10, Bodenkundliche Interpretation der Bodenschätzung 10
sehr häufig (70-100 %)*	Ausgangsmaterial der Bodenbildung, Bodentyp, Substratabfolge, Bodenart des Feinbodens, Horizontierung, Torfhorizontierung, Torfart, Zersetzungsstufe, Carbonatgehalt/Kalkmenge im Profil, hydromorphe Merkmale, Humusgehalt/Humusmenge, mittlerer Grundwasserstand, FK, nFK, Wasserdurchlässigkeit		
	Bodenart des Grobbodens, Rohdichte, Lagerungsdichte, Grundwasserstufe, Corg, LK, KAKpot, K-Faktor		
	Substanzvolumen, Verfestigungsgrad des Bodens, Humusform, Grundwassertief/-höchststand, Staunässestufe, KAKeff, Basensättigung, Neigungsstufe, Bodenkundliche Feuchtestufe, Veränderung des Wasserhaushalts, Repräsentanz	pH-Wert, Wasserleitfähigkeit	
weniger häufig (30-<70 %)*	Gefügeform/Bodengefüge, effektiver Wurzelraum, Silikatverwitterungsrate, Verdichtungszustand des Bodens		
	Hemerobiestufen, Naturnähe eines Bodens, Seltenheit, Eigenart, Anfangskonzentration des Bodens hinsichtlich Schwermetalle		Bodenart des Grobbodens, Bodenart (Angabegenauigkeit ungenauer als KA3/KA4), Rohdichte, Lagerungsdichte, Grundwasserstufe, Corg, pH-Wert, Wasserleitfähigkeit, LK, KAKpot, K-Faktor
	pH-Wert, Wasserleitfähigkeit, Mineralisierungspotenzial des Bodens	Repräsentanz	
selten (< 30%)*	Bodenart (Angabegenauigkeit ungenauer als KA3/KA4)		Hemerobiestufen, Naturnähe eines Bodens, Repräsentanz, Seltenheit, Eigenart, Anfangskonzentration des Bodens hinsichtlich Schwermetalle
	Durchwurzelung (Tiefe)		
	* Grundgesamtheit ist jeweils die Menge der Länder, die eine Bodenkarte auf der jeweiligen Ebene gemeldet haben.		

Tabelle 8: Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe (AD-HOC-AG BODEN 2000)

Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)	Bezeichnung	Eignung für landwirtschaftliche Nutzung unter den derzeitigen Wasserverhältnissen
11	-	meist offene Wasser (Großseggenriede)
10	nass	für landwirtschaftliche Nutzung zu nass (Kleinseggenriede)
9	stark feucht	für Wiese bedingt geeignet, da häufig zu feucht (Streuwiesen)
8	mittel feucht	für Wiese geeignet, für Weide bedingt geeignet, für Intensivweide und Acker zu feucht
7	schwach feucht	für Wiese und Weide geeignet, für Intensivweide und für Acker bedingt geeignet (im Frühjahr zu feucht)
6	stark frisch	für Grünland und Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Frühjahr gelegentlich zu feucht
5	mittel frisch	für Acker und Grünland geeignet
4	schwach frisch	für Acker und Grünland geeignet, für intensive Grünlandnutzung im Sommer gelegentlich zu trocken
3	schwach trocken	für Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Sommer zu trocken, für intensive Grünlandnutzung zu trocken
2	mittel trocken	für Acker und extensive Grünlandnutzung häufig zu trocken
1	stark trocken	für landwirtschaftliche Nutzung zu trocken (Trockenrasen)
0	dürr	Steppenrasen und Felsbandgesellschaften

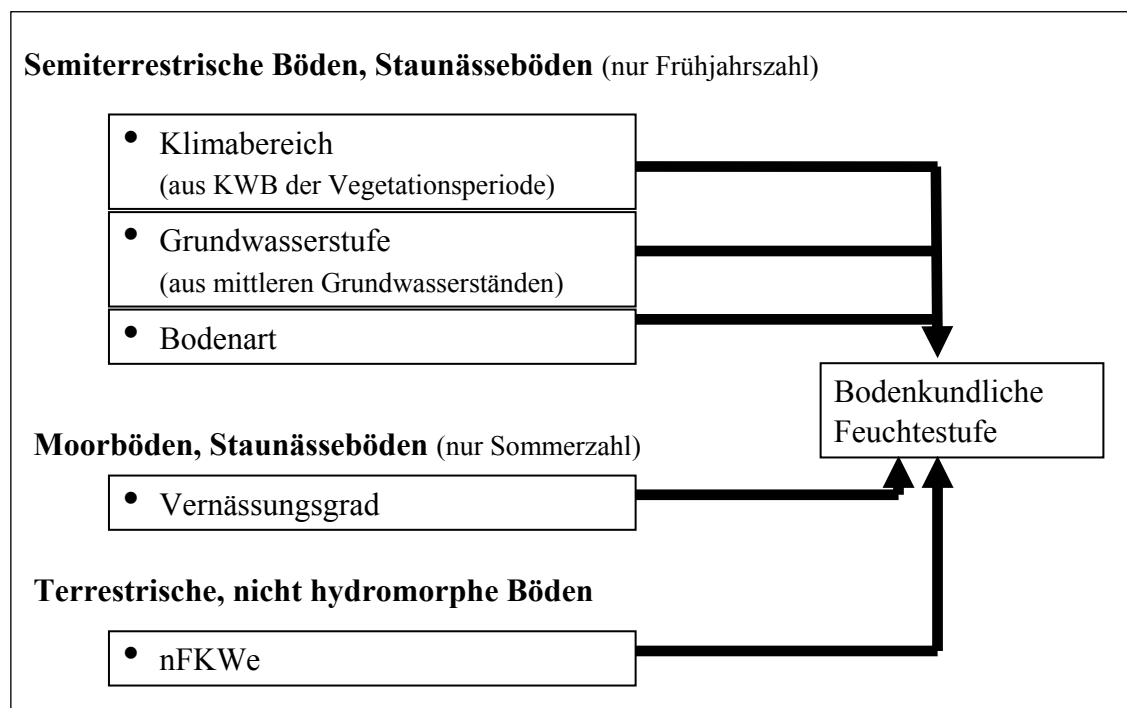


Abbildung 4: Ableitung der Bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) differenziert nach Bodentyp anhand klimatischer, bodenkundlicher und hydrologischer Eingangsdaten (nach MÜLLER 1997, AD-HOC-AG BODEN 2000). KWB: Klimatische Wasserbilanz, nFKWe: nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums.

Auch für den **pH-Wert** muss häufig eine Ableitung aus Primärdaten stattfinden, da in einigen Kartenwerken nur der Kalkgehalt angegeben wird. Eine Schwelle von ca. pH 4, wie sie für die Regenwürmer (und andere Bodentiergruppen) von Bedeutung ist, lässt sich an Hand des Kalkgehalts jedoch nicht darstellen, da in Abwesenheit von Kalk (Klasse c0) ein pH-Wert zwischen etwa 2,0 und 6,5 vorliegen kann. Eine Ableitung kann z. B. nach in der NIBIS-Methodenbank vorliegenden Verfahren durchgeführt werden:

- Forststandorte: Ableitung von Pufferbereichen aus Bodenlandschaft und Bodentyp, die Rückschlüsse auf den aktuellen pH erlauben oder empirische Ableitung von pH-Werten aus vorliegenden Labordaten. Die Auswirkung von Kalkungsmaßnahmen auf den Boden-pH-Wert kann allerdings zurzeit noch nicht abgebildet werden.
- Acker oder Grünland: Unter der Annahme, dass landwirtschaftlich genutzte Flächen regelmäßig gekalkt werden und dabei die vorgegebenen Ziel-pH-Werte erreicht werden, können aus Humusgehalt und Bodenart abgeleitete Ziel-pH-Werte verwendet werden (VDLUFA 2000). Abweichungen zwischen Ziel-pH-Werten und tatsächlichen pH-Werten ergeben sich vor allem bei Vernachlässigung der Kalkung und auf Brachflächen.

Die **Bodenart** wird in den Kartenwerken oberer und mittlerer Planungsebene im Allgemeinen erfasst. Auf der unteren Planungsebene ist auch die Bodenart von der insgesamt lückenhaften Datenlage betroffen. Hier können ergänzend die Daten der Bodenschätzung nach Übersetzung in die Nomenklatur der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA) herangezogen werden (nur für landwirtschaftliche Flächen).

Humusformen sind durch die morphologischen Eigenschaften der Auflage- und Oberbodenhorizonte definiert (BABEL 1972, BARITZ 2003). Die Erfassung ist durch die KA 4 (AG BODEN 1994) und die entsprechenden Kartieranleitungen der Länder normiert und wird durch die Anwendung der überarbeiteten Humusformensystematik (siehe www.humusformen.de) auch für Acker- und Grünlandstandorte noch besser reproduzierbar werden. Zurzeit ist die Datenverfügbarkeit in Kartenwerken insbesondere im großmaßstäbigen Bereich gering. In einigen Bundesländern liegen allerdings fast flächendeckende Kartierungen der Humusformen in Wäldern aus der Forstlichen Standorterkundung vor. Diese Daten liegen jedoch nicht immer digital vor. Auf der unteren Planungsebene können relativ günstig aktuelle Kartierungen vorgenommen werden (KOPP et al. 1996, BEDNORZ et al. 1999, 2000, HILLER 2001). Die Kartierung der Humusformen ist – neben der direkten Erfassung von Spuren der Tätigkeit von Bodenorganismen - die praktikabelste Möglichkeit, fundierte flächendeckende Aussagen über die Verbreitung von Bodenorganismen auf der mittleren und unteren Planungsebene zu treffen.

In Tabelle 9 ist die Erfassung der relevanten Bodenparameter nach Bundesländern und Planungsebenen zusammengefasst (Stand 2003 nach PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 2003). Es zeigt sich, dass nur in sieben Bundesländern auf mittlerer bzw. in vier auf unterer Maßstabsebene die für die Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen notwendigen Parameter direkt aus Kartenwerken abfragbar sind (ohne Berücksichtigung der Humusform, die weniger in Bodenkarten, sondern mehr in der Forstlichen Standortkartierung erfasst ist). Zudem liegen selbst die vorhandenen Kartenwerke insbesondere auf der unteren Planungsebene meist nicht flächendeckend vor. Während bei Fehlen mittelmaßstäbiger Karten Grundlagen im Prinzip auf großmaßstäbige zurückgegriffen werden kann (falls vorhanden), führt die umgekehrte Vorgehensweise nicht zu Ergebnissen, die der Planungsebene gerecht werden.

Tabelle 9: Parameter der Bodenkundlichen Kartenwerke nach Planungsebenen und Bundesländern. Obere Planungsebene = 1:500.000-1:100.000, mittlere Planungsebene = 1:50.000-1:20.000, untere Planungsebene = $\geq 1:10.000$, Daten aus PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003).

Parameter	Planungs- ebene	Bundesland																
		+ = Daten vorhanden ; k.A. = keine Angaben																
		Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen	Gesamtzahl Bundesländer
Bodenart	obere	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	k.A.	+	+	+	+	14
	mittlere	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	k.A.	+	+	+	+	15
	untere						+	+	+	+	+		k.A.		+	+		7
pH-Wert	obere	+			+	+		+		+	+		k.A.	+	+			8
	mittlere	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	k.A.	+	+		+	13
	untere						+		+	+	+	+	k.A.		+			6
Bodenkundl. Feuchtestufe	obere	+	+		+	+		+	+	+	+		k.A.	+	+			10
	mittlere	+			+	+		+		+	+		k.A.	+	+			8
	untere	+					+	+		+	+		k.A.		+			6
Humusform	obere	+			+	+	+	+	+	+	+		k.A.	+				9
	mittlere	+	+		+	+		+		+		+	k.A.	+			+	9
	untere						+	+			+		k.A.					3

In der Erhebung der PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) wurde die Verfügbarkeit von Daten zur **Bodennutzung** nicht berücksichtigt, da diese einen nicht-bodenkundlicher Parameter darstellt. Die Bodennutzung ist im Amtlichen Topografisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS 1995) dokumentiert (Digitales Basis-Landschaftsmodell 1:25.000). Unterschieden werden u. a. Äcker, Grünland, Wald/Forst, Heide, Moor und Sumpf bei einer Flächengröße von jeweils ≥ 1 ha. Diese Differenzierung bildet die für den hier verfolgten Zweck benötigten wesentlichen Landschaftsausschnitte ab.

Die kartografischen Informationen der für Bodenorganismen relevanten Bodenfaktoren liegen insbesondere auf der unteren Planungsebene nicht flächendeckend vor. Auf dieser Planungsebene ist die Digitalisierung der Daten am wenigsten fortgeschritten, wird jedoch im Rahmen der Bodenschutzgesetzgebung von einigen Ländern forciert betrieben. Die Parameter Bodenkundliche Feuchtestufe und pH-Wert können aus Primärdaten (falls vorhanden) abgeleitet werden.

7 Definition und Benennung von Bodenlebensgemeinschaftstypen

Ziel dieser Arbeit war es **im ersten Schritt**, die Verknüpfungen zwischen Bodeneigenschaften und Bodenlebensgemeinschaftstypen darzulegen. Die wesentlichen Bodenfaktoren wurden im Rahmen einer Expertenbefragung im Fachausschuss ermittelt und zur Definition der Gemeinschaftstypen dann eine Analyse von Freilanddaten durchgeführt. Die verwendeten Daten stammen aus dem bereits zitierten Projekt zur Bodenbiologischen Standortklassifikation (BBSK) (RÖMBKE et al. 2000, 2002a) sowie aus Beiträgen zu verschiedenen Monitoringprogrammen nach dem Verfahren der biologischen Bodenzustandsbewertung (Zersetzergesellschaften-Ansatz) (GRAEFE 1993a, 1998). In Zweifelsfällen wurden die Ergebnisse von SOMMER et al. (2002) herangezogen. **Im zweiten Schritt** wurden die Gemeinschaftstypen zu einem hierarchischen System geordnet, in dem nach Analyse weiterer Daten ggf. neue Unterteilungen vorgenommen werden können.

Ausgangspunkt für die Definition der Gemeinschaftstypen waren zunächst die Zersetzergesellschaften, die auf der Gruppe der Anneliden (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) basieren. Auf der **höchsten Gliederungsebene** ist hier das Vorkommen oder Fehlen der anecischen (tiefgrabenden) und/oder endogäischen (mineralbodenbewohnenden) Regenwürmer das wichtigste Kriterium. Abbildung 5 zeigt das Vorkommen der drei Lebensformtypen der Regenwürmer im Koordinatensystem von Feuchtestufe und pH-Wert, wie es sich nach Untersuchungen an Waldböden von SOMMER et. al (2002) darstellt. In Abbildung 6 sind in dasselbe Ökogramm die Zersetzergesellschaften nach GRAEFE (1993a) eingetragen. Bei den **Ökogramm-Darstellungen** wird davon ausgegangen, dass sich die Biozönosen bei bestimmten Schwellenwerten in typischer Weise verändern. Dies wird durch die Grenzen der Bereiche in den Ökogrammen veranschaulicht. Auf Grund der Schlüsselstellung der drei Lebensformtypen der Regenwürmer für die Gliederung der Zersetzergesellschaften decken sich die Grenzen in den Abbildungen 5 und 6 weitgehend. Die pH-Wert-Grenze liegt bei den Zersetzergesellschaften mit 4,2 etwas höher als bei SOMMER et al. (2002). Dies wird damit begründet, dass wichtige Charakterarten der Zersetzergesellschaften (z. B. *Lumbricus terrestris*) erst ab ca. pH 4,2 regelmäßig vorkommen. Bei pH-Werten unterhalb 4,2 treten diese Arten nur in Einzelfällen auf, wenn der Unterboden etwas basenreicher ist (GRAEFE & BEYLICH 2003).

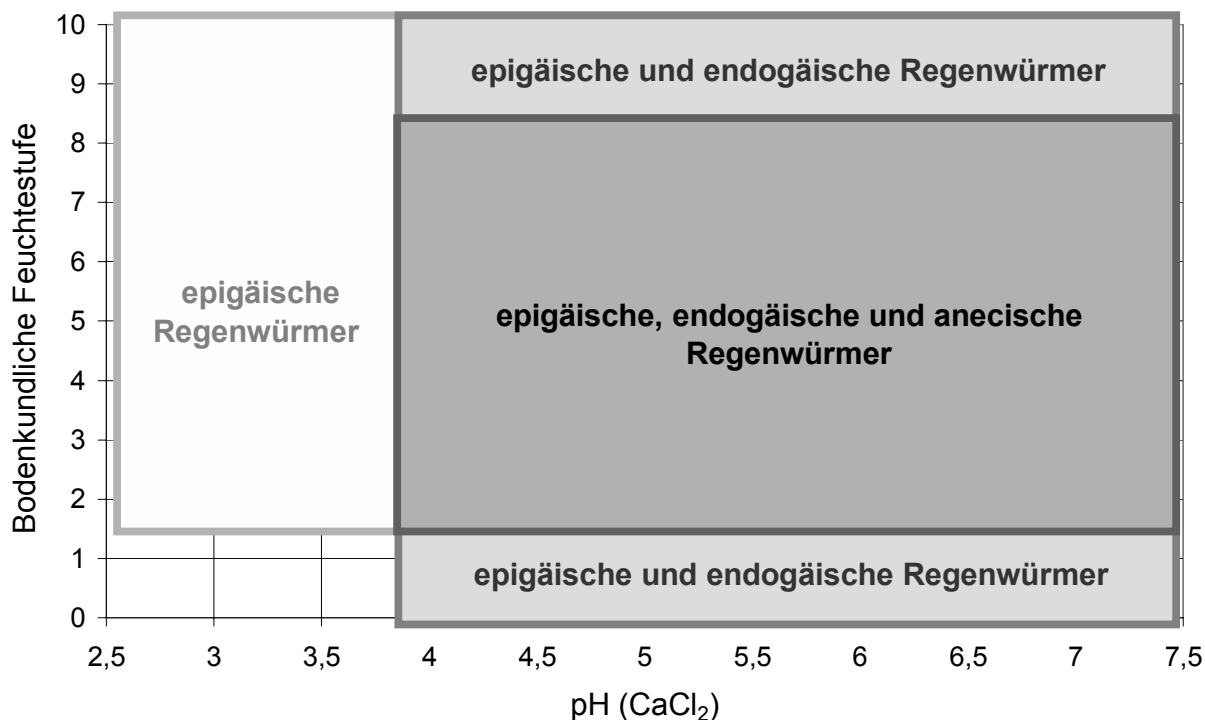


Abbildung 5: Modellvorstellung zum Vorkommen von Regenwürmern nach SOMMER et al. (2002) für Böden mit Tongehalten > 12 %

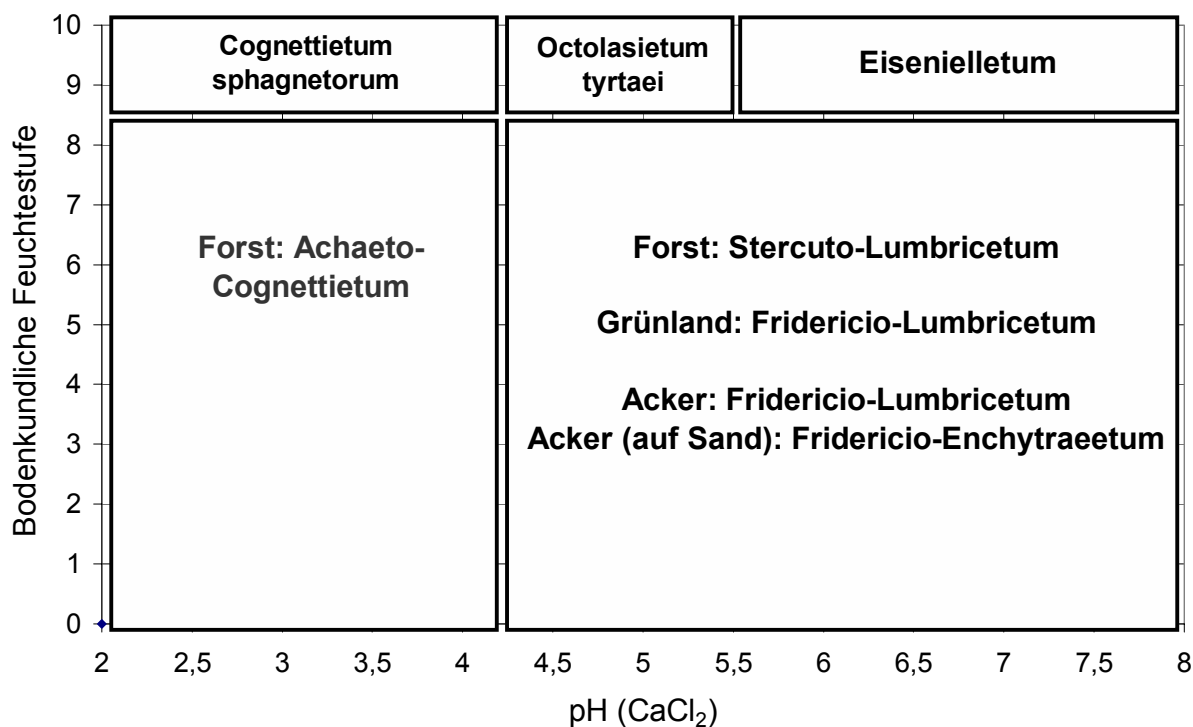


Abbildung 6: Zersetzergesellschaften nach GRAEFE (1993a) übertragen in ein Ökogramm aus bodenkundlicher Feuchtestufe und pH-Wert. Vgl. auch Tabelle 4.

