

## Inklusives Denken

### Leitprinzip stadttökologischer Unterrichtsinhalte am Beispiel “Boden und Vegetation”

Elke Wenzel und Almut Gerhardt

#### **Kurzfassung**

*In dieser Arbeit wird die Umsetzung des Leitprinzips “inklusive, vernetzten bzw. holistische Denkens” in neu entwickelte Unterrichtsinhalte und -materialien zur Stadttökologie beschrieben. Exemplarisch wird aufgezeigt, wie das obengenannte Leitprinzip in den Konzeptionen in konkrete Lehr- und Lernsituationen umgesetzt werden kann. Zu Beginn des Artikels werden allgemeine Anmerkungen zur Unterrichtsplanung im Fach Biologie sowie die Wechselwirkung und Abhängigkeiten zwischen Lehr- und Lernzielen, Themen und Methoden erörtert. Diese Darstellungen dienen dazu, dem Leser eine bessere Übersicht über die Vorarbeiten im Hinblick auf die präsentierten Unterrichtsmaterialien zu verschaffen. Am Beispiel der Verknüpfung der Themenbereiche städtische Vegetation, Boden und Standort werden Anleitungen zu Vegetationsuntersuchungen sowie ihre Auswertung und Interpretation mit Hilfe der Methodik der Gradienten- und Zeigerwertanalyse behandelt. Es folgen Hinweise zur Methodik und Fallbeispiele für den Unterricht sowie die Bereitstellung der für den Unterricht in der Sekundarstufe II entwickelten Unterrichtsmaterialien und Erläuterungen zu ihrem Einsatz.*

#### **1 Einführende Anmerkungen zum Leitprinzip “inklusive, vernetztes Denken”**

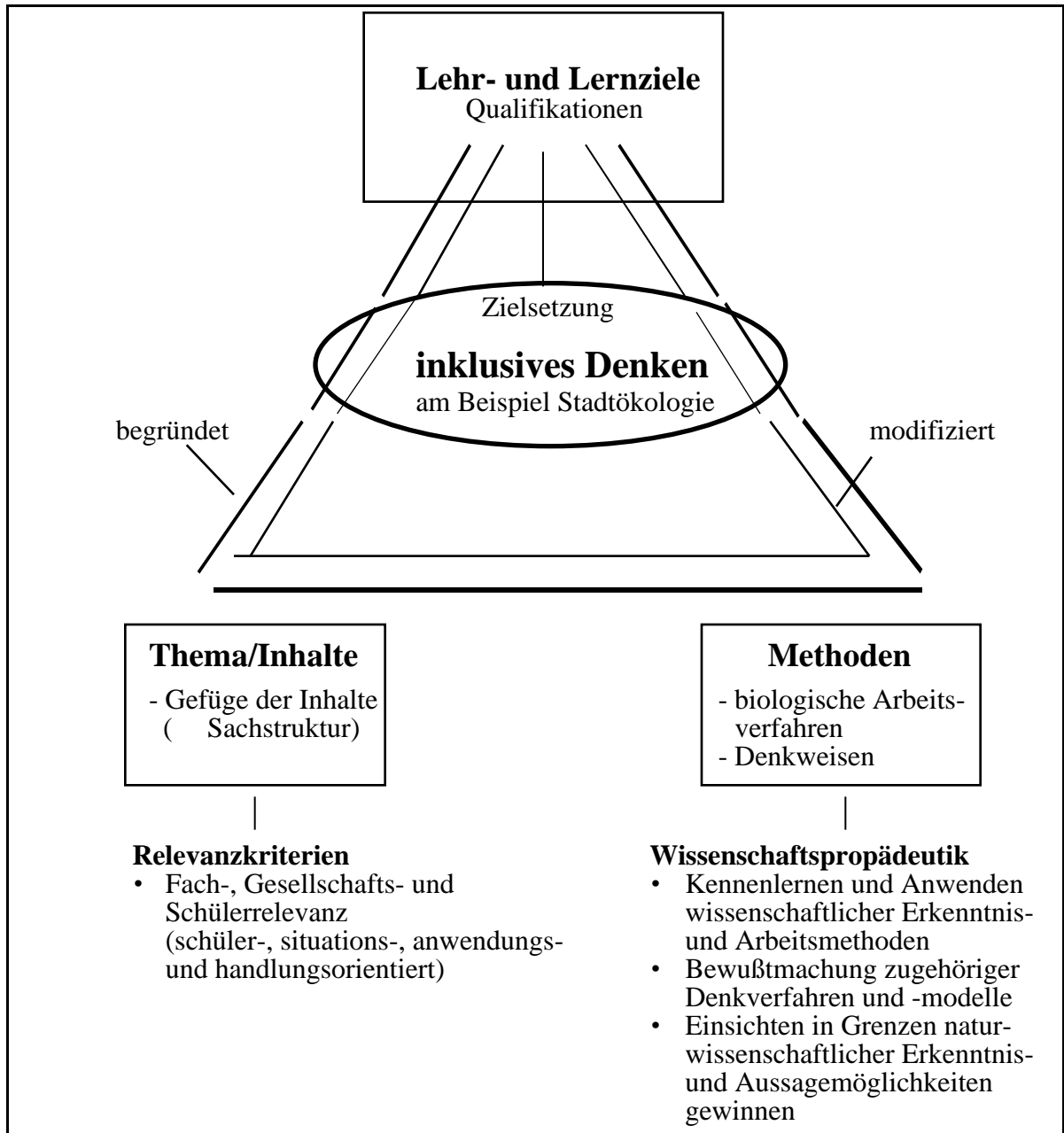
Bereits vor mehr als 18 Jahren forderte SCHAEFER (1978) die Notwendigkeit, Schüler zu veränderten Denkformen wie “inklusive Denken” hinzuzuführen. Daß diese Forderung bis heute nichts an Gültigkeit verloren hat, belegt ein Blick in die fachdidaktische Literatur zu Aufgaben und Forderungen an einen zukunftsorientierten Biologieunterricht von z.B. ELLENBERGER (1993); ESCHENHAGEN et al. (1993); STAECK (1995). Alle diese Autoren treten für ein Wiederaufleben und verstärkte Förderung zukunftsorientierter Denkweisen wie holistisches oder komplexes Denken (vgl. WENINGER, 1982; GUILFORD, 1967) ein. Inklusives Denken beschreibt im ursprünglichen Sinne nach SCHAEFER

zeitig beinhaltet dieser Typ das “Denken in Kontexten” (SCHAEFER in TROMMER, 1981, S. 24). Unter vernetztem Denken versteht VESTER (1978), ein Denken in einer neuen Dimension, das heißt neben simplem Ursachen-Wirkungs-Denken der Vergangenheit, das sich an getrennten Einzelproblemen orientiert, bedarf es einer Hinwendung zu einem stärkeren Denken in Mustern und dynamischen Strukturen, zu einem Verständnis komplexer Systeme und ihres Verhaltens. “Ein Denken, nach dem wir auch handeln können” (VESTER, 1978, S. 12). Mit dem “inkluisiven, vernetzten Denken” wird die Ablösung einfacher linearer Beziehungen durch Beziehungsgeflechte, -gefüge und -vernetzungen komplexer Systeme angestrebt. Dies bedingt in der Regel auch, daß behandelte Unterrichtsgegenstände komplexer, abstrakter und modellhafter werden. Im Biologie- bzw. Ökologieunterricht in der Oberstufe sollen demzufolge nicht mehr nur einzelne Elemente, Analyse ihrer Wechselwirkungen und besondere Details behandelt werden, sondern es geht um das Aufzeigen komplex vernetzter Kausalitätsmuster.

Im folgenden wird der Versuch beschrieben, diesen Ansatz auf die neu aufbereiteten Themen, Inhalte und Methoden zur Stadtökologie sowie zugehörige Unterrichtskonzeptionen (vgl. WENZEL & GERHARDT, 1993) zu übertragen und die Einlösung des Leitziels an einem konkreten Unterrichtsbeispiel aus den Unterrichtskonzeptionen zur Stadtökologie zu demonstrieren.

## **2 Allgemeines zur Unterrichtsplanung - Wechselwirkung zwischen Zielen, Inhalten und Methoden**

Bevor das Unterrichtsbeispiel vorgestellt wird, sollen allgemeingültige Arbeitsschritte zur Unterrichtsplanung im Fach Biologie erläutert werden. Der Ausgangspunkt einer jeden Unterrichtsplanung läßt sich mit Hilfe von Abbildung 1 veranschaulichen. In der Darstellung sind die Wechselwirkungen zwischen Zielen, Inhalten und Methoden abgebildet. In der didaktischen Literatur herrscht in der Regel Einverständnis darüber, daß Ziele erst dann endgültig festgeschrieben werden können, wenn über Themen und Methoden Klarheit besteht und weitere lerngruppenspezifische und situative Bedingungen des Unterrichts erörtert sind. Die Abbildung 1 veranschaulicht die allgemeingültige Forderung nach wechselseitiger Abstimmung der drei kennzeichnenden Säulen der Unterrichtsvorbereitung: Ziele, Inhalte und Methoden. Wechselwirkungen, die durch diese Abbildung veranschaulicht werden, lassen sich wie folgt umschreiben:



**Abb. 1:** Unterrichtsplanung: Wechselwirkung zwischen Zielen, Inhalten und Methoden.

Das *Verhältnis von Zielen und Inhalten* wird durch eine thematische Gliederung bestimmt. Im Hinblick auf das Thema Stadtökologie müssen also geeignete Unterrichtsthemen und -inhalte aus der Gesamtmenge stadtökologischer Themen, Inhalte und Grundlegenden ( didaktische Reduktion) strukturiert werden. Entsprechend der allgemeingültigen Gütekriterien werden diese Teilinhalte und -themen auf ihre Fach-, Gesellschafts- und Schülerrelevanz hin geprüft, bewertet und ausgewählt. Im Rahmen der gedanklichen Auseinandersetzung mit den übergeordneten Kriterien ergeben sich weitere begründete, zu meist detailliertere Leitprinzipien. Hier seien nur einige Leitprinzipien wie

angestrebten Lehr- und Lernziele relevant sind, genannt. Letztlich ergibt sich so eine Zusammenstellung von stadtökologischen Themen und eine Inhaltsauswahl, die begründet und gerechtfertigt werden kann.

Parallel erfolgen im Rahmen der didaktischen Analyse die *Auswahl und Begründung geeigneter Medien und Methoden*. Entsprechend den Richtzielen der gymnasialen Oberstufe (Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 2. Dezember 1977) wird für die Oberstufe wissenschaftspropädeutische Grundbildung gefordert (von FALKENHAUSEN 1985, ZABEL 1994). Anliegen des Biologieunterrichts ist es, Schülerinnen und Schülern zur Kenntnis wesentlicher Strukturen und Methoden von Wissenschaften zu verhelfen und sie zum Verständnis ihrer komplexen Denkformen und zum Erkennen von Grenzen wissenschaftlicher Aussagen hinzuführen. Damit ist keinesfalls die bloße Vermittlung der Ergebnisse angewandeter wissenschaftlicher Methoden gemeint, sondern es sollen naturwissenschaftliche Erkenntnis- und Untersuchungsverfahren kennengelernt und angewendet werden. Bei den neuen stadtökologischen Unterrichtskonzeptionen wird dem Prinzip "learning by doing" und hierbei v.a. freilandbiologischen Arbeitsverfahren besondere Bedeutung beigemessen. Eine Auswahl geeigneter naturwissenschaftlicher Verfahren und Methoden ist dem Unterrichtsplaner vorbehalten. Nach eingehender Überprüfung und Bewertung ihrer Eignung für Schule und Unterricht trifft dieser eine Auswahlentscheidung. Des öfteren müssen die standardisierten Methoden im Hinblick auf ihre Brauchbarkeit für die Schule noch modifiziert werden.

Nachdem zuvor beschriebene unterrichtsvorbereitende Arbeitsschritte durch den Planenden geleistet sind, lassen sich die Lehr- und Lernziele genauer festlegen. Für die neuen *Unterrichtskonzeptionen zur Stadtökologie* lauten die übergeordneten *Ziele und Ansprüche*:

- Die neuen Unterrichts- und Arbeitsmaterialien sollen den Schülerinnen und Schülern ihre unmittelbare Lebens- und Erfahrungsumwelt transparent machen.
- Der gewählte Untersuchungsraum "Stadt" bildet gleichzeitig das Mensch-Umwelt-System ab.
- Die Erkundung und genaue ökologische Analyse prägender Systemelemente, -strukturen und -funktionen erfolgen im Lebens- und Handlungsraum der Schülerinnen und Schüler.
- Exemplarisch sollen Komplexität des Systems, Vernetzungen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen innerhalb des Systems und seiner tragenden Systemelemente bzw. -komponenten untersucht, analysiert und aufgezeigt werden.
- Relevante biologische und ökologische Fragestellungen und zugehörige

den Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung und Erkundung eigener Handlungsspielräume und -möglichkeiten.

- Der räumliche Bezug und die Förderung der Wahrnehmung des Ist-Zustandes des eigenen Lebensraumes, ermöglichen dem Schüler Eindeutigkeit und Vorhersehbarkeit seiner Handlungen und die Erörterung der auf ökologische Ziele ausgerichteten Handlungsoptionen.

Die bisher theoretisch orientierten Ausführungen werden nachfolgend durch ein Unterrichtsbeispiel und zugehörige Unterrichtsmaterialien konkretisiert. Die Abbildung 2 veranschaulicht eine stadtoökologische Unterrichtskonzeption, in der die beiden Themenbereiche "Boden" und "Vegetation" miteinander verknüpft werden. Als Methodik wird die Gradienten- und Zeigerwertanalyse ausgewählt und vorgestellt. Das eingangs beschriebene Leitprinzip "inklusives Denken und Lernen" bildet die Grundlage dieser neu entwickelten Unterrichtskonzeption zum Untersuchungsgegenstand Stadt und ihrer Verknüpfung zu einem Beziehungsgefüge. Es wird die Meinung vertreten, daß damit die Qualität schulischen Lernens ganz entscheidend mitbestimmt und vor allem verbessert wird. An dem folgenden Beispiel läßt sich sehr gut demonstrieren, wie Unterrichtsthemen, -inhalte und -methoden miteinander und aufeinander abgestimmt werden können.

### **3 Verknüpfung der Themenkomplexe Boden und Vegetation mit Hilfe der Methodik der Gradienten- und Zeigerwertanalyse**

Ausgangspunkt der Untersuchung bilden städtische Standorte und ihre Vegetationsausstattung. Die Wuchsorte (= Böden) lassen sich unter Einbeziehung der am Standort ausgebildeten Vegetationsgarnitur zusätzlich kennzeichnen und beschreiben. Dabei kommt ein für die Schule ausgearbeitetes und bereits erprobtes methodisches Verfahren, die Gradienten- und Zeigerwertanalyse, zum Einsatz. Mit dieser Methodik kann das Artenvorkommen entlang eines Geländetranssektes genau bestimmt und anhand ökologischer Zeigerwerte ausgewertet werden. Ermittelte Daten lassen sich anschließend mit parallel oder zuvor im Gelände erfaßten Standort- und Bodenkennwerten vergleichen und zueinander in Beziehung setzen.