Die Zahl der Gemeinschaftstypen ist auf der Basis der Anneliden allerdings recht gering. Für die weitere Differenzierung der Biozönosetypen wurden die Daten des BBSK-Projekts mit einem multivariaten statistischen Verfahren, der **Korrespondenzanalyse** (CANOCO), ausgewertet. Beim Vergleich verschiedener multivariater Methoden zur Klassifizierung von Tiergemeinschaften führen nach MOSS et al. (1999) sowohl TWINSPLAN als auch CANOCO zu verlässlichen Ergebnissen. Allerdings sollten immer auch **qualitativ-ökologische Auswertungsmethoden**, wie sortierte Tabellen, herangezogen werden, da die Korrelation von konkreten Artengruppen mit bestimmten Standortfaktoren-Kombinationen durch (kanonische) Korrespondenzanalyse nicht unbedingt gelingt oder ohne Zusatzinformationen nicht sinnvoll interpretierbar ist (ROSS-NICKOLL et al. 2004). In der multivariaten Auswertung mit Hilfe der Korrespondenzanalyse (Abb. 8) und in der sortierten Tabelle (Anhang 1) wird deutlich, dass es auch bei Einbeziehung mehrerer Tiergruppen faunistisch deutlich abgegrenzte Bodenlebensgemeinschaftstypen gibt. Berücksichtigt wurden die Regenwürmer, Kleinringelwürmer, Hornmilben, Raubmilben, Tausendfüßer und Asseln sowie für einige Standorte die Fadenwürmer. Da die Springschwänze im Rahmen des BBSK-Projekts nicht untersucht wurden, können sie hier für die Charakterisierung der Gemeinschaftstypen nicht herangezogen werden. Dies wird ihrer ökologischen und indikatorischen Bedeutung nicht gerecht und sollte im Rahmen einer Ergänzung des hier vorgeschlagenen Ansatzes nachgeholt werden (vgl. GEFU 1999). Eine Einbeziehung der Laufkäfer in die Definition der Gemeinschaftstypen sollte an Hand geeigneter Daten überprüft werden.

Da durch das BBSK-Projekt nicht alle relevanten Standorttypen repräsentiert sind, wurden einige Gemeinschaftstypen allein auf Basis umfangreicher Daten zu Regenwürmern und Enchyträen (Zersetzergesellschaften-Ansatz) definiert. Nach Auswertung der vorliegenden Daten können insgesamt **14 Gemeinschaftstypen** unterschieden werden, die in der Abbildung 7 zusammenfassend dargestellt werden. Außer den Faktoren pH und BKF wird die Nutzung als wesentlicher Standortfaktor für einige Gemeinschaftstypen in das Ökogramm einbezogen, denn die abiotischen Bodeneigenschaften können je nach Nutzung für die Bodenbiozönose einen unterschiedlichen Stellenwert haben. Unterschieden werden

1. Waldstandorte,
2. Äcker (= Standorte mit Bodenbearbeitung; z. B. auch Baumschulen),
3. Grünlandstandorte (= Standorte ohne bzw. mit sporadischer Bodenbearbeitung).

Anthropogen stark veränderte Standorte wie Parks, Kleingartenanlagen, Deponien oder Bahnanlagen werden nicht berücksichtigt. Die Bodenart spielt als vierter Standortfaktor insbesondere bei landwirtschaftlich genutzten Standorten eine Rolle für die Definition der Bodenlebensgemeinschaftstypen.

Die hierarchische Gliederung der Gemeinschaftstypen zeigt Tabelle 10. Die vier Hierarchie-Ebenen stehen in Zusammenhang mit folgenden Aspekten:

1. Ebene (A und B): anecische und/oder endogäische Regenwürmer vorhanden bzw. fehlen,
2. Ebene (A 1 - A 3 und B 1 - B 3): Abgrenzung nach Bodenkundlicher Feuchtestufe; Nässe- bzw. Trockenheitszeiger bei Arten der Mesofauna vorhanden bzw. fehlen,
3. Ebene (A 1.1-1.4 und A 2.1-2.2): Abgrenzung durch charakteristische Arten der Regenwürmer und der Mesofauna (Mikroarthropoden und Kleinringelwürmer),
4. Ebene (A 1.2.1-1.2.3 und A 1.4.1-1.4.3): Abgrenzung durch charakteristische Werte mikrobieller Biomasse.

Auf wesentliche Merkmale der Gemeinschaftstypen wird im Folgenden mit Bezug auf das berücksichtigte Datenmaterial eingegangen.

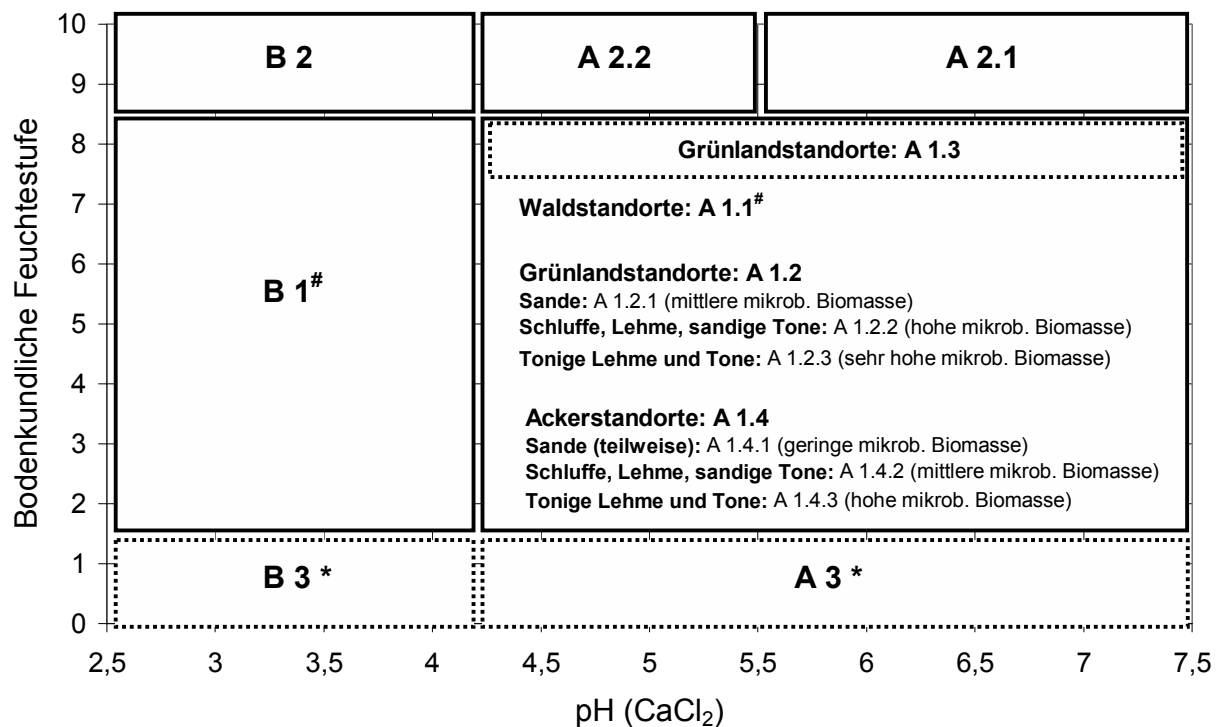


Abbildung 7: Ökogramm der Bodenlebensgemeinschaftstypen. Erläuterungen zu den Gemeinschaftstypen s. Tabelle 10. *: für land- und forstwirtschaftliche Nutzung zu trocken, #: weitere Unterteilung nach Mikroarthropoden wahrscheinlich möglich, bei B 1 insbesondere im trockenen Bereich durch Hornmilben.

Die Gemeinschaftstypen der Gruppe A sind durch das Auftreten endogäischer (mineralbodenbewohnenden) Regenwürmer gekennzeichnet, die in A 1 meist gemeinsam mit anecischen (tiefgrabenden) und zum Teil epigäischen (streuhorizontbewohnenden) Arten vorkommen. Der Gemeinschaftstyp A 1.1 der basenreichen Mullhumus-Wälder ist faunistisch gut zu beschreiben. Er wird durch einige typische Waldarten unter den Raubmilben, Asseln und Tausendfüßern charakterisiert und entspricht im System der Zersetzergesellschaften dem Stercuto-Lumbricetum (s. Tab. 4) mit den dafür charakteristischen Ringelwurmart. Bei weiteren Daten(-auswertungen) zu den Mikroarthropoden ist hier noch eine Möglichkeit zur Differenzierung zu erwarten.

Unter A 1.2 werden Gemeinschaftstypen von Grünlandstandorten zusammengefasst, die sich mit Hilfe der mikrobiellen Biomasse und der Regenwurmbiomasse weiter gliedern lassen. Für entsprechende Offenlandstandorte ohne Grünlandnutzung kann der Gemeinschaftstyp nicht auf der untersten Hierarchieebene zugeordnet werden (A 1.2.1 – A 1.2.3), da die Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse bisher nur für landwirtschaftlich genutzte Standorte vorliegen.

Tabelle 10: Bodenlebensgemeinschaftstypen und die dafür typischen Standortfaktoren-Kombinationen

A pH-Wert $\geq 4,2$ → Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und/oder endogäische Arten) kommen vor → Mull-Humusformen (Durchmischungs-Humusformen)	
A 1	Bodenkundliche Feuchtestufe 2-8
A 1.1	Wald → Streu bewohnende Gruppen (Hornmilben, Tausendfüßer, Asseln u.a.) arten- und individuenreich. Epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer vorhanden.
A 1.2	Grünland, bodenkundliche Feuchtestufe 2-7 → Anecische, endogäische und epigäische Regenwürmer vorhanden
A 1.2.1.	Bodenarten S*, Us → Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse hoch
A 1.2.2	Bodenarten Uu, Ut*, Uls, Ls*, Lts, Lt2, Lu, Ts3, Ts4 → Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel bis sehr hoch
A 1.2.3	Bodenarten Lt3, Tu*, Ts2, Tl, Tt, H → Mikrobielle Biomasse sehr hoch, Regenwurmbiomasse hoch
A 1.3	Feuchtgrünland, bodenkundliche Feuchtestufe 8 → Anecische, endogäische und epigäische Regenwürmer vorhanden, Feuchte liebende Hornmilben und Raubmilben
A 1.4	Acker → Bodenbearbeitung → Streu bewohnende Arten fehlen
A 1.4.1	Bodenarten ≤ 8 % T und ≤ 50 % U sowie Sl3 und St2 → Endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen. Mikrobielle Biomasse und Regenwurmbiomasse gering ²
A 1.4.2	Bodenarten Sl4, St3, Slu, U*, Ls*, Lu, Lts, Lt2, Ts4, Ts3 → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse mittel - hoch
A 1.4.3	Bodenarten Lt3, Ts2, Tu*, Tl, Tt, H → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel ³
A 2	Bodenkundliche Feuchtestufe 9-10 → Aerohydromorphe und hydromorphe Mull-Humusformen → Nässe liebende (Luftmangel tolerierende) Regenwürmer und Enchyträen. Epigäische und endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen
A 2.1	pH-Wert $\geq 5,5$ → Charakterart <i>Eiseniella tetraedra</i> (Regenwurm)
A 2.2	pH-Wert $< 5,5$ → Charakterart <i>Octolasion tyrtaeum</i> (Regenwurm)
A 3	Bodenkundliche Feuchtestufe 0-1 → Wärme liebende (Trockenheit tolerierende) Bodenbiozönose
B pH-Wert $< 4,2$ → Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und endogäische Arten) fehlen → Auflage-Humusformen → Epigäische Regenwürmer in geringer Abundanz vorhanden, Mikroarthropoden individuenreich	
B 1	Bodenkundliche Feuchtestufe 2-8 → aeromorphe Auflage-Humusformen → Oft hohe Abundanz von Enchyträen und Hornmilben
B 2	Bodenkundliche Feuchtestufe 9-10 → aerohydromorphe und hydromorphe Auflage-Humusformen → Nässe und Säure tolerierende Enchyträen
B 3	Bodenkundliche Feuchtestufe 0-1 → Trockenheit und Säure tolerierende Bodenbiozönose

¹ "*" bedeutet: alle Bodenarten-Untergruppen der jeweiligen Bodenarten-Gruppe oder Bodenarten-Hauptgruppe

² bei Minimalbodenbearbeitung und in den etwas tonreicheren Varianten ggf. Vorkommen anecischer Regenwürmer

³ Schätzwert, da keine geeigneten Daten vorlagen

Ebenso wie in A 1.2 treten in **A 1.3** alle drei Lebensformtypen der Regenwürmer auf, hier jedoch ergänzt durch Feuchte liebende Arten der Enchyträen, Horn- und Raubmilben. Jeweils vier Arten in jeder der beiden Milbengruppen sind hier schwerpunktmäßig verbreitet. Auch einige Nässezeiger der Enchyträen, die ihren Vorkommensschwerpunkt in A 2 haben (s. u.), treten hier bereits auf. Jedoch zeigt die Bodenfauna deutlich, dass der Einfluss des Wassers nicht alleine durch die bodenkundliche Feuchtestufe zu beschreiben ist: Nicht nur an zwei Grünlandstandorten des BBSK-Projekts mit relativ hoher BKF tritt der Gemeinschaftstyp A 1.3 auf, sondern auch an zwei Auenstandorten, die regelmäßig überflutet werden, aber auf Grund der Standortfaktoren gemäß Tabelle 10 den Gemeinschaftstyp A 1.2 erwarten lassen (Flächen AKG und GOG im Anhang 1). Erwartungswerte zur mikrobiellen Biomasse fehlen für die Feuchtgrünland-Gesellschaft A 1.3 bisher.

Unter **A 1.4** finden sich Gemeinschaften von Ackerstandorten (sowie wahrscheinlich anderen Standorten mit intensiver Bodenbearbeitung, wie Baumschulen). Die Bodenbiozönosen werden vor allem durch typische Arten bei den Anneliden beschrieben und durch den Ausfall vieler Arthropodengruppen. Bedingt durch niedrigen Tongehalt in Kombination mit regelmäßiger Bodenbearbeitung fehlen bei A 1.4.1 anecische Regenwurmarten in der Regel. Auch bei A 1.4 erfolgt eine weitere Differenzierung über die Biomasse von Mikroorganismen und Regenwürmern.

Die Informationen zur Untergliederung der landwirtschaftlich genutzten Standorte (A 1.2 und A 1.4) durch die **mikrobielle Biomasse** wurden im Wesentlichen aus HÖPER & KLEEFISCH (2001) übernommen (Tab. 11). Für diese Feingliederung sind die Bodenartenangaben für die Biomasse-Klassen bei HÖPER & KLEEFISCH (2001) ausschlaggebend.

Tabelle 11: Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte nach HÖPER & KLEEFISCH (2001)

Mikrobielle Biomasse 0-20 cm Tiefe	(Werte in mg C/kg Boden)	Gemeinschaftstyp (s. Tab. 10)	
gering	100-180		A 1.4.1
mittel	180-320	A 1.2.1	A 1.4.2
hoch	320-560	A 1.2.2	A 1.4.3
sehr hoch	560-1000	A 1.2.3	

In Tabelle 10 sind für dieselben Gemeinschaftstypen außerdem Erwartungswerte für die **Regenwurm-Biomasse** angegeben. Die Werte beruhen auf der Auswertung von 27 landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (GRAEFE, pers. Mitt.). Für den Gemeinschaftstyp A 1.4.3 konnte mangels Daten kein Wert ermittelt werden (Tab. 12). Da außerdem einige Typen hinsichtlich der Regenwurm-Biomasse nicht eindeutig einzustufen sind, ist die Auswertung weiterer Daten wünschenswert.

Tabelle 12: Vorläufiger Vorschlag für Erwartungswerte der Regenwurmbiomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte. Fett: Gemeinschaftstyp eindeutig einstuftbar.

Regenwurmbiomasse	(Werte in g FG/m ²)	Gemeinschaftstyp (s. Tab. 10)	
gering	> 0 - 20		A 1.4.1
mittel	> 20 - 60	A 1.2.2	A 1.4.2
hoch	> 60 - 200	A 1.2.1, A 1.2.2, A 1.2.3	A 1.4.2
sehr hoch	> 200	A 1.2.2	

Nasse Standorte mit BKF > 8 werden vom BBSK-Projekt nicht abgedeckt. Die Definition der Gemeinschaftstypen **A 2** und **B 2** basiert daher allein auf den Annelidenzönosen, für die im Anhang 2 eine Liste mit entsprechenden Referenzstandorten angegeben ist. Gemeinsam ist den Gemeinschaften nasser Standorte das Fehlen anecischer Regenwürmer. **A 2.1** und **A 2.2** sind durch das Auftreten von Nässezeigern unter den Regenwürmern und Kleinringelwürmern gekennzeichnet. Der Übergang zwischen diesen Gemeinschaftstypen ist im Wesentlichen durch den Wegfall der Art *Octolasion tyrtaeum* bei ca. pH > 5,5 definiert. Notwendig wäre sowohl eine Absicherung dieser pH-Grenze als auch eine positive Charakterisierung dieser beiden Gemeinschaftstypen durch weitere Arten anderer Tiergruppen mit Hilfe weiterer Erhebungen oder Auswertung vorhandener Daten. Beide Gemeinschaftstypen kommen normalerweise an Bruchwald- und Niedermoorstandorten vor. An Auenstandorten mit regelmäßiger Überflutung können sie eventuell auch bei einer Bodenkundlichen Feuchtestufe von unter 9 auftreten. Auch dazu ist eine weitere Datenrecherche nötig.

Die Definition des Gemeinschaftstyps **A 3** stützt sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse von SOMMER et al. (2002). Das Fehlen der anecischen (tiefgrabenden) Regenwurmart ist durch Trockenheit ggf. in Kombination mit Flachgründigkeit bedingt. Bei etwas günstigeren Bedingungen, z. B. durch Rückzugsmöglichkeiten in die Tiefe bei klüftigem Gestein können an diesen Standorten allerdings auch tiefgrabende Regenwürmer vorkommen. Die Abgrenzung des Gemeinschaftstyps A 3 bedarf noch der Absicherung durch Einbeziehung weiterer Tiergruppen.

In den Gemeinschaften der Gruppe **B** sind von den drei Lebensformtypen der Regenwürmer nur die epigäischen vorhanden sowie als charakteristische Enchyträenart *Cognettia sphagnetorum*. Der Gemeinschaftstyp **B 1** löst an sauren Waldstandorten A 1.1 ab. Typisch sind hohe Abundanzen der Hornmilben und Enchyträen. Der Gemeinschaftstyp B 1 gilt hier außer für Wälder vorerst auch für Heiden und andere Offenlandstandorte mit den entsprechenden Standorteigenschaften. Es sollte überprüft werden, ob sich mit Hilfe der Mikroarthropoden eine weitere Differenzierung dieses Gemeinschaftstyps 1. in Abhängigkeit von der Vegetation (Wald / Offenland) und 2. in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte vornehmen lässt, da dieser Biozönosetyp häufig und großflächig vorkommt. Eine Auswertung der Daten zu den Hornmilben ist derzeit in Arbeit. Es deutet sich an, dass es innerhalb der Oribatiden eine Artengruppe gibt, die einen Schwerpunkt in den trockenen Wäldern hat. Zu diesen Arten gehören eine Gruppe der Klappmilben (Euphthiracarida) und Arten, die vergleichsweise groß sind wie *Paradamaeus clavipes* und *Camisia spinifer*. Die Standortbeispiele in Tabelle 13 und Anhang 1 zu diesem Gemeinschaftstyp werden daher in **B 1 trocken** (BKF 2) und **B 1 feucht** (BKF 3-8) unterschieden. Nach den vorhandenen Daten können aber bisher nur die sehr nassen und sehr trockenen Bereiche, auf denen kein Wald mehr vorkommt, sicher ausgegliedert werden (B 2 und B 3, s. u.). Da der größ-

te Teil aller Wälder in Deutschland zur Gruppe B 1 gehört (BMELF 1997), ist hier möglicherweise auch eine geographische Differenzierung zu erwarten.