Nach DIERSCHKE (1994) und PFADENHAUER (1993) wird die Methodik der Gradientenanalyse dem Anspruch, Veränderungen der Pflanzendecke entlang eines ökologischen Gradienten zu untersuchen und ordnend darzustellen, am ehesten gerecht. Ganz allgemein ist dieses Verfahren eine Methode der Synökologie, wobei Wechselbeziehungen zwischen Vegetation bzw. Pflanzenbeständen und Standort im Mittelpunkt der Untersuchung stehen.

Ziel ist es, die floristische Variation der Pflanzendecke entlang eines Umweltgradienten aufzuzeigen. Die Gradienten können sich auf einen einzelnen Faktor beziehen z.B. Feuchte- oder Lichtgradienten oder aber auf komplexe Größen wie Tritt und pH-Wert<sup>1</sup>. Ausführliche fachwissenschaftliche Darstellungen der Methode der Gradienten- und Zeigerwertanalyse finden sich bei DIERSCHKE (1994) und Beschreibungen der ökologischen Bewertung nach Zeigerwerten bei ELLENBERG (1991).

Da in der gängigen Bestimmungsliteratur für die Schule außer Artbeschreibungen keinerlei Informationen zu Zeigerwerten, Lebensformen und synsystematischer Stellung von Pflanzenarten aufgeführt werden, bedurfte es im Rahmen der neuen Unterrichtskonzeptionen zur Stadtökologie der Entwicklung eines Bestimmungsschlüssels. Dieser neu zusammengestellte Bestimmungsschlüssel ist in zwei Teile gegliedert und führt kennzeichnende Artbeschreibungen (Teil 1) sowie ihre Vergesellschaftung und somit typisch städtische Pflanzengesellschaften (Teil 2) auf (WENZEL, 1995). Für die kennzeichnenden städtischen Pflanzenarten sind bei den Artbeschreibungen die Zeigerwerte und die Lebensform nach ELLENBERG (1991), die im Kontext der Gradientenanalyse für die geplante Zeigerwertanalyse benötigt werden, aufgelistet.

### **3.1 Erläuterungen zur Methodik der Gradienten- und Zeigerwertanalyse**

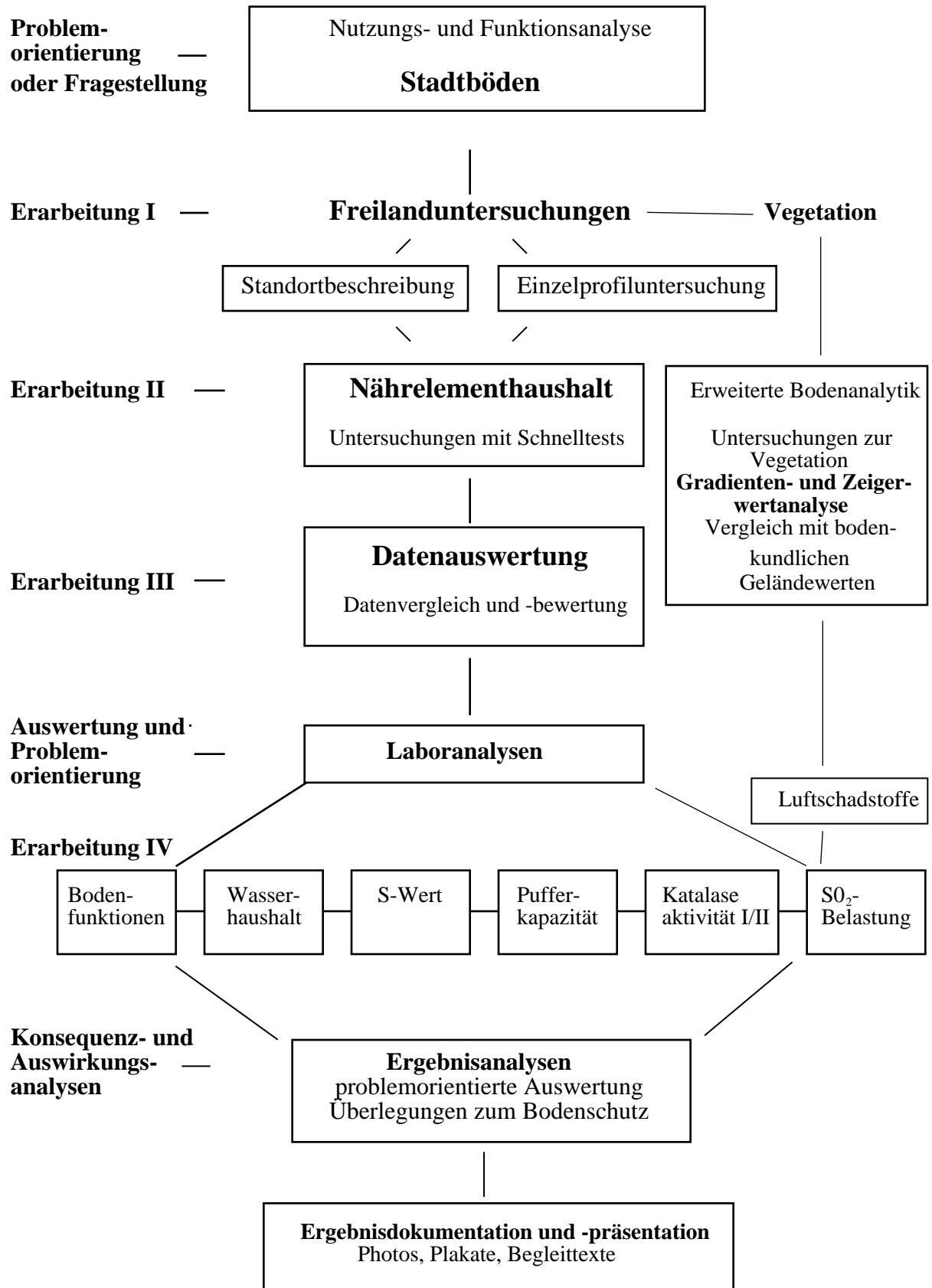
Bei der Methode der Gradienten- und Zeigerwertanalyse handelt es sich grundsätzlich um ein vereinfachtes Teilmodell, mit dessen Hilfe der Frage nachgegangen wird, ob sich bei der Verteilung häufig auftretender Vegetationsgesellschaften und -bestände entlang bestimmter standörtlicher Gegebenheiten sowie Bodenmerkmalen Korrelationen abzeichnen, die durch ein ermitteltes Auftreten von Pflanzen und bestimmten Standortmerkmalen (= Koinzidenzen<sup>2</sup>) aufgezeigt werden können.

Für die Vegetationsaufnahmen werden ein oder mehrere Transsekte auf Untersuchungsflächen gelegt, die etwa dem Verlauf eines im Gelände direkt oder indirekt erkennbaren ökologischen Umweltgradienten folgen. Da es sich in der Regel auf den Flächen um mosaikartige Vegetationsausprägungen handelt, bietet es sich an, innerhalb des Transsektes in kleineren Abständen Erfassungen durchzuführen.

---

<sup>1</sup> Nach DIERSCHKE (1994) "verbergen" sich hinter jedem Gradienten alle wirksamen endogenen und exogenen Faktoren, die Vegetation und Standort ausmachen, so daß jede Gradientenanalyse letztlich ein vereinfachtes aber relativ übersichtliches Abbild der Wirklichkeit darstellt.

<sup>2</sup> Unter Koinzidenzen versteht DIERSCHKE (1994, S. 212) "ein empirisch ermitteltes gemeinsames



**Abb. 2:** Stadttökologische Unterrichtskonzeption zu den Themenbereichen "Boden und Vegetation".

Die Erfassung von Vegetationsdaten ähnelt der Methode pflanzensoziologischer Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964). Parallel zu den Vegetationsaufnahmen erfolgen Angaben zu standörtlichen Bedingungen und einfache bodenkundliche Untersuchungen. Die innerhalb von 1 m<sup>2</sup> großen Untersuchungsflächen auftretenden Pflanzenarten werden notiert und anschließend mit Hilfe der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1991) quantitativ oder qualitativ ausgewertet.

Zusätzlich werden relevante Bodenfaktoren wie Feuchte, Reaktion und Stickstoffversorgung erfaßt und anschließend zu ermittelten Bodenparametern in Beziehung gesetzt (vgl. BO/VEG/M1-5). Die Zeigerwertberechnung (mZ) beruht auf folgenden Gesichtspunkten:

- Die Zeigerwerte aller Arten der Kraut-, Strauch- und Baumschicht gehen in die Auswertung ein.
- Die Berechnung des arithmetischen Mittels erfolgt unter Einbeziehung des Deckungsgrades, das heißt gewichtet, also quantitativ (= mZ<sub>quant.</sub>).
- Bei der Interpretation der Ergebnisse wird die absolute Zahl bzw. der Anteil der in die Bewertung eingehenden Zeigerwerte berücksichtigt.

Zusätzlich werden ermittelt:

- Der prozentuale Anteil der Lebensformtypen für jede Untersuchungsfläche,
- der prozentuale Anteil von Trittpflanzen für jede Untersuchungsfläche,
- der prozentuale Anteil von Neophyten (= Neubürger) für jede Untersuchungsfläche.

An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, daß die Faktorzahlen nach ELLENBERG (1991) das ökologische Verhalten der Arten unter Konkurrenzbedingungen beschreiben, nicht deren physiologisches Verhalten, d.h. deren Ansprüche an einen Umweltfaktor. Über die Interpretation von Zeigerwerten und kritische Anmerkungen zur Methode sei auf DIERSCHKE (1994) und ELLENBERG (1991) verwiesen. Zeigerwerte können also nur als Hilfsmittel zur Standortbeurteilung verstanden werden, stellen aber keinen Ersatz für die empirische Analyse von Umweltfaktoren dar.

Vergleicht man die Spektren der mittleren Zeigerwerte im Hinblick auf ihre Aussagefähigkeit bezüglich verschiedener Bodenparameter und faßt gemittelte Zeigerweltergebnisse zusammen, so zeigt sich des öfteren, daß die ermittelten Werte nahe beieinanderliegen (Tab. 1-3). Dies läßt sich häufig auf folgenden Sachverhalt zurückführen: Je weiter man sich von floristisch gut erfaßten Pflanzenbeständen als Bezugsbasis entfernt, desto eingeschränkter und fragwürdiger werden der Aussagewert der Zeigerwerte und daraus ableitbarer Grö-



**Tab. 1:** Ergebnisse Fallbeispiel 1: Sandbrink/Gütersloh/Gewerbebrache.

Artenliste	Probeflächen			Auswertung: Gesellschaften
	1	2	3	
Echte Brombeere ( <i>Rubus fruticosus</i> ) wiese zum Rainfarn-Beifuß-Gestrüpp	2	5	-	Aufnahme 1: Übergang einer ruderalen Glatthafer-
Glatthafer ( <i>Arrhenatherum elatius</i> )	3	-	3	Aufnahme 2: Gesellschaft m. Kanad. Goldrute
Gemeiner Rainfarn ( <i>Tanacetum vulgare</i> )	4	-	r	Aufnahme 3: Weidenröschen-Salweiden-Gebüsch
Rotes Straußgras ( <i>Agrostis capillaris</i> )	+	-	-	
Wolliges Honiggras ( <i>Holcus lanatus</i> )	1	-	-	
Sand-Straußgras ( <i>Agrostis vinealis</i> )	2	-	-	
Große Brennessel ( <i>Urtica dioica</i> )	-	2	-	
Kanadische Goldrute ( <i>Solidago canadensis</i> ) <sup>1</sup>	r	-	-	
Wiesenkerbel ( <i>Anthriscus sylvestris</i> )	-	1	-	
Klebkraut ( <i>Galium aparine</i> )	-	r	-	
Sal-Weide ( <i>Salix caprea</i> )	-	-	5	
Gemüse-Spargel ( <i>Asparagus officinalis</i> )	-	-	1	
Wiesen-Knäuelgras ( <i>Dactylis glomerata</i> )	-	-	+	
Sumpf-Rispengras ( <i>Poa palustris</i> )	-	-	+	

mZ <sub>quant.</sub> (= ungewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
7,80	6,00	3,20	4,50	<b>5,25</b>	<b>4,20</b>	
7,33	6,00	4,33	5,50	<b>6,50</b>	<b>7,50</b>	
7,17	5,50	4,17	5,50	<b>7,50</b>	<b>6,00</b>	
mZ <sub>qual.</sub> (= gewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
8,08	5,90	3,39	4,50	6,28	4,69	
7,01	6,00	4,98	5,67	7,00	7,99	
7,21	5,24	3,47	5,40	7,03	6,66	

Anteil (%)	1	2	3
Lebensform Hemikryptophyten	100	62,5	66,7
Therophyten	0	25	0
Trittpflanzen	0	0	0
Neophyten	0	25	0

ßen. Liegen artenreiche Aufnahmen vor, so kommt es leicht zu Überdeckung von Arten mit deutlichen Zeigerwerten, so daß Arten mit Werten von 4-6 insgesamt zu Arten mit mittleren Ansprüchen führen.

### 3.2 Vorarbeiten zur Überprüfung der Eignung der Gradienten- und Zeigerwertanalyse – Fallbeispiele für die Schule

Um dem Leser einen Einblick in ermittelbare Daten und Eignung der Gradienten- und Zeigerwertanalyse für die Schule geben zu können, werden drei Fallbeispiele und zugehörige Ergebnisse vorgestellt. Die Ergebnisse stammen aus Untersuchungen, die auf verschiedenen Brachflächen im Bielefelder und Gütersloher Stadtgebiet durchgeführt wurden (WYNARSKI, 1995). Anhand dieser Voruntersuchungen und anschließender Schulerprobung läßt sich festhalten, daß sich die Methodik der Gradienten- und Zeigerwertanalyse im Hinblick auf die Zielsetzung im Unterricht, mit Schülern in eigenständigen Untersuchungen Datengrundlagen zu erarbeiten, bewährt hat (vgl. S. 51-55).

Im Freiland wurde auf den Untersuchungsflächen entlang von 10 bis 15 Meter langen Transsekten für drei bis vier gezielt ausgewählte Standorte die Vegetation erfasst und ausgewertet. Die von den Schülern eigenständig ermit-

telten Daten wurden im Unterricht zur Interpretation von Wechselwirkungen zwischen Vegetation und einem oder mehreren Umweltgradienten wie Licht, Temperatur, Feuchte, Reaktion, Tritt, Lebensform und/oder Status (z.B. Neophyten) herangezogen. Die freilandbiologische Arbeit diente dazu, den Schülerinnen und Schülern Kenntnisse über wissenschaftliche Arbeitsmethoden im Gelände zu vermitteln. Gleichzeitig sollten sie die Methoden selbst anwenden. Nach der Freilandarbeit erfolgten die Auswertung ermittelter Geländedaten und die kritische Hinterfragung der daraus ableitbaren ökologischen Zusammenhänge zwischen Standort und Vegetation. Da von den Schülerinnen und Schülern auf den Untersuchungsflächen auch die bodenkundlichen Parameter wie pH-Wert, Kalkgehalt und Bodenfeuchte erfaßt wurden, konnten diese ergänzend zur Erörterung vorherrschender Wechselbeziehungen zwischen Boden und Vegetation herangezogen werden.