Bezogen auf die Ringelwürmer ist **B 2** erheblich artenärmer als die Gemeinschaftstypen basenreicherer Nassstandorte. In diesem für Hochmoore typischen Gemeinschaftstyp treten überwiegend nässe- und säuretolerante Enchyträen auf. Erwartungswerte für weitere Tiergruppen fehlen noch.

Der Gemeinschaftstyp **B 3** beruht zurzeit nur auf theoretischen Überlegungen, da zu dem entsprechenden Standorttyp keine Daten vorliegen. Derartige trocken-saure Standorte nehmen jedoch nur einen kleinen Flächenanteil ein und werden voraussichtlich bereits nach naturschutzfachlichen Kriterien als schutzwürdig erfasst.

Die Standorte des BBSK-Projekts, die hier für die Definition der Gemeinschaftstypen herangezogen wurden, lassen sich mittels einer **Korrespondenzanalyse der Daten** gruppieren (Abb.8). Deutlich getrennt werden die Feuchtstandorte (A 1.3) oben links sowie die Gruppe der Grünländer und Äcker (unten links) von den Waldstandorten (unten rechts). Innerhalb der weniger feuchten landwirtschaftlich genutzten Standorte ist die Trennung nur schwach, was eventuell damit zusammenhängt, dass die Äcker (A 1.4) sich von den Grünländern (A 1.2) im Wesentlichen durch den Wegfall vieler Arten unterscheiden. Die Gemeinschaften basenreicher Waldstandorte (Flächen CRM, SBB) sind von denen der sauren Waldstandorte nur wenig abgetrennt.

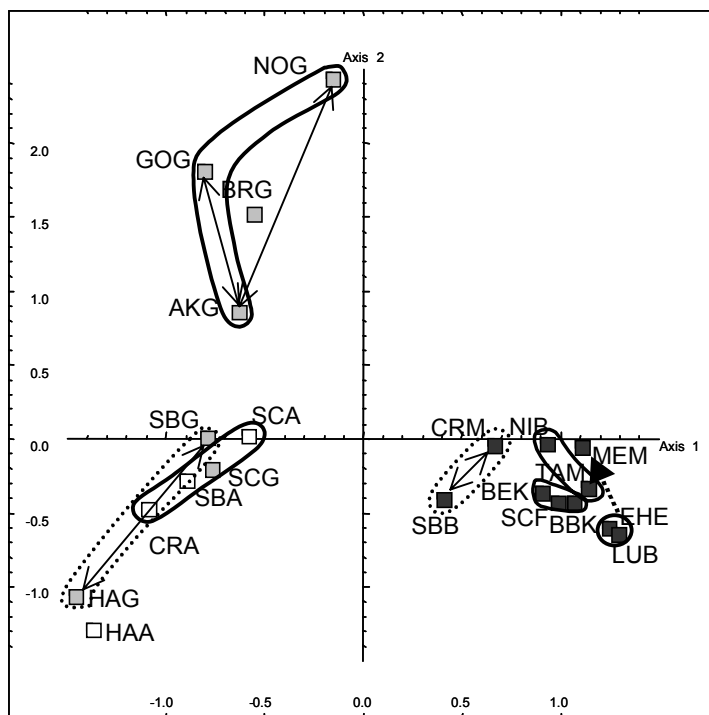


Abbildung 8: Ergebnis der Korrespondenzanalyse mit fünf Tiergruppen für 21 Standorte. Einkreist sind die Standorte eines Standorttyps (Symbole schwarz: Wälder, grau: Grünländer, weiß: Äcker). Die Pfeile verbinden Paare ähnlicher Standorte, deren Bodentiergemeinschaften sich deutlich voneinander unterscheiden (AKG von GOG und NOG; CRM und SBB). Dritter Buchstabe des Flächenkürzels steht für G=Grünland, A=Acker, K=Kiefer, B=Buche, F=Fichte, E=Eiche, M=Mischwald.

Die **Fadenwürmer** (Nematoden) wurden in die statistische Auswertung der BBSK-Daten nicht aufgenommen, da sie im Gegensatz zu den anderen Organismengruppen nur bis zur Familien- bzw. Gattungsebene und nicht an allen Standorten bestimmt worden waren. Auf dieser höheren taxonomischen Ebene lassen sich Tendenzen erkennen, die aber durch weitere Erhebungen erhärtet werden müssten. Beispielsweise lässt die Familie der Pristomatolaimidae (Bacteriophage) auf den BBSK-Standorten eine pH-Wert-Abhängigkeit erkennen. Die höchsten Dominanzen (4-5 %) finden sich im pH-Bereich zwischen 4,5 und 5,1. In stark gekalkten Äckern (z. B. CRA,

Typ A 1.4.3) kommen sie nicht oder nur schwach ausgeprägt vor (Tab. 13). Außerdem ist die Familie Anatonchidae eventuell die einzige Gruppe, die Ackerstandorte positiv charakterisiert.

Tabelle 13: Bedeutung des pH-Wertes für das Vorkommen der Prismatolaimidae auf Standorten des BBSK-Projekts. Relative Abundanz (in %, ohne Phytophage). Sortierung innerhalb der Gemeinschaftstypen nach aufsteigendem pH des Standorts.

Gemeinschafts- typ (s. Tab. 10)	B 3	A 1.4.2		A 1.1	A 1.3				A 1.2.2			A 1.4.3	
Fläche	SCF	HAA	SBA	SBB	BRG	NOG	AKG	GOG	SCG	HAG	SBG	SCA	CRA
pH	3,0	4,5	5,4	5,1	4,6	5,3	5,4	5,5	4,8	5,4	5,7	5,9	7,1
Dominanz	2,6	4,4	1,2	5,0	5,2	2,1	0,7	0,9	4,1	2,6	0,4	0	0

Drei Standorte des BBSK-Projekts waren durch Kalkung (SBB) bzw. durch Schadstoffgehalte **gestört** (NOG, GOG). Diese drei Standorte können daher nicht als Referenz dienen. Sie sind trotzdem in Abbildung 8 und Anhang 1 enthalten, um deutlich zu machen, wie sich die Störungen in den Gemeinschaften niederschlagen. Beispielsweise stellt die gekalkte Waldfläche SBB einen Übergangstyp zwischen den Gemeinschaftstypen A 1.1 und B 1 dar, mit typischen Vertretern beider Gemeinschaften.

Bei der Entwicklung des vorliegenden Ansatzes wurde angestrebt, einerseits eine überschaubare **Zahl von Gemeinschaftstypen** zu definieren, andererseits ein ausreichendes Spektrum an Gemeinschaftstypen für eine differenzierte Bewertung zu gewährleisten. Die im BBSK-Projekt untersuchten 21 Standorte verteilen sich auf 7 der hier definierten Bodenlebensgemeinschaftstypen (Tab. 14). Eine weitere Unterteilung einiger Gemeinschaftstypen wäre für die Bewertung im Planungsprozess wahrscheinlich günstig und erscheint nach Auswertung zusätzlicher Daten auch möglich (s. Anmerkung zu Abb. 7).

In Tabelle 14 ist einigen häufigen Gemeinschaftstypen eine **reale Standortaufnahme** zugeordnet. Zur Orientierung sind die für eine Gemeinschaft zu erwartenden Arten bei jeder Tiergruppe jeweils grau unterlegt. Diese Angaben sind als vorläufig anzusehen und umfassen sowohl ausgesprochen typische und funktionell wichtige Arten eines Gemeinschaftstyps („Muss-Arten“) als auch Arten, die selbst bei einer typischen Ausprägung der Gemeinschaft nicht unbedingt vorkommen müssen („Kann-Arten“). Es gibt außerdem Arten, die bei keinem Gemeinschaftstyp grau unterlegt sind. Dies kann der Fall sein bei Ubiquisten, also Arten mit großer Anpassungsbreite, die in vielen Biozönosetypen vorkommen (z. B. die Regenwurmart *Lumbricus rubellus*). Aus Tabelle 14 ist außerdem zu entnehmen, dass an einigen Standorten Arten vorkommen, die dort nicht den Erwartungen entsprechen. Dies deutet darauf hin, dass die realen Standorteigenschaften des Beispiels nicht ganz den typischen Standortfaktoren-Kombinationen der Gemeinschaftstypen (s. Tab. 10) entsprechen. Weitere Standortbeispiele, denen die **Variabilität** innerhalb der Gemeinschaftstypen zu entnehmen ist, befinden sich im Anhang. Auf die Formulierung von detaillierteren Sollwerten der Artenzusammensetzung jedes Biozönosetyps wurde hier verzichtet. Dies bleibt jeweils einer Expertenrunde für die einzelnen Tiergruppen vorbehalten und kann ggf. erst nach weiterer Datenerhebung oder -auswertung erfolgen.

Das Vorkommen der Arten ist in Tabelle 14 als relative Häufigkeit (in Form von **Dominanzklassen**) angegeben. Da die Dominanz eine Prozentangabe ist, können bei geringen Individuen- und Artenzahlen selbst Einzelfunde sehr hohe Werte erreichen, die ohne Kenntnis der absoluten

Werte (Abundanzen) verwirrend bzw. schlecht interpretierbar sind (hier z. B. bei Tausendfüßern und Asseln). Alternativ können daher statt Dominanz- auch **Abundanzklassen** angegeben werden (vgl. Anhang 2).

Der vorläufige Charakter der **Klassifikation der Bodenlebensgemeinschaftstypen** zeigt sich in folgenden Punkten:

- Unterschiedliche Anzahl der einbezogenen Organismengruppen in die Definition der Gemeinschaftstypen; wesentliche Gruppen fehlen (Collembolen) oder sind nur teilweise berücksichtigt (Nematoden),
- Unsicherheit über eine weitere Unterteilung von B 1,
- Unsicherheit über die Faktorengrenzen und biologische Charakterisierung der A 3- und B 3- Gemeinschaftstypen,
- Unklarheit über die Bedingungen des Vorkommens anecischer Regenwürmer in A 1.4.1.

Ungeachtet der genannten Unsicherheiten ist es bereits auf der Basis der vorliegenden Klassifikation möglich, unter Verwendung der digital verfügbaren abiotischen Bodenparameter die erwarteten Bodenlebensgemeinschaftstypen für einen Naturraum kartografisch darzustellen. Die flächenhafte Darstellung bildet dann die Grundlage für die Ausweisung von Vorrangflächen für einen Soll-Ist-Abgleich und die Bewertung der Lebensraumfunktion in einem Planungsgebiet.

Es werden 14 Bodenlebensgemeinschaftstypen definiert. Diese Typen sind durch das Vorkommen bestimmter Arten charakterisiert. Das Vorkommen der Gemeinschaftstypen ist an eine bestimmte Kombination der Standortfaktoren pH-Wert, Bodenkundliche Feuchtestufe, Bodenart und z. T. Nutzung gebunden. Die Definition der verschiedenen Gemeinschaftstypen ist unterschiedlich gut abgesichert, da nicht für alle eine vergleichbare Datenbasis vorlag. Für die mikrobielle Biomasse und die Regenwurmbiomasse werden Erwartungswerte für Gemeinschaftstypen landwirtschaftlich genutzter Standorte angegeben.

Tabelle 14: Bodenlebensgemeinschaftstypen und Standortbeispiele aus dem BBSK-Projekt (RÖMBKE et al. 2002a). (Mikroorganismen nicht untersucht (n.u.), daher indirekte Ableitung dieser Ebene über die Bodenart). Standortfaktoren: laut Tab. 10 vor dem “/“, reale Werte dahinter bzw. bei Bodenart: in fett. Standortcodes: Buchstabe 1 und 2 = Anfangsbuchstaben des Ortes, Buchstabe 3: Nutzungstyp: A = Acker, G = Grünland; B = Buche, E = Eiche, F = Fichte, K = Kiefer, M = Mischwald. Grau unterlegt: Erwartete und für die Gemeinschaft typische Arten. Zahlenangaben bei den Arten: Dominanzklassen für die Arten in ihrer taxonomischen Gruppe (1: <0,32%; 2: >0,32, <1; 3: >1, <3,2; 4: >3,2, <10; 5: >10, <32; 6: >32-100), Artenliste nicht vollständig.

Gemeinschaftstyp Parameter / Art	A.1.4.2	A.1.4.3	A.1.2.1	A.1.2.2	A.1.3	A.1.1	B.1 (feucht)	B.1 (trocken)
Standortcode	SBA	SCA	SCG	SBG	AKG	CRM	NIB	BBK
Höhe [m über NN]	410	490	490	490	66	420	580	75
Nutzung	Acker	Acker	Grünland	Grünland	Grünland	Mischwald	Buchenwald	Kiefernwald
Vegetation	Landwirtsch. Nutzung	Landwirtsch. Nutzung	Weide	Krautige Brache	Alopecuretum pratensis	Fagus sylvatica, Quercus sp.	Fagus sylvatica	Pinus sylvestris
BKF/Feuchte	2-8 / 2	2-8 / 3	2-7 / 3	2-7 / 2	8 / 5	2-8 / 2	2-8 / 4	0-1 / 2
pH-Wert	≥ 4,2 / 5,4	≥ 4,2 / 5,9	≥ 4,2 / 4,8	≥ 4,2 / 5,7	≥ 4,2 / 5,4	≥ 4,2 / 5,9	< 4,2 / 3,9	< 4,2 / 3,4
Bodenart	Schluffe, Lehme, sandige Tone / LS	Tonige Lehme, Tone / Li3	Sande / S	Schluffe, Lehme, sandige Tone / Li2	Alle / Utr4	Alle / Lts	Alle / Uls	Alle / S
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Gley-Auenboden	Pseudogley	Parabraunerde	Braunerde
Humusform	n. u.	n. u.	n. u.	n. u.	n. u.	Mull-mullart. Moder	F-Mull	Moder
Org. Gehalt [%]	4,1	5,9	9,2	3,8	8,0	12,5	11,5	9,7
C/N-Verhältnis	10,4	20,3	10,6	7,6	9,3	13,6	14,4	20,8
Mikrobiologie	Mittel / n. u.	Hoch / n. u.	Mittel / n. u.	Hoch / n. u.	- / n. u.	- / n. u.	- / n. u.	- / n. u.
Regenwürmer (Lumbriciden)								
<i>Aporrectodea rosea</i>	3	2	4	4	3	4		
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	5	5	6	5	4			
<i>Lumbricus terrestris</i>	2	4	3	4	5			
<i>Aporrectodea longa</i>					2	2		
<i>Octolasion cyaneum</i>	2					2		
<i>Lumbricus castaneus</i>		3		4	4	4		
<i>Octolasion tyrtaeum</i>				1		2		
<i>Dendrodriilus rubidus</i>						2		
<i>Lumbricus rubellus</i>	3	4	3	3	2		6	5
<i>Dendrobaena octaedra</i>							5	
Kleingelwürmer (Enchytraen)								
<i>Enchytraeus buchholzi</i> agg.	5	4	2	3	3	1		
<i>Fridericia galba</i>	2	5	4	3	3	4		
<i>Fridericia paroniana</i>	3	3	4	3	2	2		

Gemeinschaftstyp Parameter / Art	A.1.4.2	A.1.4.3	A.1.2.1	A.1.2.2	A.1.3	A.1.1	B.1 (feucht)	B.1 (trocken)
<i>Enchytraeus christenseni</i>	4		3	2	2			
<i>Enchytraeus lacteus</i>		4	2	2	3	1		
<i>Fridericia bulboides</i>	3	4	2	3	3			
<i>Enchytraeus norvegicus</i>	4	4	1	2		4		
<i>Henlea nasuta</i>					2			
<i>Henlea perpusilla</i>			1					
<i>Marionina vesiculata</i>			1		2			
<i>Cognettia glandulosa</i>								
<i>Cognettia sphagnetorum</i>						2	5	5
<i>Achaeta cf. affinoides</i>						2	4	4
<i>Oconnorella cambrensis</i>							5	
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>							2	
<i>Achaeta abulba</i>							4	3
<i>Fridericia striata</i>						1		1
<i>Achaeta bohemica</i>				3		1		2
<i>Buchholzia appendiculata</i>						3		
<i>Stercutus niveus</i>						5	3	
Hornmilben (Oribatiden)								
<i>Oppliella minus</i>					6	3	2	3
<i>Ceratozetes mediocris</i>					2			
<i>Liebstadia similis</i>				4	3			
<i>Pelops occultus</i>					3			
Brachychthoniidae			4	3	5	3	3	4
<i>Oppliella ornata</i>		4	3	4		5	5	5
<i>Oribatula tibialis</i>				2		3	2	3
Phthiracaridae				2		4	2	2
<i>Oppliella subpectinata</i>		4	1			4	5	4
<i>Quadr. quadricarinata</i>				2		3	3	2
<i>Suctobelba</i>					2	4	5	5
<i>Nothrus silvestris</i>						1	1	2
Euphthiracaridae						4		3
<i>Nanhermannia elegantula</i>							1	3
<i>Carabodes labyrinthicus</i>						2		1
<i>Cultoribula bicultrata</i>						1	1	3
<i>Enochthonius minutissimus</i>						4		3
<i>Adoristes ovatus</i>						2		4

Gemeinschaftstyp Parameter / Art		A.1.4.2	A.1.4.3	A.1.2.1	A.1.2.2	A.1.3	A.1.1	B.1 (feucht)	B.1 (trocken)
<i>Carabodes coriaceus</i>							1		1
<i>Camisia spinifer</i>							1		1
<i>Paradamaeus clavipes</i>									
<i>Pelops torulosus</i>									3
Raubmilben (Gamasinen)									
<i>Pergamasus quisquiliarum</i>		5							
<i>Rhodacarellus silesiacus</i>		5				3			
<i>Aliphis halleri</i>		5			4				
<i>Arctoseius cetratus</i>				4					
<i>Neojordensis levis</i>						4			
<i>Macrocheles carinatus</i>						4			
<i>Hypoaspis noli</i>									
<i>Ameroseius corbiculus</i>									
<i>Pergamasus conus</i>									3
<i>Rhodacarus coronatus</i>									4
<i>Pachylaelaps longisetis</i>								5	4
<i>Pergamasus lapponicus</i>							5		
<i>Pergamasus suecicus</i>							4	4	4
<i>Geholaspis mandibularis</i>					2		4	4	
<i>Rhodacarellus epigynalis</i>							4		
<i>Pachyseius humeralis</i>							4		
<i>Macrholaspis opacus</i>							3	5	
Tausendfüßer und Asseln (Myriapoden und Isopoden)									
<i>Lithobius mutabilis</i>							5	6	
<i>Lithobius macilentus</i>							3		
<i>Lithobius crassipes</i>							5	3	
<i>Strigamia acuminata</i>							4	3	
<i>Allajulus nitidus</i>							6		
<i>Julus scandinavicus</i>							5	6	6
<i>Trichoniscus pusillus</i>							6		
<i>Geophilus insculptus</i>							3		
<i>Porcellium conspersum</i>							6		
Fadenwürmer (Nematoden)									
Prismatolaimidae	3			4	2	2			
Anatonchidae	4	2							

8 Anwendung

8.1 Aktuelle Möglichkeiten der Anwendung

In Abbildung 9 ist der mögliche Verfahrensablauf zur Bewertung der Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ im Rahmen von Planungsverfahren dargestellt.