**Anhand der Freilanddaten des Fallbeispiels 1** (Tab. 1) lassen sich die Umweltgradienten pH-Wert (mR) sowie Stickstoff (mN) und allgemein die Nährstoffversorgung des Standortes auswerten und erörtern. Zudem kann an diesem

**Tab. 2:** Ergebnisse Fallbeispiel 2: Berner Straße/Bielefeld-Quelle/ehemalige Deponie.

Artenliste	Probeflächen				Auswertung: Gesellschaften	
	1	2	3	4	Aufnahme 1: Gemeiner Beifuß-Dominanzbestand	Aufnahme 2: Bestand: Kanadisches Berufkraut
Gemeiner Beifuß ( <i>Artemisia vulgaris</i> )	5	+	+	+	Aufnahme 3: Große Brennessel-Dominanz-	
Windhalm ( <i>Apera spica-venti</i> )	1	2	-	+	bestand	
Gemeiner Löwenzahn ( <i>Taraxacum officinale</i> ) <sup>+</sup>	1	-	r		Aufnahme 4: Bestand mit Tauber Trespe	
Fünfmänniges Hornkraut ( <i>Cerastium semidecandrum</i> )	+	-	-	-		
Quendelblättriges Sandkraut ( <i>Arenaria serpyllifolia</i> )	-	1	-	-		
Taube Trespe ( <i>Bromus sterilis</i> )	2	-	-	5		
Kanadisches Berufkraut ( <i>Conyza canadensis</i> )	-	4	+	-		
Große Brennessel ( <i>Urtica dioica</i> )	-	-	4	-		
Gewöhnlicher Knöterich ( <i>Fallopia convolvulus</i> )	-	-	2	+		
Acker-Kratzdistel ( <i>Cirsium arvense</i> )	-	-	-	2		
Gemeine Quecke ( <i>Agropyron repens</i> )	-	-	-	1		
Gundermann ( <i>Glechoma hederacea</i> )	-	-	1	-		
<b>Anteil (%)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		
Lebensform: Hemikryptophyten	30	30	30	21,4		
Geophyten	0	0	10	28,6		
Therophyten	50	40	30	42,9		

mZ <sub>quant.</sub> (= ungewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
7,00	6,00	3,67	4,80	<b>5,50</b>	6,67	
7,20	6,00	4,00	5,00	<b>6,00</b>	6,67	
7,00	6,00	3,00	5,40	<b>7,00</b>	6,80	
7,00	5,83	5,00	5,20	<b>5,00</b>	6,67	
mZ <sub>qual.</sub> (= gewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
6,90	6,00	3,94	5,43	<b>5,17</b>	<b>7,14</b>	
7,37	6,00	4,00	4,66	<b>5,67</b>	<b>5,50</b>	
	6,76	6,00	3,00	5,68	<b>7,00</b>	
7,21	5,77	4,48	4,18	<b>5,00</b>	<b>5,81</b>	

Fallbeispiel die Neophytenproblematik exemplarisch an der Goldrute (*Solidago*) aufgegriffen werden.

**Anhand der Freilanddaten des Fallbeispiels 2** (Tab. 2) ließe sich im Unterricht das anteilmäßige Auftreten von Therophyten (Einjährigen), die als Störungsanzeiger gewertet werden können, thematisieren. Die kurzlebigen Gesellschaften (Standort 2 und 4) mit deutlich veränderten Standortbedingungen in bezug auf den Umweltgradienten mN können den Dominanzbeständen aus mehrjährigen Hochstauden (Standort 1 und 3) gegenübergestellt werden. Im Hinblick auf den Standort 3 zeigen sich Unterschiede bezüglich der Umweltgradienten pH-Wert (mR), Feuchte (mF) und Stickstoffgehalt (mN). Da das Kanadische Berufkraut (*Conyza canadensis*) einen wärmeliebenden Neophyten (= Neubürger) repräsentiert, kann im Unterrichtsgespräch das Thema "Neophyten und ihr verstärktes Ausbreiten in den Städten" eingeleitet und genauer erörtert werden.

**Tab. 3:** Ergebnisse Fallbeispiel 3: Ernst-Rein-Straße/Bielefeld-Innenstadt/Gewerbebrache.

Artenliste	Probeflächen			Auswertung: Gesellschaften					
	1	2	3						
				Aufnahme 1: Brennessel-Giersch-Gesellschaft					
Große Brennessel ( <i>Urtica dioica</i> )	2	-	r	Aufnahme 2: Acker-Kratzdistel-Dominanzbestand					
Giersch ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	4	-	-						
Acker-Schachtelhalm ( <i>Equisetum arvense</i> )	1	+	r	Aufnahme 3: Riesen-Goldruten-Gesellschaft					
Drüsiges Weidenröschen ( <i>Epilobium adenocaulon</i> )	-	+	+						
Gewöhnliches Hornkraut ( <i>Cerastium holosteoides</i> )	-	-	+						
Berg-Flockenblume ( <i>Centaurea montana</i> )	r	-	-						
Gemeine Zaunwinde ( <i>Calystegia sepium</i> )	+	1	-						
Acker-Kratzdistel ( <i>Cirsium arvense</i> )	-	4	-						
Stumpfblätriger Ampfer ( <i>Rumex obtusifolius</i> )	-	1	-						
Gemeiner Beifuß ( <i>Artemisia vulgaris</i> )	-	-	3						
Riesen-Goldrute ( <i>Solidago gigantea</i> )	-	-	3						
Wolliges Honiggras ( <i>Holcus lanatus</i> )	-	-	1						
Kriechender Hahnenfuß ( <i>Ranunculus repens</i> )	-	-	1						
Rasen-Schmiele ( <i>Deschampsia cespitosa</i> )	-	-	+						
Rotes Straußgras ( <i>Agrostis capillaris</i> )	-	-	+						

mZ <sub>quan.</sub> (= ungewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
6,25	5,00	4,00	5,80	7,00	6,80	
7,17	5,40	4,33	6,40	7,33	7,17	
6,75	5,75	4,00	6,50	6,33	5,75	
mZ <sub>qual.</sub> (= gewichtet) Aufnahme 1-3						
mL	mT	mK	mF	mR	mN	
5,31	5,05	3,10	6,00	7,00	7,33	
7,75	5,16	4,09	6,24	7,17	7,50	
7,18	5,97	4,45	6,19	6,02	6,77	

Anteil (%)	1	2	3
Lebensform: Hemikryptophyten	29,7	18,9	63,7
Geophyten	43	73,3	0
Tüpfelzellen	0	0	0

**Anhand der Freilanddaten des Fallbeispiels 3** (Tab. 3) können die Schülerinnen und Schüler die Standorte 1-3 in bezug auf Licht (mL), pH-Wert (mR) und Stickstoffgehalte (mN) vergleichend auswerten. Schlüsselst man die mittleren Zeigerwerte der Vegetationsausbildungen näher auf, deuten diese auf ähnliche Verhältnisse bezüglich Feuchte und Stickstoff. Es herrschen lediglich mehrjährige Hochstauden vor. Alle Vegetationsausprägungen scheinen stickstoffreichere Standorte zu bevorzugen. Unterschiede kann man bezüglich der Standortfaktoren Licht, Temperatur und Feuchte erkennen.