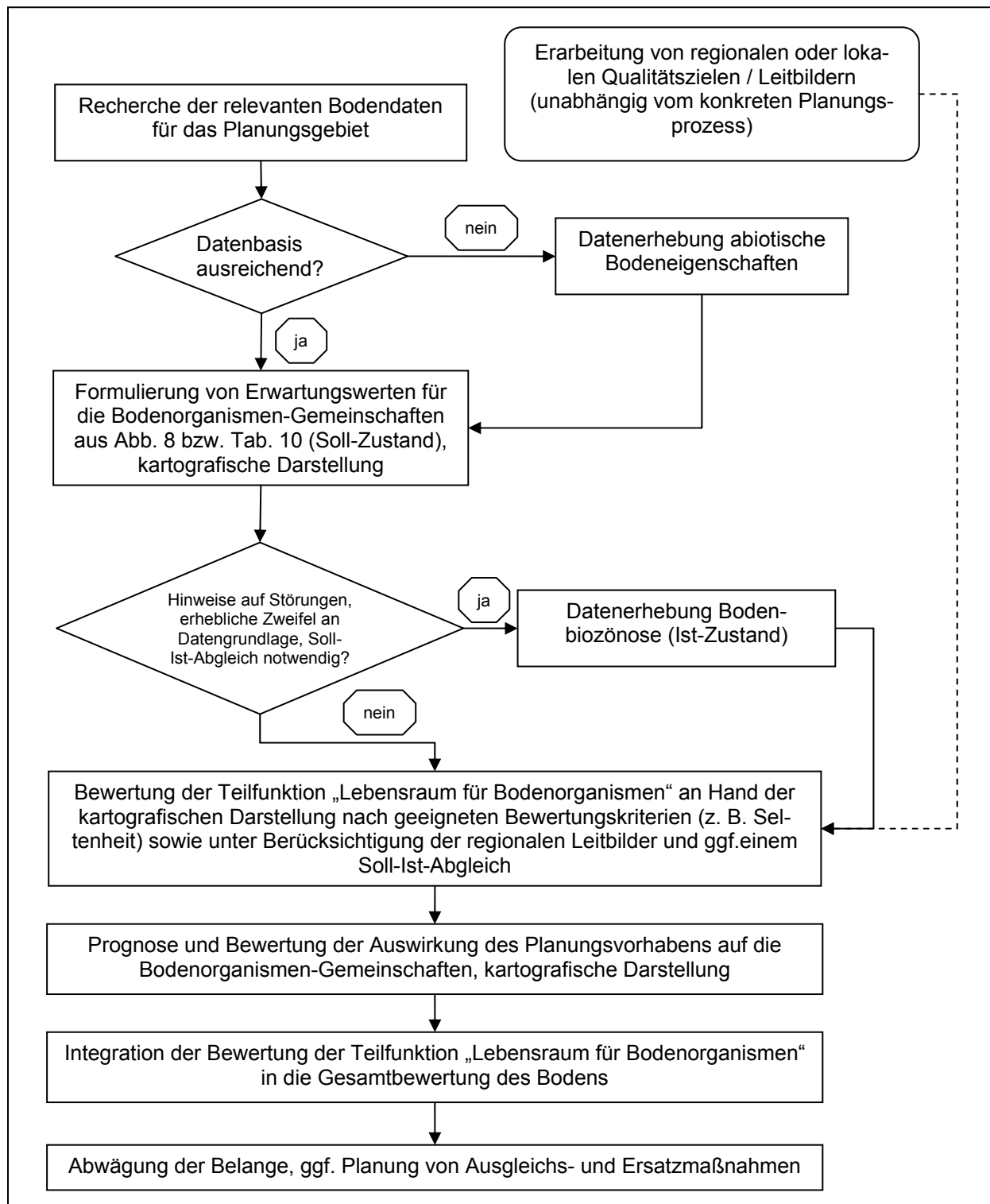


Abbildung 9: Fließschema Verfahrensablauf zur Bewertung der Funktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ in Planungen

Die Darstellung und Bewertung der Bodenorganismen-Gemeinschaften ist demnach prinzipiell möglich. Aus den vorhergehenden Kapiteln wird allerdings deutlich, dass

- die Datenlage bei den abiotischen Bodenfaktoren besonders auf der unteren Planungsebene erhebliche Lücken aufweist,
- hinsichtlich des bodenbiologischen Kenntnisstandes noch für einige Aspekte Forschungsbedarf besteht.

Daher erfordert die Bewertung der Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ ein erhebliches Maß an Expertenwissen sowie Zeit für die Recherche bzw. Erhebung fehlender Daten. Eine flächendeckende Bewertung im Rahmen von Planungsverfahren ist daher nicht sinnvoll, wenn mit Hilfe der Bewertung anderer Bodenfunktionen oder naturschutzfachlicher Bewertung schutzwürdige und -bedürftige Standorte erfasst werden können. Zu speziellen Fragestellungen kann die Berücksichtigung der Bodenlebensgemeinschaft jedoch zusätzliche Informationen liefern, die das Gewicht der Bodenbelange im Abwägungsprozess von Planungsverfahren stärken. In diesen Fällen ist der zusätzliche Bearbeitungsaufwand gerechtfertigt.

8.1.1 Bewertungsmethodik

Die Bewertung von Flächen nach Kriterien wie Seltenheit, Wiederherstellbarkeit oder Repräsentativität erfolgt bereits von Seiten des Naturschutzes. Die Verwendung derselben Kriterien für die Bodenorganismen-Gemeinschaften würde häufig weitgehend redundante Informationen liefern und sollte daher nur im Einzelfall erfolgen, wenn dadurch ergänzende Informationen zu erwarten sind. Dies soll hier kurz bezogen auf das Kriterium **Seltenheit** erläutert werden. Weitere Bewertungskriterien können bei Bedarf durch Expertenentscheidung herangezogen werden.

Zum Erhalt der landschaftstypischen Besonderheiten und der globalen Biodiversität (UNEP 1992) sind seltene Lebensräume vor Eingriffen zu schützen. Mit Hilfe dieses Kriteriums würden in vielen Fällen Bodenorganismen-Gemeinschaften von Extremstandorten, wie Mooren oder Trockenrasen (B 2, A 3), als schutzwürdig ausgewiesen. Diese Standorte werden voraussichtlich bereits von der naturschutzfachlichen Bewertung als wertvoll erfasst. Darüber hinaus können aber auch verschiedene Laub- und Mischwälder auf basenreichen Standorten (Gemeinschaftstyp A 1.1) als relativ selten und schützenswert ausgewiesen werden, die nach naturschutzfachlichen Kriterien möglicherweise keinen besonders hohen Stellenwert hätten. In diesem Fall würde die Bewertung der Bodenorganismen-Gemeinschaften zusätzliche Flächen als schutzwürdig einordnen und hätte dadurch ihre Berechtigung. Die Berücksichtigung des Kriteriums Seltenheit trägt damit zum Erhalt der **Diversität** von Bodenorganismen bei. Die Diversität auf Gemeinschaftsebene (Typendiversität) meint die Vielfalt der Lebensgemeinschaften in einem bestimmten Naturraum. Die Erhaltung einer hohen Vielfalt an Bodenlebensgemeinschaften wird in der Regel die Erhaltung der Artenvielfalt gewährleisten.

Seltenheit kann sowohl lokal, innerhalb eines Planungsgebietes, als auch regional, innerhalb eines Naturraumes / einer Verwaltungseinheit, oder auch national und international betrachtet werden. Die Einstufung der Seltenheit einer Bodenorganismen-Gemeinschaft kann je nach Maßstab unterschiedlich ausfallen. Gemeinschaftstypen, die auf allen Maßstabsebenen selten sind, sind als besonders wertvoll anzusehen. Besonders verantwortungsvoll muss mit global seltenen Einheiten umgegangen werden. Für die praktische Anwendung könnte eine **Einstufung** der Bodenlebensgemeinschaftstypen nach ihrer Seltenheit zunächst z. B. auf Ebene der Bundesländer oder der naturräumlichen Haupteinheiten erfolgen (SSYMANK 1994). Die Einstufung kann über eine Flächenbilanz der einzelnen Gemeinschaftstypen stattfinden, die aber durch fachliche

Plausibilitätsprüfung und ggf. Nachprüfungen im Gelände zu ergänzen ist. Durch die Flächenbilanz allein werden auch seltene, aber nicht schützenswerte Biozönosetypen ausgewiesen. So erhöhen Gemeinschaften gestörter Standorte (z. B. Stadtböden, Deponien) ebenfalls die biologische Vielfalt, müssen aber auf Grund ihrer geringen Naturnähe sowie leichteren Wiederherstellbarkeit als wenig wertvoll eingestuft werden. Auch das Vorkommen seltener oder endemischer Bodentier-Arten, sofern bekannt, kann in die Bewertung der Schutzwürdigkeit eingehen (z. B. die Regenwurmart *Lumbricus polyphemus* in Süddeutschland).

Neben dem selektiven Einsatz von Bewertungskriterien, die auch im Naturschutz verwendet werden, spielt der **Soll-Ist-Abgleich** für die Bewertung der Bodenorganismen-Gemeinschaften eine wesentliche Rolle. Ein Soll-Ist-Abgleich wird nicht flächendeckend durchgeführt, da dafür der Aufwand unvermeidbar groß wäre. Das Vorgehen umfasst stattdessen zwei Arbeitsschritte:

1. Darstellung der zu erwartenden Gemeinschaftstypen (**Soll-Zustand**) flächendeckend kartografisch an Hand abiotischer Daten, Ausweisung von Suchräumen zur Überprüfung des Ist-Zustands,
2. punktuelle Feststellung des **Ist-Zustands** durch Geländeerhebungen, Soll-Ist-Abgleich.

Suchräume für den Soll-Ist-Abgleich sollten dann ausgewiesen werden, wenn

- konkrete und schwerwiegende Zweifel an der Aktualität oder Korrektheit der vorhandenen Daten bestehen,
- Hinweise auf eine Störung / Belastungssituation bestehen,
- besonders schützenswerte Gemeinschaftstypen oder Arten zu erwarten sind,
- sonstige besondere Bedingungen oder Fragestellungen bestehen.

Eine **Bewertung der Abweichungen** zwischen Ist- und Soll-Zustand muss sich primär an den zu erwartenden Arten einer Gemeinschaft orientieren. Dabei spielt weniger die Gesamtartenzahl eine Rolle als das Auftreten von Arten, die typischerweise in der jeweiligen Gemeinschaft vorkommen, in anderen jedoch selten bis gar nicht oder mit geringeren Abundanzen. Dabei sollte dem Vorkommen / Fehlen funktionell wichtiger Arten, wie z. B. tiefgrabender Regenwürmer, ein besonderer Stellenwert für die Bewertung zugemessen werden. Ergänzend können die Individuenzahlen und die Biomasse (bei Regenwürmern) herangezogen werden. Da hier der Sollzustand nur als zu erwartender Gemeinschaftstyp formuliert wird (Kapitel 7), nicht aber als verbindliche Liste zu erwartender Arten, ist die Bewertung der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Zustand wesentlich von der Fachkenntnis des jeweiligen Bearbeiters abhängig.

Grundsätzlich wird hier davon ausgegangen, dass jeder Boden Lebensraum für Organismen bietet und dass eine Beurteilung nur kontextspezifisch erfolgen kann. Im Bewertungsverfahren sollten daher Bodenlebensgemeinschaftstypen eines Planungsgebietes relativ zueinander geordnet und möglichst nicht mit absoluten Werten versehen werden. Daher wird hier der **verbal-argumentativen Methode** der Vorzug gegeben gegenüber einer quantitativen Bewertung mit Wertstufen, wie sie in anderen Ansätzen vorgeschlagen wird (vgl. BVB 2001, LEHLE et al. 1995, LUA SACHSEN-ANHALT 1998, SOMMER et al. 2002, HOCHFELD et al. 2003). Der Bezug sind das Leitbild und der derzeitige Zustand z.B. hinsichtlich der räumlichen Lage (Größe, Fragmentierung, Umgebung) und der tatsächlich gefundenen Organismen (Soll-Ist-Abgleich).

Für die mikrobielle Biomasse und die Regenwurmbiomasse können die in Kapitel 7 angegebenen **quantitativen Erwartungswerte** für einige Gemeinschaftstypen zur Bewertung verwendet

werden. In Analogie zu Überlegungen in der Ökotoxikologie könnte eine Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand für diese Parameter von weniger als 30% als unbedenklich, bei mehr als 50% als stark definiert werden (EPPO 2003). Im Bereich dazwischen („mittlere“ Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand) sind die Ursachen dafür zu recherchieren, um zu entscheiden, ob Handlungsbedarf besteht. Bei einer starken Abweichung ist anzunehmen, dass der untersuchte Standort die Lebensraumfunktion für die erwartete Gemeinschaft nicht (voll) erfüllt. Aufgrund der fehlenden Erfahrung und der schmalen Datenbasis ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu empfehlen, auch bei starken Abweichungen zuerst dieses Ergebnis zu überprüfen. Bei Verwendung quantitativer Parameter zur Bewertung ist allerdings zu beachten, dass vergleichbare Methoden für die Erfassung der Organismen verwendet werden (speziell sind die international standardisierten Verfahren der ISO zu empfehlen (ISO 2004a,b,c)).

Unter **Soll-Zustand** wird hier der den Standortbedingungen gemäße Bodenlebensgemeinschaftstyp verstanden (Erwartungswert). In der Literatur wird der Begriff Soll-Zustand jedoch auch für den „Wünschenswerten Zustand“ gebraucht, der im vorliegenden Bericht als **Leitbild** bezeichnet wird (HOBOM 2000). Auf die fachliche Bewertung der Lebensraumfunktion für Bodenorganismen folgt im Planungsverfahren die Gesamtbewertung, in die außer den weiteren Bodenfunktionen alle anderen betroffenen Schutzgüter eingehen. Für die Gesamtbewertung sollten regional und national Leitbilder zur Verfügung stehen, die auch beinhalten, welche Bodenlebensräume bzw. Bodenlebensgemeinschaften vorrangig zu schützen sind. Für die Leitbildentwicklung sind neben den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen politisch-administrative Rahmenbedingungen, juristische, soziale, historische, ökonomische und ethische Aspekte von Bedeutung; sie ist daher nicht Gegenstand dieser Dokumentation.

Als Beispiel für die **Empfehlung zu einem Soll-Ist-Abgleich** dient hier eine gekalkte Forstfläche, bei der voraussichtlich die Angaben in den ausgewerteten Karten bezüglich pH-Wert und Humusform nicht (mehr) korrekt sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Karten oder Datenbanken meist der pH des Mineralbodens erfasst wird, während sich eine Kalkung zunächst in der organischen Auflage auswirkt, die auch Hauptlebensraum der Bodenorganismen ist. Bei Kalkungsfächen ist folglich eine vertikal fein abgestufte pH-Messung in der organischen Auflage sinnvoll. Wird nur der pH-Wert durch eine Probenahme überprüft, kommt es bei der Prognose des Gemeinschaftstyps (Soll-Zustand) aber u. U. zu Fehlern, da unklar bleibt, inwieweit die Bodenorganismen bereits auf die veränderten Bedingungen reagiert haben. Es stellt sich auf gekalkten Waldflächen meist zunächst ein Übergangstyp zwischen den Gemeinschaftstypen A 1.1 und B 1 ein, mit typischen Vertretern beider Gemeinschaften (vgl. Fläche SBB des BBSK-Projekts Anhang 1). Durch eine Aufnahme der abiotischen **und** bodenbiologischen Daten im Gelände (Ist-Zustand) kann festgestellt werden, ob die Kalkungsmaßnahme zu einer Entwicklung Richtung Mull-Humusform führte.

8.1.2 Anwendungsbeispiele

Die hier skizzierte Vorgehensweise wird an Hand eines Kartenausschnittes veranschaulicht. Anschließend werden Fallbeispiele gegeben, in denen Bodenorganismen für Planungsprozesse eine Rolle gespielt haben. Grundlage für die Auswahl der Beispiele sind die orientierenden Angaben zur Relevanz der Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ gemäß der Studie der PROJEKTGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003) in Tabelle 2.

8.1.2.1 Kartenbeispiel

Die Karte (Abb. 10) zeigt die Bodenlebensgemeinschaftstypen im Übergangsbereich von der Geest zur Marsch zwischen Bremen und Oldenburg. Der Großteil der Fläche wird landwirtschaftlich als Acker oder Grünland genutzt.

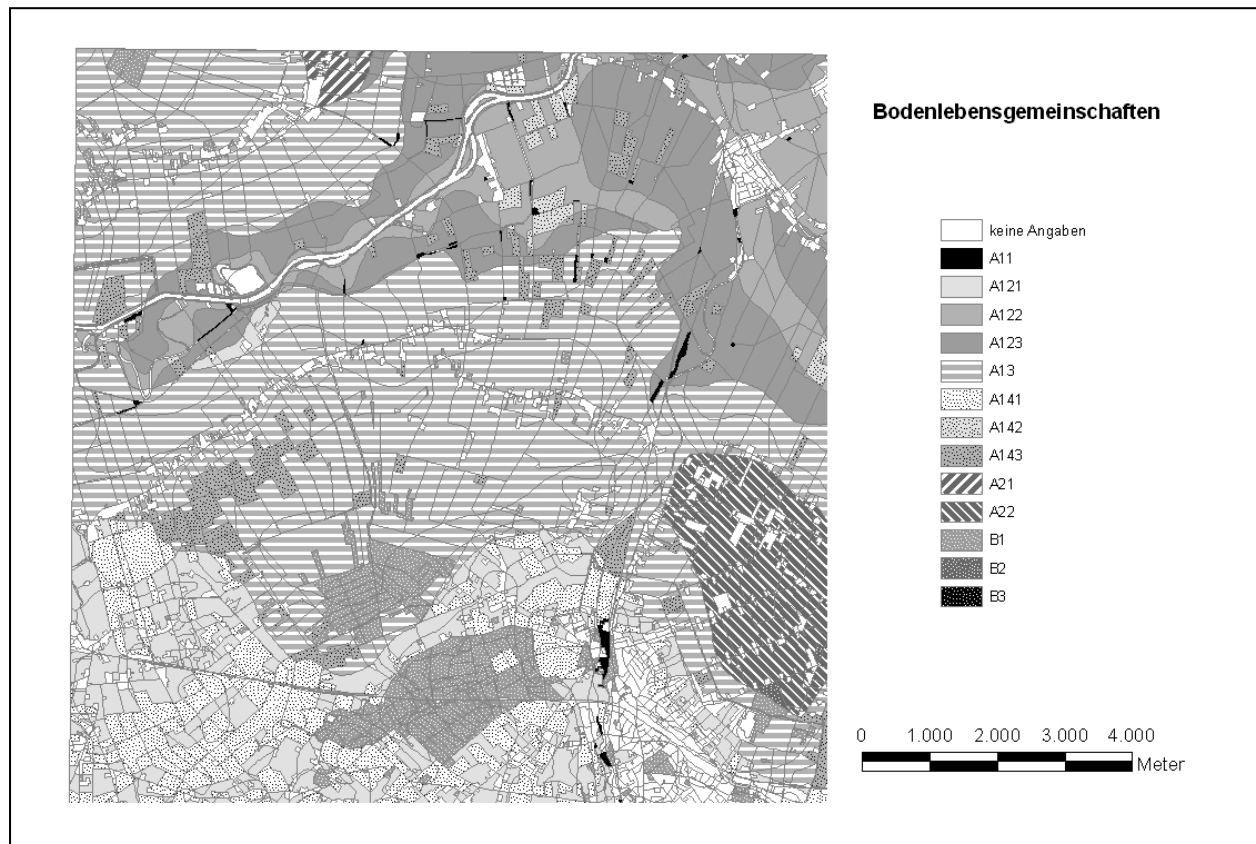


Abbildung 10: Kartografische Darstellung der Bodenlebensgemeinschaftstypen (TK25 Blatt 2916, Niedersachsen)

Große Flächenanteile nehmen im Kartenausschnitt dementsprechend die Gemeinschaftstypen A 1.3 und A 1.2.3 ein, während die Gemeinschaftstypen basenreicher Wälder (A 1.1) und saurer Standorte (B1) nur kleinflächig verbreitet sind. Es sind 13 der insgesamt 14 unterschiedenen Biozönosotypen potenziell vertreten. Die Flächenanteile lassen sich mit Hilfe eines geeigneten Computerprogramms (GIS) berechnen und so die **Seltenheit** bzw. Häufigkeit der einzelnen Gemeinschaftstypen im Kartenausschnitt quantitativ ermitteln (Tab. 15). Soll die Seltenheit in die Bewertung eingehen, muss sie jedoch auch auf höheren Maßstabsebenen betrachtet werden.