Ermittelte Freilanddaten liefern in der Regel ausreichend Grundlagen, um Korrelationen zwischen Standortverhältnissen, vor allem Bodenkennwerten und Vegetation aufzudecken. Boden als Standort für Pflanzen und Pflanzenwachstum und die Einbeziehung einzelner Bodenkennwerte wie Nährelementhaushalt, pH-Wert, Bodenfeuchte verdeutlichen das Beziehungsgefüge zwischen Bodenparametern und Vegetation. Teilthemen wie Wasserhaushalt der Pflanzen, Nährelementhaushalt, Nährstoffkreisläufe, Prozesse wie Mineralisierung und Humifizierung (vgl. WENZEL & GERHARDT-DIRCKSEN, 1995; 1996), Einflüsse von Wurzeln auf Bodeneigenschaften ihrer unmittelbaren Umgebung (der Rhizosphäre) können sich anschließen.

Weitere Themen wie Auswirkungen von Schadstoffen (Schwermetalle oder Luftschadstoffe) auf Böden, Pflanzen und Tiere oder pH-Werte und Pufferkapazität von Böden lassen sich als Problemorientierungen gesondert im Unterricht erörtern. Legt man den inhaltlichen Schwerpunkt auf die Vegetation, können weitere Aspekte wie “das Vorkommen und die Verbreitung der Stadtvegetation” (vgl. WENZEL, 1995: Bestimmungsschlüssel Teil II) oder auch “Pflanzen in ihrer städtischen Umgebung - Einnischung- und Anpassungsstrategien” (WENZEL & GERHARDT-DIRCKSEN, 1994; 1995) behandelt werden.

Tabelle 4 enthält relevante Informationen, um bei geplanten praktischen Schülerarbeiten im Gelände zu brauchbaren Ergebnissen zu kommen. In dieser Tabelle sind Pflanzenarten und ihre Vergesellschaftung(en) aufgelistet, wobei es sich dabei um solche Arten handelt, die sich als besonders geeignete Untersuchungsobjekte erwiesen haben. Alle in Tabelle 4 aufgelisteten Pflanzenarten repräsentieren typische, stetig in Städten vertretene Arten, die oftmals gleichzeitig Kennarten typischer, häufig in der Stadt auftretender Gesellschaften sind.

**Tab. 4.:** Auflistung geeigneter Untersuchungspflanzen und ihre Vergesellschaftung(en).

- **Gemeiner Beifuß** - *Artemisia vulgaris*  
Dominanzbestände ausbildend, oft auch mit dem Rainfarn vergesellschaftet.
- **Gemeiner Rainfarn** - *Tanacetum vulgare*  
Kennart der Rainfarn-Beifuß-Gesellschaft
- **Acker-Kratzdistel** - *Cirsium arvense*  
Kennart der Kratzdisteln-Gesellschaft; oft auch reine Dominanzbestände ausbildend.
- **Gemeine Brennessel** - *Urtica dioica*  
Oft Dominanzbestände ausbildend, aber auch Kennart halbschattiger Saumgesellschaften mit Giersch, Wiesenkerbel oder Weißer Zaunwicke.
- **Giersch** - *Aegopodium podagraria*  
Dominanzbestände ausbildend oder mit der Grossen Brennessel zum halbschattigen Brennessel-Giersch-Saum vergesellschaftet.
- **Riesen-Goldrute** - *Solidago gigantea*  
(Neophyt)
- **Kanadische Goldrute** - *Solidago canadensis*  
Neophyten. Beide Goldruten-Arten meistens getrennt in Dominanzbeständen auftretend; manchmal auch gemeinsam als Goldruten-Gesellschaft, oft in andere Hochstauden-Gesellschaften eindringend z.B. in die Rainfarn-Beifuß-Gesellschaft.
- **Weißer Steinklee** - *Melilotus albus*  
In Dominanzbeständen auftretend oder mit dem Gelben Steinklee, die zweijährige Steinklee-Gesellschaft ausbildend.
- **Weißer Gänsefuß** - *Chenopodium album*  
Pionier (= Erstbesiedler) auf offenen Standorten, in Dominanzbeständen, oder mit anderen einjährigen Arten und als Kennart die Gesellschaft mit dem Weißen Gänsefuß bildend.
- **Kanadisches Berufkraut** - *Conyza canadensis*  
Neophyt, Pionierpflanze (= Erstbesiedler), Kennart kurzlebiger Gesellschaften, z.B. der Gesellschaft mit dem Kompaß-Lattich, des öfteren auch als Bestand und dann mit weiteren einjährigen Arten auftretend.
- **Mäuse-Gerste** - *Hordeum murinum*  
Lichtpflanze und Wärmezeiger, Kennart der Mäuse-Gersten-Gesellschaft.
- **Taube Trespel** - *Bromus sterilis*  
Ersetzt oft die Mäuse-Gersten-Flur und tritt des öfteren als Dominanzbestand auf.
- **Breitblättriger Wegerich** - *Plantago major*  
Typische Trittpflanze, Kennart mehrjähriger Trittrassen oft mit Weiß-Klee und Deutschem Weidelgras vergesellschaftet.

#### 4 Entwickelte Materialien zur "Gradienten- und Zeigerwertanalyse" und ihre Verwertbarkeit im Unterricht

Nachfolgend sollen die für den Unterricht entwickelten Materialien präsentiert und praxisbezogene Erläuterungen für ihre unterrichtliche Umsetzung gegeben werden (vgl. WYNARSKI 1995)

Beispielhaft werden in Tabelle 5 Ergebnisse einer Unterrichtserprobung in Gütersloh vorgestellt. In der Ergebnisübersicht ist für jede Gruppe nur die dominante Pflanzenart der jeweilig untersuchten Probefläche aufgeführt. Für die Berechnung der mittleren Zeigerwerte (mZ) gingen jedoch alle von den Schülerinnen und Schülern in den Flächen erfaßten Pflanzenarten ein.

Zusätzlich werden für jede Fläche der mit einem Hellige-pH-Meter bestimmte pH-Wert des Bodens, die mit dem Luxmeter gemessenen Lichtverhältnisse und die mit Hilfe des CM-Gerätes ermittelte Bodenfeuchte sowie die Anteile an Neophyten und an Trittpflanzenarten angegeben.

**Tab. 5:** Ergebnisse einer Unterrichtserprobung am Städtischen Gymnasium in Gütersloh (WYNARSKI, 1995).

Untersuchungsfläche: Gewerbebrache Ort: Gütersloh, Am Sandbrink Aufnahmedatum: 04.07.95											
PF* Nr.	Dominante Pflanzenart	Zeigerwerte					Tritt %	Neo- phyten %	Standort und Boden		
		mL	mT	mF	mR	mN			pH	Licht Lux	Boden- feuchte %
<b>Schülergruppe 1</b>											
1	Taube Trespe	7	6	4	X	5	-	-	-	15000	5,8
2	Giersch	6,8	5,7	5,7	7,0	7,5	-	25	-	11000	10,8
3	Kanadische Goldrute	7,9	5,7	5	5	7	-	57	-	15000	6,0
<b>Schülergruppe 2</b>											
1	Kanadische Goldrute	8	6	5	7,3	6,5	-	33	5,5	13000	5,8
2	Breitblättriger Wegerich	7,3	6	5	X	6,7	100	-	5,7	13000	13,8
3	Glatthafer	8	6	4,5	7,7	5,5	-	-	5,5	13000	4,8
<b>Schülergruppe 3</b>											
1	Kanadische Goldrute	8	6	X	X	6	-	80	6	12000	2,4
2	Gemeiner Rainfarn	7,7	5,9	5,4	7,8	6,2	-	-	4,5	12000	3,8
<b>Schülergruppe 4</b>											
1	Echte Brombeere	8	5,9	5,4	7	7,3	-	-	5	12000	10,8
2	Gemeiner Rainfarn	8	5,4	5	7,3	6,4	-	-	4,5	12000	6,8
3	Kleiner Sauerampfer	8	5	3	2	2	-	-	4	12000	3,8

\* = Probefläche

Faßt man die praktischen Arbeiten im Gelände zusammen, so sollen verschiedene Schülergruppen auf Untersuchungsflächen entlang eines zuvor von dem Lehrer ausgewählten Transsektes, durch Bearbeitung verschiedener 1 m<sup>2</sup> großer Probeflächen, die vorherrschende floristische Variation der Pflanzendecke mit genauer Angabe des Deckungsgrades einzelner Arten erfassen. Die Ergebnisse sind in dem speziell dafür entwickelten Aufnahmebogen (M2) zu notieren.