Für eine Bewertung müssten z.B. besonders die nassen Grünlandbereiche (A 2.1 und A 2.2) berücksichtigt werden, sie sind selten und typisch. In diesem Bereich ist A 2.2 Hochmoor unter Grünland, das für die Bodenfauna ein typischer und durch Nutzungsintensivierung (Entwässerung, Kalkung) gefährdeter Lebensraum ist. Diese Flächen werden aber nur in Ausnahmefällen durch Naturschutzkriterien als schützenswert eingestuft. Gut zu erkennen ist im Kartenausschnitt die **Vernetzung** von Standorten gleicher Gemeinschaften, aber auch die Unterbrechung von Gebieten ähnlicher Gemeinschaften durch andere. Müssen im Rahmen der Eingriffsregelung nach Bundesnaturschutzgesetz Flächen zum Ausgleich und Ersatz benannt werden, könnte hier durch Ausweisung der „unterbrechenden“ Flächen zu diesem Zweck wieder für einen stärkeren räumlichen Zusammenhang der Gemeinschaften ähnlicher Standorte gesorgt werden (z.B. könn-

ten die Ackerstandorte A 1.4.3 wieder als Grünland genutzt werden und sich zu A 1.3. entwickeln). In Abhängigkeit von der konkreten Planungssituation / Fragestellung können auf Basis der Karte auch Suchräume für weitere Untersuchungen und ggf. einen **Soll-Ist-Abgleich** ausgewiesen werden. Beispielsweise wäre es für die Ausweisung ackerbaulich genutzter Feuchtstandorte als Ausgleichsflächen sinnvoll, die aktuelle Nutzung sowie die Grundwasserstände und den pH-Wert zu überprüfen, da hiervon die Prognose des Bodenlebensgemeinschaftstyps (Soll-Zustand) abhängt.

Tabelle 15: Flächenanteile der Bodenlebensgemeinschaftstypen im Blattausschnitt der TK50 (topografische Karte im Maßstab 1:50.000) Blattnr. L2916.

Bodenlebensgemeinschaftstyp	Anteil [%]
A 1.1	0,41
A 1.2.1	16,70
A 1.2.2	4,70
A 1.2.3	10,50
A 1.3	13,90
A 1.4.1	20,90
A 1.4.2	0,70
A 1.4.3	2,50
A 2.1	0,12
A 2.2	1,70
B 1	8,40
B 2	0,04
B 3	< 0,01
nicht klassifiziert (v.a. Siedlungsgebiete)	19,40

8.1.2.2 Forstliche Rahmenplanung

Die forstliche Rahmenplanung hat zum Ziel, die Funktionen des Waldes zu sichern. Dazu gehört unter anderem, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts und die Bodenfruchtbarkeit an Waldstandorten zu erhalten (BWaldG 1998). Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele lassen sich mit Hilfe der Bodenlebensgemeinschaftstypen bewerten und die Auswirkungen geplanter Maßnahmen auf den biologischen Bodenzustand können prognostiziert werden. Für die forstliche Rahmenplanung kann auf bodenbiologische Untersuchungen zurückgegriffen werden, die z. B. auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und Naturwaldflächen durchgeführt werden. In einigen Bundesländern werden Bodenorganismen auch auf den Flächen des europaweiten Level-II-Programms und der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) erfasst (LÖBF 2001). In beiden Untersuchungsprogrammen verfolgen die Bodenuntersuchungen das Ziel, den Einfluss von Luftverunreinigungen und klimatischen Faktoren auf die Entwicklung von Waldökosystemen darzustellen und diese Erkenntnisse für Verbesserungen der forstlichen Nutzung umzusetzen.

Insbesondere zu den Auswirkungen von **Kalkungsmaßnahmen** auf Bodenorganismen existieren detaillierte Kenntnisse, die bei Einbeziehung in die forstliche Planung zur Effizienz solcher Maßnahmen beitragen können (z. B. SCHAUERMANN 1985, IRMLER & HEYDEMANN 1989, CORNELIUS et al. 1990, HECK & RÖMBKE 1990, SCHÄFFER et al. 2001). Mit dem Prozess der Bodenversauerung geht eine Veränderung der Gemeinschaftstypen von A 1.1 nach B 1 einher, der durch eine Kalkungsmaßnahme umgekehrt werden soll. Entscheidend für einen nachhaltigen Effekt einer Kalkung auf den Nährstoffhaushalt ist die Förderung mineralbodenbewohnender und tiefgrabender Regenwürmer, die zur Entstehung von Mull-Humusformen beitragen. Aus bodenbiologischer Sicht ist eine Schutzkalkung dort angebracht, wo noch ein Restbestand dieser Regenwürmer und anderer Arten des Gemeinschaftstyps A 1.1 vorhanden ist, der zu verschwin-

den droht. An solchen Standorten kann die Regenerierung einer multitypischen Bodenbiozönose gelingen, wenn sie über Basenvorräte im Unterboden verfügen (GRAEFE et al. 2002b). Mit der Ausweisung von A 1.1/B 1-Übergangs-Gemeinschaften können Vorrangflächen für die Kalkung kartografisch dargestellt werden.

Ein aktuelles Beispiel zu diesem Anwendungsbereich stellen die bodenbiologischen **Untersuchungen in Essener Wäldern** dar, die von der Forstverwaltung Essen (Grün und Gruga Essen) in Zusammenhang mit einem langfristigen Waldkalkungsprogramm in Auftrag gegeben wurden (MEUSER 2003, FRÜND 2003). Im Rahmen einer Gesamtbewertung der Untersuchungen zu dem 1987 begonnenen Waldkalkungsprogramm wurden die biologischen Untersuchungen (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) empfohlen, um bei der Weiterführung der Kalkung mögliche ökologische Risiken einzuschätzen (MEUSER 2002). Dabei ging es insbesondere um folgende, speziell die Bodenbiologie betreffende Fragen:

- Ist die Abnahme von C- und N-Gehalten in der organischen Auflage und deren Zunahme im Mineralboden mit erhöhter biologischer Aktivität verbunden und positiv zu bewerten?
- Bewirkt die Kalkung eine Ruderalisierung der Bodenlebensgemeinschaft oder entwickelt sich eine standorttypische Gemeinschaft?

Auf der Basis der bodenzoologischen Untersuchungen wurden die Kalkungsmaßnahmen überwiegend als erfolgreich und positiv bewertet. Die Wiederherstellung der standorttypischen Zersetzergesellschaft war allerdings an den meisten Standorten noch nicht abgeschlossen. Nach Flächen differenziert konnten in Abhängigkeit vom bis dahin erreichten Zustand Handlungsempfehlungen bezüglich weiterer Kalkung, Beobachtung und Kontrolle der Nitratauswaschung gegeben werden.

8.1.2.3 Bewertung emittierender Anlagen

Im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung wurden die Veränderungen der Zersetzergesellschaften im **Immissionsbereich eines Zementwerks** untersucht (GRAEFE 1993b). Die UVU erfolgte in Zusammenhang mit technischen Veränderungen des bereits seit über 100 Jahren bestehenden Werkes. Im Untersuchungsraum grenzen Bodengesellschaften von Geest, Marsch und Hochmoor aneinander. Durch die jahrzehntelangen Kalkstaubeinträge des Zementwerks, aber auch durch landwirtschaftliche Nutzung, Entwässerung und Torfabbau, haben sich die Böden und die Bodenlebensgemeinschaften stark verändert. Die angestrebten technischen Verbesserungen des Zementwerkes ließen für die Zukunft verminderte basische Emissionen erwarten. Die Bewertung der Emissionsminderung fiel aus bodenbiologischer Sicht daher zwiespältig aus:

- Einerseits muss eine Beeinträchtigung der natürlichen Lebensgemeinschaften und Stoffkreisläufe durch den Kalkeintrag negativ bewertet werden.
- Andererseits führten die Kalkeinträge zu einer höheren Artenvielfalt der untersuchten Tiergruppen (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) und bildeten überhaupt erst die Existenzgrundlage für einige säureempfindliche Arten.

Langfristig würden daher verminderte Emissionen zu einer Versauerung der Böden und einer Wiederherstellung ihrer standorttypischen und (bezogen auf die Ringelwürmer) artenarmen Lebensgemeinschaften führen. Hier wird die Bedeutung eines **Leitbildes** deutlich, welches Aussagen dazu enthalten müsste, ob im betroffenen Naturraum die natürlichen Lebensgemeinschaften z. B. der Hochmoore besonders geschützt werden sollen, und ob daneben auch den regional seltenen, kalkhaltigen (wenngleich künstlich aufgekalkten) Standorten Schutz zugebilligt wird.

Bei bereits bestehenden, Schadstoffe emittierenden Anlagen stellt sich im Rahmen von Planungsverfahren ggf. die Frage nach schädlichen Wirkungen der Emissionen auf die Lebensraumfunktion des Bodens, die mit **Einschränkungen der weiteren Nutzung** verbunden sind. Die Wirkung der Schadstoffe kann sich in einer Verschiebung des Artenspektrums oder einer Abnahme der Artenzahl insgesamt äußern. Diese Wirkungen können sich u. U. nur bei einigen Tiergruppen manifestieren, während andere scheinbar unbeeinträchtigt bleiben, was die Bedeutung des Batterie-Ansatzes unterstreicht. Ein Beispiel dafür bietet eine industrienähe Fläche bei Nordenham (NOG des BBSK-Projekts), die erhebliche **Schwermetallbelastungen** zeigt (Blei: 340 mg/kg, Kupfer 150 mg/kg) (Tab. 16). Für Nutzungseinschränkungen werden in einem solchen Fall sicher zunächst die Belastungspfade „Boden-Mensch“ und „Boden-Nutzpflanze“ berücksichtigt werden. Auch im Sinne der Bodenorganismen lassen sich jedoch Empfehlungen hinsichtlich der Nutzung geben: Da der Anteil gelöst vorliegender und damit für einige Tiergruppen stärker bioverfügbarer Schwermetalle mit sinkendem pH-Wert tendenziell steigt, wären Nutzungen geeignet, die einer Versauerung des Bodens entgegenwirken.

	Gemeinschaftstyp	A 1.3	A 1.3	(A 1.3)
	Fläche	AKG	BRG	NOG
Regenwürmer	<i>Aporrectodea rosea</i>	+	+	+
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	+	+	
	<i>Lumbricus terrestris</i>	+	+	
	<i>Aporrectodea longa</i>	+		
	<i>Lumbricus castaneus</i>	+	+	
	<i>Octolasion tyrtaeum</i>		+	
	<i>Lumbricus rubellus</i>	+	+	+
	Artenzahl	6	6	2
Kleinringelwürmer	<i>Enchytraeus buchholzi</i>	+	+	
	<i>Fridericia galba</i>	+	+	
	<i>Fridericia paroniana</i>	+	+	
	<i>Enchytraeus christenseni</i>	+	+	
	<i>Enchytraeus lacteus</i>	+		
	<i>Fridericia bulboides</i>	+	+	
	<i>Henlea nasuta</i>	+	+	
	<i>Henlea perpusilla</i>		+	+
	<i>Marionina vesiculata</i>	+	+	
	<i>Cognettia glandulosa</i>		+	+
	<i>Cognettia sphagnetorum</i>			+
	Artenzahl	8	9	3
Hornmilben	<i>Oppiella minutissima</i>	+	+	+
	<i>Ceratozetes mediocris</i>	+		+
	<i>Liebstadia similis</i>	+		+
	<i>Pelops occultus</i>	+		+
	Brachychthoniidae	(+)		
	Phthiracaridae		(+)	
	<i>Suctobelba</i>	(+)		
	Artenzahl	6	2	4
Raubmilben	<i>Alliphis halleri</i>	+	+	+
	<i>Arctoseius cetratus</i>		+	+
	<i>Neojordensis levis</i>	+	+	+
	<i>Macrocheles carinatus</i>	+	+	+
	<i>Hypoaspis noli</i>		+	+
	<i>Ameroseius corbiculus</i>			+
	Artenzahl	3	5	6

Tabelle 16: Vergleich der schwermetallbelasteten Fläche NOG mit den unbelasteten Flächen AKG und BRG, die eine für den Gemeinschaftstyp A 1.3 typische Artenzusammensetzung zeigen. Eingeklammert: Taxa gehören nicht zu den typischen und erwarteten (Daten nach RÖMBKE et al. 2002).

Für erst zu genehmigende Anlagen können unter Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der Puffer- und Bindungseigenschaften der Böden im Planungsgebiet und der Nutzungen Prognosen zu Auswirkungen auf die Bodenorganismen gemacht werden. Da die Prüfwertvorschläge für den Pfad „Boden-Bodenorganismen“ (WILKE et al. 2001, 2004) z. T. niedriger liegen, als für den Pfad „Boden-Mensch“, kann die Einbeziehung der Bodenorganismengemeinschaften in **Genehmigungsverfahren nach BImSchG** relevante Informationen liefern.

8.1.2.4 Hochwasserschutzmaßnahmen: Integriertes Rheinprogramm

Das Integrierte Rheinprogramm (IRP) Baden-Württembergs ist Bestandteil der grenzübergreifenden deutsch-französischen Hochwasserschutzaktivitäten am Oberrhein. Neben dem Hochwasserschutz ist das zweite, gleichberechtigte Ziel des Programms die Auenrenaturierung. Wesentlicher Bestandteil des IRP ist die Anlage von Hochwasser-Retentionsräumen (Poldern), die bei Hochwasser geflutet werden können, um den Pegel des Rheins zu senken. Für die Anlage der Hochwasser-Retentionsräume müssen **Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren** durchgeführt werden, für die wiederum UVUs erforderlich sind. Die Konzeption „UVU im IRP“ der LFU BADEN-WÜRTTEMBERG (1996) enthält verbindliche Anweisungen zur Auswahl der Untersuchungsparameter und der zu untersuchenden Tiergruppen. Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Böden spielen dabei eine wichtige Rolle; die Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ wird ausdrücklich erwähnt. Außerdem sollen Organismen, die durch ihre Leistungen eine Schlüsselstellung im Ökosystem einnehmen, vorrangig untersucht werden. Beispielhaft werden dafür u. a. Regenwürmer und die Bodenmesofauna angegeben, da diese durch ihre Beteiligung am Streuabbau eine besondere Bedeutung für die Stoffkreisläufe haben.

Diese Tiergruppen wurden folglich auch in ein mehrjähriges **Untersuchungsprogramm** zu „Auswirkungen der Ökologischen Flutungen der Polder Altenheim“ aufgenommen (LFU BADEN-WÜRTTEMBERG 1999). Die Ökologischen Flutungen basieren auf der Erkenntnis, dass sich keine autotypische, an Überflutungen angepasste Flora und Fauna in den Poldern einstellen kann, wenn diese nur unregelmäßig und selten bei Hochwassergefahr geflutet werden. Im Rahmen der Ökologischen Flutungen wurden die Polder Altenheim daher mehrmals jährlich geflutet, wenn der Abfluss des Rheins eine bestimmte Höhe überstieg. Das Untersuchungsprogramm sollte diese Maßnahme bewerten, Empfehlungen hinsichtlich ihrer Fortsetzung geben und Aussagen zu Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Räume des IRP machen. Die Untersuchung der Regenwürmer und Springschwänze lieferte folgende Ergebnisse:

- Ökologische Flutungen fördern die Entwicklung überflutungstoleranter Bodenlebensgemeinschaften.
- Diese Entwicklung war am Ende des Untersuchungszeitraums (1993-1996) nicht stabil, da die Ökologischen Flutungen im Untersuchungsraum zu selten und zu schwach waren.

Empfohlen werden daher häufigere, den natürlichen Schwankungen des Rheinabflusses angepasste Flutungen. Für die weiteren untersuchten Tiergruppen (u. a. Fische, Amphibien, Libellen, Heuschrecken, Spinnen) sind andere, durch die Überflutungen beeinflusste Habitatstrukturen entscheidend als für die Bodenfauna. Die Bodenorganismen lieferten daher als Indikatoren der Veränderungen im Bodenlebensraum für die Bewertung der Ökologischen Flutungen zusätzliche Informationen.

8.2 Zukunftsperspektiven

Ein möglicher Einsatzbereich des vorgeschlagenen Ansatzes zur Bewertung der Lebensraumfunktion wären **Flurbereinigungsverfahren**. Ziel der Flurbereinigung ist zunächst eine „Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft“ (FlurbG 2001). Sie sollte in Einklang mit den standörtlichen Gegebenheiten stattfinden und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit beitragen (STEUER 1956). Zu den standörtlichen Gegebenheiten gehört auch die Bodenlebensgemeinschaft, die durch ihre Leistungen die Bodenfruchtbarkeit maßgeblich beeinflusst. Durch die mit der Flurbereinigung einhergehenden Nutzungsänderungen wird sich die Bodenlebensgemeinschaft verändern. Mit Hilfe des vorliegenden Ansatzes sind Änderungen der Flächenanteile der verschiedenen Gemeinschaftstypen darstellbar.

Verschiedene Verfahrensinstrumente des Flurbereinigungsgesetzes können zur Ausweisung von Flächen für **Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen** genutzt werden. Auch hierzu können mit Hilfe der Bodenbiozönosetypen Empfehlungen gegeben werden durch die Benennung von Standorten mit seltenen oder anderweitig schützenswerten Gemeinschaften als Ausgleichsflächen.

Über den Einsatz in Planungsverfahren hinaus kann die kartografische Darstellung und Bewertung der Bodenlebensgemeinschaftstypen auch für andere Aspekte der Bodenbewertung genutzt werden. Ein mögliches Anwendungsfeld ist die **Evaluierung von Prüfwerten**. Im Rahmen einer möglichen Novellierung der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) wird auch die Abdeckung der natürlichen Bodenfunktion "Lebensraum für Bodenorganismen" und damit der Schutz des Pfads "Boden - Bodenorganismen", insbesondere in Hinsicht auf eine Schädigung durch Chemikalien, diskutiert. Dazu wurden von einem BVB-Fachausschuss konkrete Prüfwert-Empfehlungen für einige Schwermetalle und Organika erarbeitet (WILKE et al. 2001, 2004). Da aber mehrere dieser Werte sehr niedrig, teils in der Nähe des Hintergrund- bzw. Vorsorgebereiches liegen, besteht das Problem der ökologischen Relevanz dieses Ansatzes. Eine Möglichkeit der Überprüfung besteht darin, an Standorten mit einer entsprechenden Prüfwertüberschreitung, die hinsichtlich ihres Bodenlebensgemeinschaftstyps klassifiziert werden können, einen Soll-Ist-Abgleich vorzunehmen. Über den Vergleich des erwarteten Gemeinschaftstyps und der am belasteten Standort vorgefundenen (ggf. beeinträchtigten) Gemeinschaft ist eine Evaluierung der Prüfwertvorschläge möglich.

Die Darstellung der Anwendungsmöglichkeiten umfasst Grundsätzliches zur Bewertungsmethodik sowie Beispiele zum Einsatz der Bodenlebensgemeinschaftstypen in Planungsprozessen. Bei der Bewertung liegt ein Schwerpunkt auf dem Soll-Ist-Abgleich. Der Soll-Zustand entspricht dabei dem erwarteten Gemeinschaftstyp (Artenspektrum und in geringem Umfang quantitative Parameter), der Ist-Zustand der durch eine Geländeerhebung nachgewiesenen Gemeinschaft eines Standorts. Außerdem können Bewertungskriterien verwendet werden, die auch im Naturschutz üblich sind, z. B. Seltenheit des Gemeinschaftstyps. Diese werden jedoch nur empfohlen, wenn sie gegenüber der naturschutzfachlichen Bewertung zusätzliche bewertungsrelevante Informationen erwarten lassen. Die aktuellen Anwendungsbeispiele beziehen sich auf die forstliche Planung, Bewertung emittierender Anlagen, Hochwasserschutzmaßnahmen und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen. In der Flurbereinigung und bei der Evaluierung von Prüfwerten nach BBodSchV ist ein Einsatz denkbar, aber bisher nicht umgesetzt.