Für die Pflanzenbestimmung im Gelände und die Ermittlung zugehöriger Zeigerwerte wird eine speziell für die stadtoökologischen Unterrichtskonzeptionen entwickelte Bestimmungshilfe für die Schüler bereitgestellt. Die Auswertung der Geländedaten (M3) beinhaltet die Berechnung der quantitativen mittleren Zeigerwerte (mZ) des erfaßten Arteninventars für alle Faktoren. Die Werte werden in den dafür vorgesehenen Auswertungsbogen (M3) eingetragen. Ergänzend können die aus Geländeuntersuchungen erarbeiteten bodenkundlichen Daten von Einzelprofilen auf den Untersuchungsflächen mit den neuen Daten in Beziehung gesetzt werden (M4). Liegen keine Vergleichswerte für Bodenmerkmale vor, können diese nachträglich im Gelände erarbeitet werden.

Die aus den Geländedaten berechneten mittleren Zeigerwerte (quantitative mZ) für die in den Untersuchungsflächen entlang des Transsektes kennzeichnenden Pflanzenarten ermöglichen die Bearbeitung räumlich-ökologischer Zusammenhänge. Das nachfolgend für eine "Gewerbebrache" vorgestellte Anwendungsbeispiel in M4 zeigt, daß mit Hilfe der Daten Wechselwirkungen zwischen Vorkommen und Wuchskraft von Pflanzen mit verschiedenen Standortfaktoren wie Licht, Temperatur, Feuchte, Reaktion und Stickstoff hergestellt sowie zugehörige Lebensformtypen analysiert werden können. Die berechneten mittleren Zeigerwerte liefern Relativwerte, mit denen Schüler das Beziehungsgefüge Boden(-kennwerte)-Pflanze und Standortfaktoren (z.B. Licht, Temperatur, Feuchte, mechanische Belastung) aufschlüsseln können. Benötigte Angaben zu den verschiedenen Lebensformen im Pflanzenreich sind sowohl für den Lehrer als auch für Schülerinnen und Schüler im Bestimmungsschlüssel in Teil 1 (vgl. WENZEL, 1995) genau beschrieben.

Grundsätzlich muß man beachten, daß eine erfolgreiche Zeigerwertanalyse nur dann gewährleistet ist, wenn eine genügend große Anzahl von Arten in die Berechnungen eingehen, oder aber - und das wird in den meisten Fällen entscheidender sein - es müssen im Gelände gezielt Untersuchungsflächen entlang eines Gradienten gelegt werden können, die vor allem durch Artenvorkommen mit deutlicher ökologischer Zeigerfunktion zu einem bestimmten Faktor z.B. Feuchte, Reaktion, Licht gekennzeichnet werden (vgl. Tab. 5).

Wieviele Arten mit Zeigerwerten notwendig sind, um Standortverhältnisse zutreffend abzubilden, kann nicht allgemein festgesetzt werden. Gewarnt werden muß aber vor unkritischer Akzeptanz der Zeigerwertberechnungen und sich daraus ergebenden Fehlinterpretationen. In unsicheren Fällen ist deshalb die Form der qualitativen Berechnung der quantitativen Berechnung vorzuziehen. Grundsätzlich sollte der Lehrer die Schüler auf die Gefahren des unreflektierten

Gebrauchs scheinbar eindeutiger Ergebnisse der Zeigerwerte aufmerksam machen (vgl. M5).

In den vorgestellten Unterrichtsmaterialien (M1-M4) wurden nur solche Faktoren berücksichtigt, die bei kleinräumigen Untersuchungen und Vergleichen hinsichtlich ermittelter Faktorzahlen von Pflanzenarten und gemessenen bzw. untersuchten Bodenkennwerten gute Ergebnisse (= Korrelationen) erwarten lassen. Demzufolge entfielen Kontinentalitätszahl und Schwermetalltoleranz. Ergänzend werden die Angaben zu vorherrschenden Lebensformen erfaßter Pflanzenarten in die Gesamtauswertung aufgenommen. Eine Pflanzenart, die indifferentes Verhalten bezüglich eines Faktors zeigt, wurde in der Auflistung im Auswertungsbogen 4 durch x gekennzeichnet.

Hilfreich ist, wenn die Probeflächen durch die Lehrkraft zuvor bereits ausgewählt und markiert sind (vgl. Kasten 2). Die Flächen müssen dabei nicht direkt hintereinander liegen. Wichtig ist nur, daß man nachvollziehen kann, daß sie entlang eines Gradienten wie Tritt, Licht, Feuchte etc. gelegt sind. In der Regel können im Gelände, in Abständen von 2-10 Metern entsprechende Gradienten immer gefunden und ausgewählt werden. Liegen Bodenkennwerte aus Einzelprofiluntersuchungen vor, so geben diese bereits Hinweise auf mögliche Veränderungen von Faktoren wie pH-Wert, Feuchte oder Tritt, so daß die Lehrkraft anhand der Ergebnisse wichtige Hilfestellungen für zu untersuchende Gradienten erhält. Die Probeflächen sollen dann in unmittelbarer Nähe der Boden-Probestellen liegen.

Wählt man diese Methode, um in freilandbiologisches Arbeiten, in städtische Biotope und ihre Vegetation einzuführen, ist davon auszugehen, daß mindestens zwei weitere Unterrichtsstunden veranschlagt werden müssen. Dies leitet sich aus der Tatsache ab, daß den Schülerinnen und Schülern zu Beginn genügend Zeit für Bestimm- und Kennübungen kennzeichnender Arten eingeräumt werden muß. Auch das Abschätzen des Deckungsgrades bereitet Schülerinnen und Schülern oftmals Schwierigkeiten und sollte an Beispielflächen geübt werden, weshalb es in diesem Fall sinnvoll ist, zwei Unterrichtsstunden, die allein Bestimmübungen und der Einführung und Übung in die Methodik gewidmet sind, bereitzustellen. In einer weiteren Doppelstunde können dann die eigentlichen Datenerhebungen mit der Methode (M2- M4) durchgeführt werden.

Unterrichtserprobungen haben gezeigt, daß bei guter Vorbereitung (siehe Kasten 1-3), einer geeigneten Flächenauswahl und einer gewissen Erfahrung der Schüler mit praktischen Arbeiten im Gelände, eine Doppelstunde zur Bear-



bewährt, daß vier Schülerinnen und Schüler pro Gruppe 2-3 verschiedene Standorte untersuchen.

Abschließend sei nochmals betont, daß mit den nachfolgend vorgestellten Unterrichtsmaterialien versucht wird, den Lernenden fachliche Grundlagen zu vermitteln sowie eine Basis für Einsichten und Kenntnisse in naturwissenschaftliche Methoden und ihre Anwendung zu schaffen. Mit der Thematik und Verknüpfung von verschiedenen systembildenden Strukturen verbindet sich die Hoffnung, bei den Schülerinnen und Schülern auf diesem Wege die eigenständige Erfassung und Bewertung von ökologischen Sachverhalten zu fördern und ihr Denken in bezug auf Wechselwirkungen und Abhängigkeiten systembildender Strukturen, Elemente und Prozesse zu schulen.