9 Ausblick

Es wurde hier erstmals in Kooperation zwischen bodenbiologisch arbeitenden Wissenschaftlern und Mitarbeitern Staatlicher Geologischer Dienste ein Verfahren entwickelt, mit dem sich die potenzielle Verbreitung von Bodenorganismen kartographisch darstellen lässt. Der aktuelle Stand des bodenbiologischen Wissens sowie die Möglichkeiten und Grenzen der bei den Geologischen Landesämtern vorliegenden Bodendaten wurden dabei berücksichtigt. Von beiden Seiten ergeben sich Entwicklungsmöglichkeiten. Für die Bodenbiologie betrifft dies vor allem die Einbeziehung der von uns vorgeschlagenen Tiergruppen sowie eine umfassende (abiotische) Standortansprache bei zukünftigen Untersuchungen, mit dem Ziel, eine umfassendere Klassifikation und Standortzuordnung von Bodenbiozönosen zu erreichen. Aus Sicht der Bereitstellung von Bodendaten ist neben einer vollständigen Digitalisierung der Daten eine bessere räumliche Auflösung der für Bodenorganismen relevanten Standortparameter, v.a. bzgl. des Wasserhaushaltes, anzustreben. Konkreter Handlungsbedarf besteht nach Ansicht des Fachausschusses für folgende Punkte:

1. Die **Verfügbarkeit der Daten zu den abiotischen Bodenfaktoren** ist auf mittlerer und insbesondere großer Maßstabsebene bei weitem nicht flächendeckend und damit unzureichend. Der Digitalisierungsgrad der Daten ist auf diesen Maßstabsebenen gering. Wünschenswert wäre eine stärkere Digitalisierung der Daten (die in den meisten Bundesländern auch angestrebt wird). Näheres zu diesem Punkt s. a. bei PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE & UMWELT (2003).
2. Hinsichtlich des **ökologischen Verhaltens der Arten** bestehen für die berücksichtigten Tiergruppen mehr oder weniger große Datenlücken. Dies gilt insbesondere für sehr trockene, aber auch für sehr nasse Standorte. Hier sind zur Absicherung der Definitionen der Bodenlebensgemeinschaftstypen weitere Untersuchungen möglichst mit mehreren Tiergruppen an denselben Standorten notwendig. Dabei sollte – wie bei bodenbiologischen Untersuchungen überhaupt – Wert darauf gelegt werden, dass relevante abiotische Parameter, wie pH-Wert, Bodenfeuchte, Bodenart und Humusform mit geeigneten Methoden parallel erfasst werden. Defizite bestehen außerdem bei der projekt- und bundeslandübergreifenden Auswertung und Aufarbeitung der vorhandenen Daten. Detaillierte Übersichtsarbeiten zu den einzelnen Tiergruppen würden die Definitionen der Bodenlebensgemeinschaftstypen absichern und sind unerlässlich für Versuche einer stärkeren Differenzierung in Bereichen mittlerer pH-Werte und Feuchtestufen. Ein Schwerpunkt könnte bei den für die Definition der Gemeinschaftstypen bisher nicht berücksichtigten Springschwänzen (Collembolen) und Fadenwürmern (Nematoden) liegen. Die Einbindung der Laufkäfer sollte ebenfalls überprüft werden, zumal diese Gruppe den Vorteil bietet, dass sie oft im Rahmen naturschutzfachlicher Fragestellungen untersucht wird und die Daten im Planungsverfahren dann ggf. auch für die Bewertung der Lebensraumfunktion des Bodens mit verwendet werden könnten.
3. In Zusammenhang mit der Verbesserung der Datenbasis zur Ökologie der Arten sollten die **Erwartungswerte für das Artenspektrum** der Gemeinschaftstypen konkreter formuliert werden um eine einheitliche Bewertung von Soll-/Ist-Abweichungen zu gewährleisten.
4. Die **Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse und die Regenwurmbiomasse** basieren zurzeit auf Daten aus einem regional begrenzten Gebiet (Niedersachsen bzw. Schleswig-Holstein). Auch hier ist eine Erweiterung der Datenbasis anzustreben, was

wahrscheinlich im Rahmen einer Literaturrecherche möglich wäre (z. B. Daten von Boden-Dauerbeobachtungsflächen).

5. **Bewertungskriterien** für die im Planungsraum erwarteten Gemeinschaftstypen, wie Seltenheit oder Repräsentativität im Naturraum, sind bisher für Bodenbiozönosen nicht üblich und bedürfen daher der genaueren Definition auf mittlerer und unterer Maßstabsebene. Als methodische Anregung können die Hinweise für die Bewertung der Archivfunktion von Böden dienen, die Angaben zur Seltenheit der in Niedersachsen vorkommenden Bodentypen auflisten (BOESS ET AL. 2002).
6. Ein wesentlicher Schwachpunkt ist die bislang fehlende **Validierung** des Ansatzes in der Praxis, die mit den zur Verfügung stehenden Mitteln bzw. im Rahmen ehrenamtlicher Arbeit nicht zu leisten war. Erforderlich ist die Erprobung des Verfahrens in einigen naturräumlich unterschiedlichen Gebieten mit ausreichender standörtlicher Vielfalt und geeigneter kartografischer Datengrundlage. Anschließend an die Benennung von Fehlerquellen muss ggf. eine Modifizierung des Verfahrens stattfinden.
7. Im Hinblick auf einen Einsatz des Verfahrens in Industriegebieten und im städtischen Bereich bzw. auf Anwendungen außerhalb von Planungsverfahren ist die Weiterentwicklung und Validierung später auch auf **gestörte Standorte** (stoffliche und nicht-stoffliche Belastungen) auszuweiten.
8. Die im Rahmen der **Bewertung** aquatischer Standorte gemachten Erfahrungen wie z. B. die Einbeziehung biologischer Verfahren bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der EU (EC 2000) sollten bei der Weiterentwicklung des hier beschriebenen Ansatzes berücksichtigt werden.

Für eine Fortentwicklung des vorgeschlagenen Ansatzes sind Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung wünschenswert. Aus Sicht des Fachausschusses kann eine angemessene Berücksichtigung der Lebensraumfunktion des Bodens in Planungsverfahren jedoch nur stattfinden, wenn Bodenschutzbelange vermehrt als eigenständige Belange in die Verfahren eingebracht werden und nicht nur als „Teilmenge“ anderer Belange (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE & UMWELT 2003).

10 Zusammenfassung

Das hier vorgestellte Verfahren soll dazu beitragen, dass die Bodenteilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ Berücksichtigung in Planungsprozessen findet, wenn dies für den Schutz der natürlichen Bodenfunktionen sinnvoll und notwendig ist. Ziel ist dabei, die Vielfalt der Bodenorganismen und ihrer Gemeinschaften zu erhalten. In verschiedenen Gesetzen mit Bodenbezug ist die Berücksichtigung des Bodens in Planungsvorhaben festgeschrieben. Im Bundes-Bodenschutzgesetz sind die zu schützenden Bodenfunktionen, zu denen auch die Lebensraumfunktion gehört, definiert. Innerhalb dieser Funktion wird die Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ von planerischer Seite in bestimmten Fällen als relevant anerkannt, z. B. wenn durch das geplante Vorhaben Verdichtung und Stoffeintrag zu erwarten oder land- bzw. forstwirtschaftliche Nutzungsänderungen vorgesehen sind.

Bisher wird die Lebensraumfunktion im Rahmen von Planungsprozessen oft nur indirekt berücksichtigt oder auf die Teilfunktion „Lebensraum für Pflanzen“ reduziert. Dadurch werden Parameter für die Ausweisung schützenswerter Böden herangezogen, die aus Sicht der Bodenorganismen nicht relevant oder zumindest nicht ausreichend sind. Für ein Verfahren zur Bewertung der Teilfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ ist daher u. a. zu fordern, dass die Definition und Abgrenzung der Lebensräume von Bodenlebensgemeinschaftstypen bodenbiologisch begründet sind. Die zurzeit vorliegenden Konzepte zur Klassifikation und Bewertung von Bodenbiozönosen können aus verschiedenen Gründen nur eingeschränkt für die Verwendung in Planungsvorhaben verwendet werden. Probleme bereiten neben der fehlenden bodenbiologischen Begründung der Standorttypen die eher geringe Zahl abgrenzbarer Gemeinschaftstypen, die Beschränkung auf die Leistungsfähigkeit als Bewertungskriterium oder die geringe Bandbreite der bisher untersuchten Standorttypen. Die aktuellen Konzepte beinhalten jedoch wichtige Ideen und Erfahrungen, die für die Entwicklung des vorliegenden Bewertungsverfahrens genutzt wurden. Ergänzend wurden Erkenntnisse aus anderen Themenbereichen, wie Fließgewässerbewertung oder Ökotoxikologie berücksichtigt.

Ziel ist es, Standorttypen mit bestimmten Kombinationen abiotischer Eigenschaften den dafür charakteristischen Bodenlebensgemeinschaftstypen zuordnen zu können. Auf Basis der Bodendaten eines realen Standorts werden dann Erwartungswerte an dessen konkrete Gemeinschaft formuliert und es kann ein Soll-Ist-Abgleich stattfinden. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen abiotischen Bodenfaktoren und der Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaft sind die Grundlage für die Formulierung dieser Erwartungswerte. Für alle ausgewählten Tiergruppen (Regenwürmer, Kleinringelwürmer, Hornmilben, Raubmilben, Springschwänze, Fadenwürmer, Laufkäfer, Tausendfüßer und Asseln) besteht prinzipiell die Möglichkeit, charakteristische Artengruppen für bestimmte Standorte auszuweisen. Für einige Gruppen sind die Daten jedoch noch nicht so aufgearbeitet, dass eine praktische Nutzung z. B. in Form eines Soll-Ist-Abgleichs möglich wäre.

Die kartografischen Informationen zu den für Bodenorganismen relevanten Bodenfaktoren liegen insbesondere auf der unteren Planungsebene nicht flächendeckend vor. Auf dieser Planungsebene ist außerdem die Digitalisierung der Daten am wenigsten fortgeschritten. Die Parameter Bodenkundliche Feuchtestufe und pH-Wert können allerdings aus Primärdaten (falls vorhanden) abgeleitet werden.

Es werden 14 Bodenlebensgemeinschaftstypen definiert, die durch das Vorkommen bestimmter Artenkombinationen charakterisiert sind. Das Vorkommen der Gemeinschaftstypen ist an eine

bestimmte Kombination der Standortfaktoren Bodenfeuchte, pH-Wert, Bodenart, Humusform und z. T. Nutzung gebunden. Die Definition der verschiedenen Gemeinschaftstypen ist unterschiedlich gut abgesichert, da nicht für alle eine vergleichbare Datenbasis vorliegt. Außer für das Artenspektrum werden für die mikrobielle Biomasse und die Regenwurmbiomasse Erwartungswerte für Gemeinschaftstypen landwirtschaftlich genutzter Standorte angegeben.

Bei der Bewertung der Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“ liegt ein Schwerpunkt auf dem Soll-Ist-Abgleich. Der Soll-Zustand entspricht dabei dem erwarteten Bodenlebensgemeinschaftstyp, der Ist-Zustand der im Gelände nachgewiesenen Gemeinschaft eines Standorts. Die Bewertung erfolgt über die Art und Stärke der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Zustand. Darüber hinaus können Bewertungskriterien verwendet werden, die auch im Naturschutz üblich sind, z. B. Seltenheit des Gemeinschaftstyps. Diese werden jedoch nur empfohlen, wenn sie gegenüber der naturschutzfachlichen Bewertung zusätzliche bewertungsrelevante Informationen erwarten lassen.

Abschließend werden aktuelle Anwendungsbeispiele zum Einsatz von Bodenorganismen in Planungsprozessen gegeben. Sie beziehen sich auf die forstliche Planung, Bewertung emittierender Anlagen, Hochwasserschutzmaßnahmen und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen. In der Flurbereinigung und bei der Evaluierung von Prüfwerten nach BBodSchV ist ein Einsatz denkbar, aber bisher nicht umgesetzt.

Das vorgeschlagene Verfahren ist in der vorliegenden Form für eine Erprobung in der Praxis einsetzbar. Es bedarf jedoch der Validierung an Hand konkreter Fallbeispiele zur Feststellung möglicher Fehlerquellen. Außerdem ist eine Verbesserung der Datengrundlage und –auswertung zu den ökologischen Ansprüchen verschiedener Gruppen der Bodenfauna notwendig, um die Differenzierung der Gemeinschaftstypen besser abzusichern und zu verfeinern.

11 Glossar

(teils übernommen aus KÖRDEL et al. 2000):

Abundanz	Anzahl von Organismen bezogen auf eine Flächen- oder Raumeinheit (Siedlungsdichte)
Adulte	geschlechtsreife Tiere
anecisch	mit tiefgrabender Lebensweise (bei Regenwürmern)
Anneliden	Ringelwürmer, hier insbesondere: Regenwürmer und Enchytraeiden
Arthropoden	Gliederfüßer
bacteriophag	bakterienfressend
Batterieansatz	Untersuchungsansatz, der eine „Organismenbatterie“ verwendet, also Vertreter verschiedener Organismengruppen mit unterschiedlichen Lebensweisen, ökologischen Ansprüchen und Reaktionen auf Umweltveränderungen.
Belastung	Chemische oder sonstige meist anthropogene Einwirkung auf ein Ökosystem oder Teile davon, die nicht zum „normalen“ Haushalt gehört oder über das „normale“ Maß hinausgeht. Wo die genaue Grenze zwischen einer „Normal-“ und einer Belastungssituation verläuft, hängt von einer Vielzahl von Einzelfaktoren ab.
Beurteilung, Bewertung	beide Begriffe werden hier synonym verwendet für: Einschätzung eines Sachverhalts auf Grund von naturwissenschaftlichen (fachwissenschaftlichen) Kriterien
Biodiversität	Qualitativer Begriff für die Vielfalt auf allen Ebenen biologischer Organisation. Insbesondere sind laut der UN-Konvention von Rio de Janeiro (1992) drei Ebenen zu unterscheiden: die Vielfalt der Ökosysteme, die Artenvielfalt sowie die genetische Variation innerhalb einer Art.
Biozönosetyp, Gemeinschaftstyp	Abstrakte Bezeichnung für Gemeinschaften (Biozönosen) mit ähnlicher Artenzusammensetzung (vgl. Gesellschaft).
Bodenbiozönose, Bodenlebensgemeinschaft	Gesamtheit der in einem Boden lebenden Mikroorganismen und Tiere mit ihren Interaktionen. Wegen ihres Artenreichtums kann die Bodenbiozönose meist nur ausschnittsweise anhand von Indikatorgruppen erfasst werden (siehe. Gemeinschaft).
Bodenfeuchte	Potentieller oder aktueller Wassergehalt des Bodens in Abhängigkeit von der Wasserhaltekapazität, den klimatischen Bedingungen (Niederschlag und Verdunstung), den Grund- und Stauwasserständen und dem Überflutungsregime. Unter den für die Bodenbiologie wichtigen Standortfaktoren der am schwersten zu erfassende und räumlich darzustellende Parameter.
Bodenorganismen	Organismen, die ständig oder temporär im Boden leben und an den Stoffumsetzungen und/oder der Strukturbildung des Bodens beteiligt sind (auch als Edaphon bezeichnet). Pflanzen, die sich zum größten Teil außerhalb des Bodens befinden und Tiere, die nur eine kurze Zeit ihres Lebens bzw. nur eine inaktive Phase im Boden verbringen, werden nicht dazu gezählt.
Carabiden	Laufkäfer
Charakterart	Pflanzensoziologischer und tierökologischer Begriff für Arten, die in einem größeren Gebiet ausschließlich oder vorzugsweise in einer bestimmten Pflanzengesellschaft oder einem bestimmten Lebensraumtyp vorkommen.
Chilopoden	Hundertfüßer
Collembolen	Springschwänze
Diplopoden	Doppelfüßer
Dominanz	Prozentualer Anteil einer Art an einer Artengruppe (relative Abundanz)
Enchytraeiden, Enchyträen	Kleinringelwürmer, Borsten- oder Topfwürmer
endemisch	Bezeichnung für Tier- oder Pflanzenarten, die nur in einem geographisch begrenzten Gebiet vorkommen.
endogäisch	im Mineralboden lebend
epedaphisch	auf der Bodenoberfläche lebend
epigäisch	auf der Bodenoberfläche oder (bei Regenwürmern) in der Humusaufgabe lebend
Erwartungswert	Apriori-Aussage für die auf Grund der Standortfaktoren an einem Standort zu erwartende Artengemeinschaft.
euedaphisch	im Boden lebend

Funktion	Böden im Sinne des BBodSchG haben natürliche (= ökologische) sowie Nutzungsfunktionen. Zu den natürlichen Funktionen im Sinne des BBodSchG gehören: – Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (Lebensraumfunktion) – Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen – Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers. Die Nutzungsfunktionen sind: – Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte – Nutzungsfunktionen als: Rohstofflagerstätte, Fläche für Siedlung und Erholung, Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung und Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.
Gamasinen	Raubmilben
Gemeinschaft	Gesamtheit aller an einem Ort lebenden Organismen mit ihren Interaktionen. Meist wird der Ausschnitt aus der Gemeinschaft gemeint, der in der konkreten Untersuchung erfasst wurde, wenn er aus mehr als einem Taxon besteht. Eine Gemeinschaft hat immanente Eigenschaften wie Dominanzstruktur, Artenreichtum, Verteilung der Arten, Ähnlichkeit zu anderen Gemeinschaften. In einer Gemeinschaft sind zwar vielfältige auch eng verflochtene Interaktionen vorhanden, sie ist aber im Prinzip offen und einmalig. Engl.: community.
Gesellschaft	Theoretisches Konzept, nach dem sich typische von Umweltbedingungen abhängige Artenkombination von Organismen zusammenfinden, die in enger wechselseitiger Interaktion stehen. Die Gesellschaft ist in soweit geschlossen und determiniert, dass sie anhand von einzelnen Arten (Differentialarten) eindeutig identifiziert werden kann. Engl.: community oder association.
Humusform	Die je nach den Zersetzungsbedingungen des Standorts in verschiedener, charakteristischer Form, Struktur und Schichtung gebildete Gesamtheit der toten organischen Materie auf dem Boden. Humusformen entstehen durch die Aktivität der Bodenorganismen und bilden gleichzeitig ihren Lebensraum
Isopoden	Asseln
Juvenile	nicht geschlechtsreife Tiere
karnivor	fleischfressend
Leitbild	Angestrebter Zustand in einem Naturraum, der auf der Basis naturwissenschaftlicher Kenntnisse und unter Berücksichtigung politisch-administrativer Rahmenbedingungen, juristischer, sozialer, historischer, ökonomischer und ethischer Aspekte formuliert wird (andernorts auch als Soll-Zustand bezeichnet).
Lumbriciden	Regenwürmer
Makro-, Meso-, Mikrofauna	Größenklassen der Bodenfauna, siehe Abbildung 3
mykophag	sich von Pilzhypen ernährend
Myriapoden	Tausendfüßer
Nutzung	Hier verstanden als die Verfügung von Menschen über den Boden an einem bestimmten Standort. Eine einfache Unterscheidung ist in die Hauptnutzungsformen Wald, Grünland, Acker und Sonderstandorte wie Stadtböden, Heiden, Moore.
omnivor	allesfressend
Oribatiden	Hornmilben
phytophag	pflanzenfressend
saprophag	von abgestorbener organischer Substanz pflanzlicher oder tierischer Herkunft lebend
Schadstoff	Laut ISO Substanzen, die durch ihre Menge, Konzentration oder Eigenschaften negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen oder die Bodenverwendung haben können
Schlüsselart	Arten, die in einer Biozönose eine so wichtige Funktion haben, dass sich bei ihrem Ausfall das gesamte System ändert.
Soll-Zustand, Sollwert	Hier synonym mit Erwartungswert für einen Bodenlebensgemeinschaftstyp verwendet.
Standortfaktoren	Ausgewählte Faktoren, die in Hinsicht auf die bodenbiologische Fragestellung einen bestimmten Standort (eine bestimmte Fläche) umfassend beschreiben. Dazu gehören neben Bodeneigenschaften auch klimatische, geographische und anthropogene Faktoren.

Struktur	1. Des Bodens: Makroskopische Gefügemerkmale des mineralischen Bodens; d.h. die Form der räumlichen Anordnung der Bodenbestandteile und damit auch des Porensystems 2. Der Gemeinschaft: Gefüge von Verbindungen zwischen den Bestandteilen eines (Öko)-Systems. Hier konkret die Ausstattung eines bestimmten Standorts oder Standorttyps mit Arten (Mikroorganismen, Tiere, Pflanzen).
Taxon	systematische Einheit in der Biologie (wie Art, Familie oder Ordnung)
Ubiquist	Art mit großer Anpassungsbreite ohne Bindung an einen besonderen Lebensraum
Zeigerwert	Formalisierte Angaben zur Präferenz von Arten für bestimmte Standorteigenschaften (z.B. Bodenfeuchte, Bodenreaktion). Bekanntestes Beispiel sind die Zeigerwerte der Pflanzen nach Ellenberg. Die Zeigerwertspektren und mittleren Zeigerwerte einer Artengemeinschaft erlauben integrative Aussagen über die ökologische Wirksamkeit dieser Faktoren und ihrer räumlichen und zeitlichen Schwankungen.

12 Literatur

- AD-HOC-AG BODEN (2000): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch Sonderhefte Reihe G, Heft SG, 2. Auflage, 232 S.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover.
- ATKIS (1995): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Adv. Digitales Basis-Landschaftsmodell 1:25.000 (DLM25). Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Leipzig.
- BABEL, U. (1972): Moderprofile in Wäldern - Morphologie und Umsetzungsprozesse. Hohenheimer Arbeiten 60. Stuttgart.
- BARITZ, R. (2003): Humus forms in forests of the northern German lowlands. Geologisches Jahrbuch, Reihe F, Heft SF 3, 145 S.
- BauGB (Baugesetzbuch) vom 23. Juni 1960, BGBl I 1960, 341, neugefasst durch Bek. v. 27. 8.1997 I 2141 (1998, 137); zuletzt geändert durch Art. 12 G v. 23. 7.2002 I 2850 Änderungen aufgrund EinigVtr vgl. § 246a.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT & BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (2003): Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren, 62 S.
- BBodSchG - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998. - BGBl I, Nr. 16, 502-510.
- BBodSchV (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung) vom 12. Juli 1999. BGBl I, Nr. 36, S. 1554-1582.
- BECK, L.; RÖMBKE, J.; PAULUS, R.; RUF, A.; SCHEURIG, M.; SPELDA, J.; WOAS S. (2001): Bodenfauna und Umwelt – Bodenökologische Inventur und Beurteilung von ausgewählten Standorten in Baden-Württemberg. Abschlussbericht, PAÖ 9710.02 Ö 97007, 131 S.
- BEDNORZ, F.; REICHSTEIN, M. & BROLL, G. (1999): Die mikrobielle Biomasse der Böden am Stillberg. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 89: 205-208.
- BEDNORZ, F.; REICHSTEIN, M.; BROLL, G.; HOLTMEIER, F.-K. & URFER, W. (2000): Humus Forms in the Forest-Alpine Tundra Ecotone at Stillberg (Dischmatal, Switzerland): Spatial Heterogeneity and Classification. Arctic, Antarctic and Alpine Research 32: 21-29.
- BIERHALS, E.; PREIB, A. & ZIEGLER-SCHMIDT, A. (2001): Leitfaden Landschaftsplan. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 2/2001. Niedersächsisches Umweltministerium und Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 50 S.
- BLOSSEY, S. & LEHLE, M. (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Bodenschutz 4/98: 131-133.
- BMELF (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) (1997): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald, Level II: 148 S.
- BNatSchG - Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) - vom 25. März 2002, BGBl. I 2002 S. 1193 ff.
- BOESS, J.; DAHLMANN, I.; GUNREBEN, M.; MÜLLER, U. (2002): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen – Hinweise zur Umsetzung der Archivfunktion im Bodenschutz. Geofakten 11 (Bodenkunde): 1-6.

- BOSCH, C. (1994): Versuch einer „Roten Liste natürlicher Böden zum Schutz von Seltenheit und Naturnähe von Böden. In: ROSENKRANZ, D.; EINSELE, G., HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser 7050: 1-9.
- BVB (BUNDESVERBAND BODEN) (Hrsg.) (2001): Bodenschutz in der Bauleitplanung. Vorsorgeorientierte Bewertung. BVB Materialien 6, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 102 S.
- BWaldG (Bundeswaldgesetz) - vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037) zuletzt geändert durch Artikel 2 Abs. 1 des Gesetzes vom 26. August 1998 (BGBl. I S. 2521).
- CORNELIUS, R.; v. DEWITZ, U.; FAENSEN-THIEBES, A.; GERSTENBERG, J.; KRATZ, W.; MARSCHNER, B.; SCHNEIDER, M. (1990): Ballungsraumnahe Waldökosysteme (BallWös). Hrsg.: Umweltbundesamt und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz: Abschlußbericht, Berlin.
- DUNGER, W. (1982): Die Tiere des Bodens als Leitformen für anthropogene Umweltveränderungen. Decheniana Beihefte 26: 151-157.
- DUNGER, W. (1983): Tiere im Boden. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 3. Auflage, 280 S.
- DUNGER, W. (1998): Die Bindung zwischen Bodenorganismen und Böden und die biologische Beurteilung von Böden. Bodenschutz 2/1998: 62-68.
- EC (European Commission), 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. 73 pp.
- EG (2001): Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 197/30.
- EPPO (European Plant Protection Organisation) (2003): Environmental risk assessment scheme for plant protection products. Bull. OEPP/EPPO Bull. 33: 209 S.
- EU (European Union), 2002: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2002) 179 final. Brussels, 35 pp.
- FlurbG (Flurbereinigungsgesetz) vom 14.7.1953, BGBl I S. 591, Neugefasst durch Bek. v. 16. 3.1976, BGBl I S. 546; zuletzt geändert durch Art. 5 G. v. 20.12.2001 BGBl I S. 3987.
- FRÜND, H.-C. (2003): Bodenbiologische Begleituntersuchungen im Schellenberger Wald und Stadtwald Essen. Gutachten im Auftrag von Grün und Gruga Essen, Osnabrück, 38 S.
- GEFU (Gesellschaft für Umweltbewertung, Umweltplanung, Umweltüberwachung mbH) (1999): Zusammenfassende Bewertung der Collembolendaten der Dauerbeobachtungsflächen – Wald. Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Heidelberg, 130 S.
- GEOLOGISCHER DIENST NRW (1998): Schutzwürdige Böden / Oberflächennahe Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen. CD-ROM. Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- GHILAROV, M.S. (1978): Bodenwirbellose als Indikatoren des Bodenhaushaltes und von bodenbildenden Prozessen. Pedobiologia 18: 300-309.
- GRAEFE, U. (1993a): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 69: 95-98.
- GRAEFE, U. (1993b): Veränderungen der Zersetzergesellschaften im Immissionsbereich eines Zementwerkes. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 72: 531-534.

- GRAEFE, U. (1997): Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 85: 687-690.
- GRAEFE, U. (1998): Annelidenzönosen nasser Böden und ihre Einordnung in Zersetzergesellschaften. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 88: 109-112.
- GRAEFE, U. (2001): Metabiotische Steuerung der Diversität im System Bodenbiozönose / Humusform. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 95: 47-50.
- GRAEFE, U. & BEYLICH, A. (2003): Critical values of soil acidification for annelid species and the decomposer community. Newsletter on Enchytraeidae 8: 51-55.
- GRAEFE, U.; BEYLICH, A.; HAPE, M. (2002a): Untersuchungen zur Kongruenz von Typen der Bodenbiozönose und der Vegetation in einem Auengebiet. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 99: 185-186.
- GRAEFE, U.; ELSNER, D.-C.; GEHRMANN, J.; STEMPELMANN, I. (2002b): Schwellenwerte der Bodenversauerung für die Bodenbiozönose. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 98: 39-40.
- GRAEFE, U.; SCHMELZ, R.M. (1999): Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. Newsletter on Enchytraeidae 6: 59-67.
- HÂNÊL, L. (2001): Succession of soil nematodes in pine forests on coal-mining sands near Cottbus, Germany. App. Soil Ecol. 16: 23-34.
- HECK, M. & RÖMBKE, J. (1990): Enchytraeidengemeinschaften Berliner Forststandorte. Zool. Beitr. (Berlin) 33: 433-458.
- HEEB, J.; VETTER, F. (1995): Ansatz für eine integrative Auswertung bodenbiologischer Messergebnisse. Umweltmaterialien. BUWAL (Hrsg.), Schattweid.
- HILLER, B. (2001): Humusformen im Waldgrenzökoton (Oberengadin, Schweiz). Dissertation Universität Münster. Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 9. Münster.
- HOBOHM, C. (2000): Biodiversität. UTB 2162, Quelle und Meyer, Wiebelsheim, 214 S.
- HOCHFELD, B.; GRÖNGRÖFT, A.; MIEHLICH, G. (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden - Verfahrensbeschreibung und Begründung. Im Auftrag der Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg, Abschlußbericht. Hamburg, 81 S.
- HÖPER, H. & KLEEFISCH, B. (2001): Untersuchung bodenbiologischer Parameter im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung in Niedersachsen. Bodenbiologische Referenzwerte und Zeitreihen. Arbeitshefte Boden 2001/4, 94 S.
- HÖPER, H.; RUF, A. (2003): Methode zur flächenhaften Darstellung des Bodens in seiner Funktion als Lebensraum von Bodenorganismen für Planungen im mittleren Maßstab. Bodenschutz 2/2003: 41-47.
- IRMLER, U.; HEYDEMANN, B. (1989): Der Einfluss einer Kalkmergelbehandlung auf die Bodendfauna dreier schleswig-holsteinischer Waldtypen. Verh. Ges. Ökol. 17: 591-596.
- ISO (International Organization for Standardization). (2004a) Draft: Soil quality - Sampling of soil invertebrates Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms. ISO 23611-1: Geneve, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization). (2004b) Draft: Soil quality - Sampling of soil invertebrates Part 2: Sampling and extraction of microarthropods (Collembola and Acarina). ISO 23611-2. Geneve, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization). (2004c) Draft: Soil quality - Sampling of soil invertebrates Part 3: Sampling and extraction of enchytraeids. ISO 23611-3. Geneve, Switzerland.

- JESSEL, B.; KNOTHE, D.; GELDMACHER, K. (2001): Bewertung von Bodenfunktionen für die Planungspraxis. Herleitung von Bewertungsvorschriften für das Land Brandenburg. Bodenschutz 4/2001: 127-133.
- KÖRDEL, W.; MÜLLER-WEGENER, U.; RÖMBKE, J.; VON DER TRENCK, T. (2000): Anforderungen an physikalisch-chemische und biologische Testmethoden zur Einschätzung von Böden und Bodensubstraten. GDCh Monographie Band 20, 284 S.
- KOPP D., DIECKMANN O. & KONOPATZKY A. (1996): Methode der Humusformenansprache bei der forstlichen Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 80: 205-216.
- LFU (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ) Baden-Württemberg (1996): Konzeption "Umweltverträglichkeitsuntersuchungen im IRP" – Vorgehensweise zur Ermittlung erforderlicher Unterlagen – Teile "Ökologie" und "Boden".
- LFU (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ Baden-Württemberg) (Hrsg.) (1999): Auswirkungen der Ökologischen Flutungen der Polder Altenheim. Ergebnisse des Untersuchungsprogramms 1993-1996. Materialien zum Integrierten Rheinprogramm, Band 9.
- LEHLE, M.; BLEY, J.; MAYER, E.; VEIT-MEYA, R.; VOGL, W. (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.). 34 S. plus Anhang.
- LENNARTZ, F. & ROSS-NICKOLL, M. (1999): Der biozöologisch-soziologische Klassifikationsansatz zur Erfassung und Abgrenzung von Ökosystemtypen: Ein Weg zum Monitoring belasteter Ökosysteme? In: Ökotoxikologie. Ökosystemare Ansätze und Methoden. Ecomed-Verlag, Landsberg: 204-212.
- LÖBF (Hrsg.) (2001): Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes - 2001. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW (LÖBF). <http://www.loebf.nrw.de/static/infosysteme/ubwald/2001/index.htm>
- LUA SACHSEN-ANHALT (Hrsg.) (1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung – Eine Methode zur Wertung und Wichtung von Bodenfunktionen. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Heft 29: 46 S.
- MEUSER, H. (2002): Auswertungen der Untersuchungen zur Waldschadensproblematik im Schellenberger Wald und Stadtwald in Essen. Gutachten im Auftrage von Grün und Gruga Essen, Osnabrück.
- MEUSER, H. (2003): Waldbodenuntersuchungen im Schellenberger Wald in Essen. Gutachten im Auftrag von Grün und Gruga Essen, Osnabrück, 29 S.
- MOSS, D.; J. F. WRIGHT; M. T. FURSE; R. T. CLARKE (1999): A comparison of alternative techniques for prediction of the fauna of running-water sites in Great Britain. Freshwater Biology 41: 167-181.
- MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 322 S.
- MÜLLER, U.; DAHLMANN, I.; BIERHALS, E.; VESPERMANN, B.; WITTENBECHER, C. (2000): Bodenschutz in Raumordnung und Landschaftsplanung. Arbeitshefte Boden 2000/4. 26 S.

- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. Endbericht, im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). 87 S. plus Anhang. Download unter <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/umwelt-gesundheit/umwelt/boden/bodenschutz/fragen/bfb-labo.html>
- ROG (Raumordnungsgesetz) (Artikel 2 des Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuchs und zur Neuregelung des Rechts der Raumordnung) vom 18.08.1997.- BGBl I, 1997, 2081, 2102.
- RÖMBKE, J.; DREHER, P.; BECK, L.; HAMMEL, W.; HUND, K.; KNOCH, H.; KRATZ, W.; MOSER, T.; PIEPER, S.; RUF, A.; SPELDA, J.; WOAS, S. (2000): Bodenbiologische Bodengüte-Klassen, Umweltbundesamt, Texte 6/00, 276 S.
- RÖMBKE, J.; DREHER, P.; BECK, L.; HUND-RINKE, K.; JÄNSCH, S.; KRATZ, W.; PIEPER, S.; RUF, A.; SPELDA, J. & WOAS, S. (2002a): Entwicklung von bodenbiologischen Bodengüteklassen für Acker- und Grünlandstandorte. Umweltbundesamt, Texte 20/02, 273 S.
- RÖMBKE, J.; LABES, G.; WOIWODE, J. (2002b): Ansätze für Strategien zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen. Ergebnisse eines internationalen BMU-Fachgesprächs: Empfehlungen und Forschungsbedarf. Bodenschutz 2/2002: 62-69.
- ROSS-NICKOLL, M.; LENNARTZ, G.; FÜRST, A.; MAUSE, R.; OTTERMANN, R.; SCHÄFER, S.; SMOLIS, M.; THEISSEN, B.; TOSCHKI, A.; RATTE, H.T. (2004): Die Arthropodenfauna von Nichtzielflächen und die Konsequenzen für die Bewertung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf den terrestrischen Bereich des Naturhaushaltes. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 200 63 403, 148 S.
- SCHÄFFER, J.; GEIBEN, V.; HOCH, R.; WILPERT, K.v. (2001): Waldkalkung belebt Böden wieder. AFZ/Der Wald 21: 1106-1109.
- SCHAUERMANN, J. (1985): Zur Reaktion von Bodentieren nach Düngung von Hainsimsen-Buchenwäldern und Siebenstern-Fichtenforsten im Solling. AFZ/Der Wald 43: 1159-1161.
- SCHOUTEN, A.J.; BLOEM, J.; BREURE, A.M.; DIDDEN, W.A.M.; VAN ESBROEK, M.; DE RUITER, P.C.; RUTGERS, M.; SIEPEL, H.; VELVIS, H. (2000): Pilotproject Bodembologische Indicator voor Life Support Functies van de bodem. RIVM rapport 607604001, Bilthoven, 106 S.
- SCHOUTEN, A.J.; BREURE, A.M.; BLOEM, J.; DIDDEN, W.; DE RUITER, P.C.; SIEPEL, H. (1999): Life support functies van de bodem: operationalisering t.b.v. het biodiversiteitsbeleid. RIVM rapport 607601003, Bilthoven, 55 S.
- SINNIGE, N.; TAMIS, W.; KLIJN, F. (1992): Indeling van Bodemfauna in ecologische Soortgroepen. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden Report No. 80. 74 S.
- SOMMER, M.; EHRMANN, O.; FRIEDEL, J.K.; MARTIN, K.; VOLLMER, T.; TURIAN, G. (2002): Böden als Lebensraum für Organismen - Regenwürmer, Gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 63, 163 S.
- SPURGEON, D.J.; SANDIFER, R.D.; HOPKIN, S.P. (1996): The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination - Indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS). Bioindicator Systems for Soil Pollution 10: 96-110.
- SSYMANK, A. (1994): Neue Anforderungen im Europäischen Naturschutz. Das Schutzgebietssystem NATURA 2000 und die „FFH-Richtlinie“ der EU. Natur und Landschaft 69 (9): 395-406.

- STEUER, R. (1956): Flurbereinigungsgesetz. Kommentar. (2., neu bearb. Auflage 1967). München und Berlin, 576 S.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. (1979): Decomposition in terrestrial ecosystems. Studies in Ecology, Volume 5. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 372 p.
- UNEP (1992): Convention on Biological Diversity. 5. Juni 1992, Rio de Janeiro. Secretary of the convention on biological diversity, United Nations Environment Programme (UNEP), Montréal, Canada. <http://www.biodiv.org/>.
- UVPG (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung) vom 12. Februar 1990, BGBl I 1990, 205, Neugefasst durch Bek. v. 5. 9.2001 BGBl I 2350; zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 18. 6.2002 BGBl I 1914.
- VDLUFA (2000). Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden. Standpunkt des VDLUFA vom 19.09.2000. VDLUFA Selbstverlag, Bonn.
- WEEKS, J.M.; HOPKIN, S.P.; WRIGHT, J.F.; BLACK, H.; EVERS HAM, B.C.; ROY, D.; SVENDSEN, C. (1997): A Demonstration of the Feasibility of SOILPACS. Final Report HMIP/CPR2/41/1/247. 180 S.
- WILKE, B.-M.; PIEPER, S.; RÖMBKE, J. (2001): Ableitung von Prüfwerten für den Wirkungspfad Boden – Bodenorganismen. Bodenschutz 6/2001: 93-100.
- WILKE, B.-M.; HUND-RINKE, K.; PIEPER, S.; RÖMBKE, J. (2004): Entwicklung ökotoxikologischer Prüfwerte für ausgewählte Schadstoffe zum Schutz des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen. UWSF – Umweltwissenschaften und Schadstoffforschung (im Druck)
- WRIGHT, J.F. (2000): An introduction to RIVPACS. In: Wright, J.F., Sutcliffe, D.W. and Furse, M.T. (eds.): Assessing the biological quality of fresh waters. RIVPACS and other techniques. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK: 1-24.

Anhang 1: Standortbeispiele aus dem Projekt „Bodenbiologische Standortklassifikation (BBSK)“

A1.1 Zuordnung der Bodenlebensgemeinschaftstypen zu den Standorten des BBSK-Projekts

Nach Untersuchungen von RÖMBKE et al. (2000, 2002). Die Zahlen geben Dominanzklassen für ausgewählte Arten in ihrer taxonomischen Gruppe an (1: <0,32%; 2: >0,31; <1; 3: >1, < 3,2; 4: >3,2, <10; 5: >10, < 32; 6: >32-100). Arten, die ubiquistisch oder sporadisch vorkamen, sind nicht dargestellt. Zur Zuordnung der Standorte zu den potenziellen Bodenlebensgemeinschaftstypen siehe Tab. 10. *: Standorte die auf Grund ihrer faunistischen Zusammensetzung und wegen einer Belastungssituation als nicht repräsentativ für den Typ gelten (vgl. Abb. 8 und RÖMBKE et al. 2002). Dritter Buchstabe des Flächenkürzels steht für G=Grünland, A=Acker, K=Kiefer, B=Buche, F=Fichte, E=Eiche, M=Mischwald.

Gemeinschaftstyp	A 1.4.2		A 1.4.3		A 1.2.1	A 1.2.2		A 1.3				A 1.1		B 1 feucht		B 1 trocken					
Fläche	SBA	HAA	CRA	SCA	SCG	HAG	SBG	AKG	GOG*	BRG	NOG*	CRM	SBB*	NIB	TAM	MEM	BBK	BEK	EHE	LUB	SCF
Regenwürmer																					
<i>Aporrectodea rosea</i>	3	3	4	2	4	2	4	3		4		4									
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	5	6	5	5	6	5	5	4		4											
<i>Aporrectodea sp.</i>	5	5	6	5	5	6	5	5	5												
<i>Lumbricus sp.</i>	4		3	4	4	5	3	5	6	6	6										
<i>Lumbricus terrestris</i>	2		3	4	3	3	4	5		5	5										
<i>Aporrectodea longa</i>		3	4			2		2				2									
<i>Octolasion cyaneum</i>	2	3				3						2									
<i>Lumbricus castaneus</i>				3			4	4	3	3		4			5						
<i>Octolasion tytaeum</i>			3			2	1			2		2									
<i>Dendrodrilus rubidus</i>												2	4							6	
<i>Lumbricus rubellus</i>	3		4		3		3	2		5	3	4	4	6	4	4	5	6			
<i>Dendrobaena octaedra</i>												3	3	5	4		5				5
Enchyträen																					
<i>Fridericia sp. groß</i>	1		3	5	5	4	4	5		2		5	4		2						1
<i>Enchytraeus sp.</i>	5	5	6	4	4	5	4	4	4	4	3		4								
<i>Enchytraeus buchholzi</i>	5	4	4	4	2	3	3	3		1		1	3		2						
<i>Fridericia sp. klein</i>	5	6	4	5	5	5	5	5		4		5	5								
<i>Fridericia galba</i>	2		3	5	4	3	3	3	3			4	1								
<i>Fridericia paroniana</i>	3	4		3	4	3	3	2		1		2	3								
<i>Enchytraeus christenseni</i>	4	4	4		3	4	2	2		2			3								
<i>Enchytraeus lacteus</i>		4	5	4	2	3	2	3				1	1								
<i>Fridericia bulboides</i>	3			4	2	4	3	3		3											
<i>Enchytraeus norvegicus</i>	4			4	1		2					4	2								
<i>Henlea sp.</i>	3	2		3	1	3		4	6	5	5										
<i>Henlea nasuta</i>		2				2		2	5	3											
<i>Henlea perpusilla</i>					1	2			5	3	4										
<i>Marionina vesiculata</i>					1			2		4											
<i>Cognettia glandulosa</i>									1	6											
<i>Cognettia sphagnetorum</i>										5		2	4	5	6	6	5	5	6	5	6
<i>Achaeta cf. affinoides</i>												2	4	4		4	4	5		3	5
<i>Oconnorella cambrensis</i>													3	5		5		3	4		4
<i>Fridericia striata</i>												1			2		1				2
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>													3		3						
<i>Achaeta abulba</i>														4	3						
<i>Achaeta bohemica</i>							3					1	4				2				
<i>Buchholzia appendiculata</i>					2							3	4								
<i>Cognettia cognetti</i>													2								
<i>Stercutus niveus</i>												5		3							
Hornmilben																					
<i>Oppeiella minus</i>						3		6	5	6	5	3	1		1	2	3	4	1	3	4
<i>Ceratozetes mediocris</i>								2	5		6										
<i>Liebstadia similis</i>							4	3	4		4										
<i>Pelops occultus</i>					4			3	4		3										
<i>Brachychthoniidae</i>					3			5	2			3	3	3	5	3	4	5	4	4	5
<i>Oppeiella ornata</i>			4				4					5	3	5	3	5	5	3	4	1	2
<i>Oribatula tibialis</i>						2			1			3	2	2	2	2	3	3	1	1	2
<i>Phthiracaridae</i>		4					2			3		4	3	2	2	3	3	2	2	1	4
<i>Oppeiella subpectinata</i>			4		1	2						4	4	5	1	3	4		1	3	4
<i>Quadropia quadricarinata</i>												3	2	3	2	1	2	2	2		2

Gemeinschaftstyp	A 1.4.2	A 1.4.3	A 1.2.1	A 1.2.2	A 1.3				A 1.1		B 1 feucht		B 1 trocken					
Fläche	SBA HAA	CRA SCA	SCG	HAG SBG	AKG	GOG*	BRG	NOG*	CRM	SBB*	NIB	TAM	MEM	BBK	BEK	EHE	LUB	SCF
<i>Suctobelba</i>					2				4	5	5	6	5	5	5		5	5
<i>Nothrus silvestris</i>									1	2	1	1	3	2	1	4	3	1
<i>Nanhermannia elegantula</i>										1	1	1	1	3	1	3		1
<i>Carabodes labyrinthicus</i>									2	1		1	2	1	2	3	1	1
<i>Cultroribula bicultrata</i>									1	1	1	1	1	3		2	3	3
<i>Eniochthonius minutissimus</i>									4	1		3		3	5	2	2	4
<i>Adoristes ovatus</i>									2	1		2		4	3	3	2	3
<i>Carabodes coriaceus</i>									1	1			2	1	1	1	1	
<i>Euphthiracaridae</i>									4	1			4	3	4	3	3	2
<i>Camisia spinifer</i>									1					1		2	1	1
<i>Paradamaeus clavipes</i>													1		1	1		1
<i>Pelops torulosus</i>													1	3	1			1
Raubmilben																		
<i>Pergamasus quisquiliarium</i>		4	5															
<i>Rhodacarellus silesiacus</i>		4	5		6		5											
<i>Alliphis halleri</i>			5		4	3		4	5		1							
<i>Arctoseius cetratus</i>		6		4			5	5	6									
<i>Neojordensis levis</i>						4	4	4	4									
<i>Macrocheles carinatus</i>						4	4	4	4									
<i>Hypoaspis nollii</i>							4	3	3									
<i>Ameroseius corbiculus</i>							4		4									
<i>Pergamasus conus</i>													4	5	3	5	5	4
<i>Rhodacarus coronatus</i>													5	6	4	4		
<i>Pachylaelaps longisetis</i>												5	5		4		4	
<i>Pergamasus lapponicus</i>									5				5	4				5
<i>Pergamasus suecicus</i>									4						3			
<i>Geholaspis mandibularis</i>					2				4	3	4							3
<i>Rhodacarellus epigynialis</i>									4									
<i>Pachyseius humeralis</i>									4									
<i>Macrholaspis opacus</i>									3	2	5	4						
Tausendfüßer und Asseln																		
<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i>	6	6		6														
<i>Necrophloeophagus flavus</i>	6			6														
<i>Trachelipus rathkii</i>	6			6														
<i>Clinopodes linearis</i>	6																	
<i>Lithobius mutabilis</i>									5	6	6		5					3
<i>Lithobius macilentus</i>									3	4	3		4					5
<i>Lithobius crassipes</i>									5		3							6
<i>Strigamia acuminata</i>									4	5	3							
<i>Allajulus nitidus</i>									6	5	5							
<i>Julus scandinavicus</i>				4					5	4		4	6	6				6
<i>Trichoniscus pusillus</i>									6	6		4					6	
<i>Geophilus insculptus</i>									3									
<i>Porcellium conspersum</i>									6	5								
Fadenwürmer																		
<i>Prismatolaimidae</i>	3	4		4	3	2	2	2	4	3		4						3
<i>Teratocephalidae</i>										5		5						5
<i>Anatonchidae</i>	4	1	1	2														

A1.2 Zuordnung der Zersetzergesellschaften nach GRAEFE zu den Standorten des BBSK-Projekts

Nach Untersuchungen von RÖMBKE et al. (2000). Die Zahlen geben Abundanzklassen für jede Art an (siehe Legende unten). Umrahmt mit durchgezogener Linie: Typische Arten für die jeweilige Zersetzergesellschaft. *: Standorte die auf Grund ihrer faunistischen Zusammensetzung als nicht repräsentativ für den Typ gelten (vgl. Abb. 8 und RÖMBKE et al. 2002). Dritter Buchstabe des Flächenkürzels steht für G=Grünland, A=Acker, K=Kiefer, B=Buche, F=Fichte, E=Eiche, M=Mischwald. Zersetzergesellschaftstyp s. Tabelle 4.

BBSK-Standorte			4	14	11	5	6	12	7	8	2	15	10	9	3	1	13
			LUB	BBK	TAM	EHE	BEK	SCF	MEM	NIB	SBB*	CRM	AKG	BRG	SBA	SBG	SCG
Regenwürmer	F	R	Makrofauna-Abundanzklasse														
<i>Lumbricus</i> sp.	x	x		1	1		1		3		1		3	2		2	2
<i>Lumbricus rubellus</i>	x	x		1	1		1		1	1	1		1	2		1	1
<i>Lumbricus eiseni</i>	x	x			1				1								
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	x	x	1							1	1	1					
<i>Dendrobaena</i> sp.	x	x	1	1	1	1		1	1	1	2						
<i>Dendrobaena octaedra</i>	x	4		1	1			1		1	1						
<i>Dendrobaena attemsi</i>	5	5									1						
<i>Lumbricus castaneus</i>	x	7			1							1	1	1		1	
<i>Lumbricus terrestris</i>	5	7											2	1	1	1	1
<i>Aporrectodea longa</i>	x	7										1	1				
<i>Aporrectodea</i> sp.	x	7							1			3	3	2	3	2	3
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	x	7										2	1	1	3	3	2
<i>Aporrectodea rosea</i>	x	7										1	1	1	1	1	1
<i>Aporrectodea limicola</i>	6	7													1		1
<i>Octolasion cyaneum</i>	x	7									1	1			1		
<i>Octolasion</i> sp.	x	7										1		1	1		1
<i>Octolasion tyrtaeum</i>	x	7										1		1			
<i>Murchieona minuscula</i>	x	x										1					
<i>Eiseniella tetraedra</i>	9	7										1					
<i>Eisenia fetida</i>	x	7			1												
Kleiningelwürmer			Mesofauna-Abundanzklasse														
<i>Marionina clavata</i>	5	1	4	5	3	3	3		3	3							
<i>Achaeta brevivasa</i>	5	1	4		2												
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	x	2	3	4	3	4	3	3		4	1	1					
<i>Achaeta camerani</i>	5	3			1					1							
<i>Achaeta affinis</i>	5	4	2	3			3	2	3	3	2	1					
<i>Oconorella cambrensis</i>	5	4				2	1		4	4	2						
<i>Cognettia cognettii</i>	x	4								2	1						
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>	5	5			1				1	1	1						
<i>Achaeta abulba</i>	5	5		2		4	1			4							
<i>Achaeta bibulba</i>	5	5				3											
<i>Enchytraeus norvegicus</i>	5	5									1	2			1	1	1
<i>Marionina simillima</i>	6	5											1				
<i>Marionina filiformis</i>	9	5									1		1				
<i>Marionina vesiculata</i>	7	6											1	1			
<i>Fridericia striata</i>	x	6		1	1			1				1					
<i>Enchytronia parva</i>	5	6									1					1	
<i>Stercutus niveus</i>	5	7								3							
<i>Buchholzia appendiculata</i>	x	7									3	1					
<i>Enchytraeus buchholzi</i> agg.	x	7					1				3	1	1	1	1	3	1
<i>Enchytraeus lacteus</i>	x	7										1	1			1	1
<i>Enchytraeus minutus</i> agg.	x	7					1				2		1	1	1	2	
<i>Fridericia alata</i>	x	7															2
<i>Fridericia bisetosa</i>	x	7									2	1	1			1	1
<i>Fridericia bulboides</i>	x	7											1	1	1	1	1
<i>Fridericia capensis</i>	x	7										1					
<i>Fridericia galba</i>	x	7									1	2	1			2	1
<i>Fridericia leydigi</i>	x	7										1					
<i>Fridericia maculata</i>	x	7													1	1	1
<i>Fridericia paroniana</i>	x	7									2	1	1	1	1	2	1
<i>Fridericia perrieri</i>	x	7										1					
<i>Fridericia ratzeli</i>	x	7										1				1	1
<i>Fridericia sylvatica</i>	x	7											1	1			
<i>Fridericia</i> sp. 1	x	7			1						2	3	1			3	2

BBSK-Standorte			4	14	11	5	6	12	7	8	2	15	10	9	3	1	13
			LUB	BBK	TAM	EHE	BEK	SCF	MEM	NIB	SBB*	CRM	AKG	BRG	SBA	SBG	SCG
<i>Fridericia</i> sp. 2	x	7									3	3	2	1	1	3	2
<i>Fridericia</i> sp. 3	x	7									1		1			2	
<i>Fridericia</i> sp. 4	x	7															1
<i>Henlea nasuta</i>	x	7														1	
<i>Henlea perpusilla</i>	x	7											1	1		1	1
<i>Henlea ventriculosa</i>	x	7											1	1		1	
<i>Marionina argentea</i>	8	7											1	1			
<i>Bryodrilus ehlersi</i>	x	x									1	1					
<i>Achaeta</i> sp. 1	x	x	4	3	2	2	3	2	4	4	3	1		2		3	
<i>Achaeta</i> sp. 2	x	x	1	1		1	1		1								
<i>Achaeta</i> sp. 3	x	x		1							1	1				1	
<i>Achaeta</i> sp. 4	x	x								2							
<i>Achaeta</i> sp. 5	x	x												1		1	
<i>Achaeta</i> sp. 6	x	x		2			1										
<i>Cernosvitoviella</i> sp.	x	x							5			2					
<i>Marionina</i> sp.	x	x									1	1	1	1	1	1	1
Artenzahl der Anneliden			8	13	15	8	12	6	12	16	28	33	26	22	15	29	23
gewichtete mittlere Feuchtezahl			5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,4	5,6	6,7	6,7	5,3	5,0	5,3
gewichtete mittlere Reaktionszahl			1,7	2,8	3,3	3,4	3,4	3,4	3,6	3,9	6,0	6,6	6,8	6,9	6,9	6,9	6,9
Zersetzergesellschaftstyp (s. Tab. 4, Kapitel 4)			2.11 Achaeto-Cognettietum								Über- gang	1.11	1.12 Fridericio-Lumbricetum				
Bodenlebensgemeinschaftstyp (s. Tab. 10, Kapitel 7)			B1									A 1.1	A 1.3	A 1.2 / A 1.4			

Legende:

Makrofauna-Abundanzklassen:

- 1: bis 10;
- 2: über 10 bis 30
- 3: über 30 bis 100
- 4: über 100 bis 300
- 5: über 300 Individuen/m²

Mesofauna-Abundanzklassen:

- 1: bis 1.000
- 2: über 1.000 bis 3.000
- 3: über 3.000 bis 10.000
- 4: über 10.000 bis 30.000
- 5: über 30.000 Individuen/m²

Ökologisches Verhalten der Anneliden-Arten (Zeigerwerte)

(nach GRAEFE & SCHMELZ 1999, in Anlehnung an ELLENBERG et al. 1992)

F Feuchtezahl – Vorkommen im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit

- 5 *Frischezeiger*, Schwergewicht in mittelfeuchten Böden, in nassen Böden fehlend
- 7 *Feuchtezeiger*, Schwergewicht in gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden
- 9 *Nässezeiger*, Schwergewicht in oft durchnässten (luftarmen) Böden
- 11 *aquatische Art*

R Reaktionszahl – Vorkommen im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes

- 1 *Starksäurezeiger*, niemals in schwach sauren bis alkalischen Böden vorkommend
- 3 *Säurezeiger*, Schwergewicht in sauren Böden, ausnahmsweise bis in den neutralen Bereich
- 5 *Mäßigsäurezeiger*, in stark sauren wie in neutralen bis alkalischen Böden selten
- 7 *Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger*, niemals in stark sauren Böden
- 9 *Basen- und Kalkzeiger*, stets in kalkreichen Böden

Anhang 2: Referenzstandorte für die Bodenlebensgemeinschaftstypen nasser Standorte

Zuordnung auf Basis der Anneliden (Regenwürmer und Kleinringelwürmer). Legende s. a. vorige Seite. Standortbeschreibungen am Ende der Tabelle. Zersetzergesellschaftstypen s. Tab. 4. Umrahmung []: Charakterarten auf Ordnungsebene; Umrahmung []: Charakterarten auf Verbandsebene; Schattierung ■: Charakterarten auf Assoziationsebene.

Standorte			N1	L1	N2	N3	L2	L3	S2	E1	S1	E2	E3	E4					
Regenwürmer			F	R	Makrofauna-Abundanzklasse														
<i>Dendrobaena octaedra</i>			x	4	1		1	2	2	3									
<i>Dendrodrilus rubidus</i>			x	x					1	3	2	1							
<i>Lumbricus rubellus</i>			x	x	1	1	1	3	4	4	1	4	1	2	1				
<i>Lumbricus castaneus</i>			x	7								1							
<i>Lumbricus festivus</i>			x	7								1							
<i>Allolobophora chlorotica</i>			x	7								3		3	4	3			
<i>Aporrectodea caliginosa</i>			x	7								3		3					
<i>Aporrectodea rosea</i>			x	7								1		2					
<i>Octolasion tyrtaeum tyrtaeum</i>			9	6								3	2	3	1	3	3		
<i>Proctodrilus antipae</i>			8	7								1							
<i>Eiseniella tetraedra</i>			9	7								3	4		1	4	2	3	
Kleinringelwürmer			F	R	Mesofauna-Abundanzklasse														
<i>Marionina clavata</i>			5	1	1		1												
<i>Cognettia sphagnetorum</i>			x	2	3	4	3	4											
<i>Mesenchytraeus sanguineus</i>			9	3	1	2	1	1											
<i>Cognettia cognettii</i>			x	4								1							
<i>Marionina filiformis</i>			9	5	1											1			
<i>Cernosvitoviella atrata</i>			8	x								1	3						
<i>Bryodrilus ehlersi</i>			x	x								2	1	1					
<i>Marionina communis</i>			5	7								1							
<i>Buchholzia appendiculata</i>			x	7								1							
Enchytraeus-Arten gesamt			x	7								1	3	2	1	1	4	4	3
Fridericia-Arten gesamt			x	7								1	3	2	3	2	3	4	3
Henlea-Arten gesamt			x	7								1	2	3	3	4	4	3	
<i>Hemifridericia parva</i>			x	7								2	1						
<i>Achaeta unibulba</i>			6	7								1	1	1					
<i>Enchytronia sp. (omni)</i>			6	7								1							
<i>Marionina vesiculata</i>			7	6								1	4	1	1	1			
<i>Marionina argentea</i>			8	7								2	4		3	2	3	3	
<i>Mesenchytraeus armatus</i>			9	7								4		3	2	3	3		
<i>Cognettia glandulosa</i>			9	6								1		1		1			
<i>Marionina riparia</i>			10	7								1		1		1			
Artenzahl			3 5 4 6 10 17 24 10 20 18 11 9																
gewichtete mittlere Feuchtezahl			9,0 7,7 7,7 8,5 8,9 8,2 8,8 8,6 7,6 8,8 9,2 9,0																
gewichtete mittlere Reaktionszahl			2,3 2,4 2,5 2,7 6,4 6,5 6,5 6,7 6,8 6,8 6,9 7,0																
Zersetzergesellschaftstyp (s. Tab. 4, Kapitel 4)	Ordnung	Cognettietalia						Lumbricetalia											
	Verband	Cognettion sphagn.						Eiseniellion											
	Assoziation	Cognettietum sphag.						Octolasietum tyrtaei						Eiseniell.					
Bodenlebensgemeinschaftstyp (s. Tab. 10, Kapitel 7)			B 2						A 2.2						A 2.1				

Naturpark Schwalm-Nette (Niederrheinisches Tiefland)

N1 Piecksbruch, sehr basenarmes Niedermoor, Gagelgebüsch, Aufnahme Juni 1988

N2 Elmpeter Bruch, sehr basenarmer Moorgley über Sand, Glockenheide-Gesellschaft, Aufnahme Mai 1988

N3 Buscher Bruch, basenarmes Niedermoor, Torfmoos-Erlenbruch mit *Carex acutiformis*, Aufnahme Mai 1988

Hochmoorstandorte bei Lägerdorf (Schleswig-Holstein)

L1 Winselmoor, Birkenbruch auf geringmächtiger Abtorfung, Aufnahme Mai 1992

L2 Breitenburger Moor, Birken-Erlenbruch auf Hochmoor-Abtorfung, Aufbasung durch Kalkstaubeinträge, Aufnahme Mai 1992

L3 Winselmoor, Grünlandbrache, vormals entwässertes und gedüngtes, später wiedervernäßtes Hochmoor, Aufnahme Mai 1992

Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein

S1 BDF 14 Meggerdorf, Eider-Treene-Niederung, Niedermoor, Grünland, Mähweide, Aufnahme November 1994

S2 BDF 33 Hellbachtal, Ratzeburger Seenplatte, Niedermoor, Grünland, Weide/Naturschutzgebiet, Aufnahme November 1993

Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe - Brandenburg

E1 Eichwald, Vega-Gley, Schlankseggen-Ried, Aufnahme Oktober 1997

E2 Dreifelder, Vega-Gley, Rohrglanzgras-Flutrasen, Aufnahme Juni 1997

E3 Lütkenwisch, Vega-Gley, Knickfuchsschwanz-Flutrasen, Aufnahme Juni 1997

E4 Lütkenwisch, Auen-Anmoorgley, Schilfröhricht, Aufnahme Mai 1998