## Zitierte Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3.Aufl. Wien.
- DIERSCHKE; H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. et al. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII, Goltze KG, Göttingen.
- ELLENBERGER, W. [Hrsg.] (1993): Ganzheitlich-kritischer Biologieunterricht. Für das Leben lernen. Cornelsen, Berlin.
- ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN & D. RODI (1993): Fachdidaktik Biologie. Aulis Deubner, Köln.
- von FALKENHAUSEN, E. (1985): Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht. Aulis Deubner, Köln.
- GUILFORD, J.P. (1967): The Nature of Human Intelligence. London.
- MICHELSSEN, G. & H. SIEBERT (1985): Ökologie lernen. Anleitungen zu einem veränderten Umgang mit Natur. Frankfurt/M.
- PFADENHAUER, J. (1993): Vegetationsökologie - ein Skriptum. IHW-Verlag, Eiching.
- SCHAEFER, G. (1978): Inklusives Denken - Leitlinie für den Unterricht. In: TROMMER, G. & K. WENK [Hrsg.]: Leben in Ökosystemen. Westermann, Braunschweig (jetzt Aulis Deubner, Köln).
- STAECK, L. (1995): Zeitgemäßer Biologieunterricht - Eine Didaktik. 5. völlig neubearbeitete Aufl., Cornelsen, Berlin.
- TROMMER, G. (1981): Ökologie und Umwelterziehung auf der Sekundarstufe II- Denkalternativen für Ökologiekurse auf der gymnasialen Oberstufe. In: RIEDEL, W. & G. TROMMER [Hrsg.]: Didaktik der Ökologie, Aulis Deubner, Köln. 139-150.
- VESTER, F. (1985): Unsere Welt - ein vernetztes System. Deutscher Taschenbuchverlag, München.
- WENZEL, E. & A. GERHARDT (1993): Populationsbiologische Konzepte für die Kausalanalyse urbaner Vegetationseinheiten - ihr Einsatz im Biologieunterricht der Sekundarstufe II. In: VOGT, H. & M. HESSE [Hrsg.]: Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, IDB 2, 1-18.
- WENZEL, E. (1995): Bestimmungsschlüssel für häufig auftretende Wildpflanzen in der Stadt (Teil 1). Bestimmungsschlüssel und Arbeitsheft für Pflanzengesellschaften in der Stadt (Teil 2). Zum Gebrauch bei Bestimmungsübungen im Gelände. Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl für Biologie und Didaktik der Biologie. 89 Seiten (als Kopie vervielfältigt, n.p.).
- WENZEL, E. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1994): Pflanzen in ihrer städtischen Umwelt - Einnischung und Anpassungsstrategien. Serie. Teile 1-2. PdN-Biologie 43 (7-8).
- WENZEL, E. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1995): Pflanzen in ihrer städtischen Umwelt - Einnischung und Anpassungsstrategien. Serie. Teile 3-5. PdN-Biologie 44 (1-3).
- WENZEL, E. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1995): Bodenkundliche Untersuchungen an städtischen Böden. Serie. Teile 2-4. PdN-Biologie 44 (5-7).

- WENZEL, E. & A. GERHARDT-DIRCKSEN (1996): Bodenkundliche Untersuchungen an städtischen Böden. Teil 5: Boden und Vegetation - Gradienten- und Zeigerwertanalyse. PdN-Biologie **45** (1), 35-41.
- WENINGER, J. (1982): Das Denken im Kontinuum und Diskontinuum. MNU **34**, 193-200 und 268-273.
- WYNARSKI, T. (1995): Entwicklung und Erprobung einer neuen Methode zur Untersuchung von Pflanzenvorkommen und -verbreitung auf städtischen Brachflächen. Staatsexamensarbeit für das Lehramt der Sekundarstufe II im Fach Biologie, Universität Bielefeld, Bielefeld (n.p.).
- ZABEL, E. (1994): Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht. Biologie i. d. Schule **43**, 81-84.

**Verfasserinnen:** Elke Wenzel und Prof. Dr. A. Gerhardt, Lehrstuhl für Biologie und Didaktik der Biologie, Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Postfach 100 131, 33501 Bielefeld.

### Allgemeine Informationen zu ökologischen Zeigerwerten

ELLENBERG hat das ökologische Verhalten der Pflanzenarten im Hinblick auf verschiedene Standortfaktoren (Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchte, Reaktion, Stickstoff, Salzzahl und Schwermetalltoleranz) untersucht und in Zahlen von 1-9 angegeben. Eine Art, die gegenüber der Stärke eines Faktor keine Reaktion zeigt, erhält ein x für indifferentes Verhalten. Die Zuordnungen 1 bzw. 9 stellen immer Extreme bezüglich des untersuchten Faktors dar; 5 die Mitte. Die Zahlen dazwischen vermitteln zu den definierten Extremen bzw. der Mitte. Beachtet werden muß, daß Zeigerwerte keinesfalls "Ansprüche" jeweiliger Pflanzenarten an die Umweltfaktoren widerspiegeln.

#### L = Lichtzahl

Zuordnung nach Schattenverträglichkeit Es gilt:

1 = Tiefschattenpflanzen

5 = Halbschattenpflanzen

9 = Vollichtpflanzen

#### T = Temperaturzahl

Zuordnung nach Verbreitungsbildern (Arealtypen). Es gilt:

1 = Kältezeiger

5 = Mäßigwärmezeiger

9 = Wärmezeiger

#### F = Feuchtezahl

Zuordnung nach Bodenfeuchte. Es gilt:

1 = Starke Trockenheitszeiger

5 = Frischezeiger

9 = Nässezeiger

Für Wasserpflanzen ist die Skala erweitert mit:

10 = Wechselwasserzeiger

11 = Wasserpflanzen

12 = Unterwasserpflanzen

#### R = Reaktionszahl

Zuordnung nach Bodenreaktion. Es gilt:

1 = Starksäurezeiger

5 = Mäßigsäurezeiger

9 = Basen- und Kalkzeiger

#### N = Stickstoffzahl

Zuordnung nach Stickstoffbedürfnis. Es gilt:

1 = Magerkeitszeiger

5 = Zeiger mäßig stickstoffreicher Standorte

9 = Zeiger übermäßig stickstoffreicher Standorte

#### S = Salzzahl

Zuordnung nach Salzverträglichkeit. Es gilt:

0 = nicht salzertragend

1 = schwach salzertragend

5 = mäßig salzertragend

9 = extreme Salzzeiger

Zusätzlich werden von ELLENBERG für die Pflanzenart der Lebensformtyp (Leb) und die Blattausdauer (B) angegeben.

### Wichtige Hinweise zu den Begriffen Abundanz und Dominanz

**Abundanz** (Dichte): Individuenzahl (auch Spößzahl) einer Art. Die Zahl pro Flächeneinheit ergibt die Dichte.

**Dominanz** entspricht dem **Raumbedarf** = **Deckungsgrad** einer Pflanze, geschätzt als **prozentualer Flächenanteil**, der bei **senkrechter Projektion aller oberirdischen, lebenden Pflanzenteile den Boden beschattet**. Die Deckung wird in 25 %-Stufungen geschätzt.

### Arbeitsaufträge

1. Beschreiben Sie einen typischen Ausschnitt der Vegetation eines Standortes. Bewährt hat sich jeweils eine **1 m<sup>2</sup> große Probefläche**, die Sie mit Hilfe eines Rahmens oder einer Schnur ausmessen. Beachten Sie, daß die Vegetation und Standortfaktoren innerhalb der 1 m<sup>2</sup> großen Fläche homogen sind.

2. Bestimmen Sie die **augenscheinlich dominanten Pflanzenarten** (bis zu 5; max. 10 Arten) in der Probefläche.

3. Suchen Sie aus dem **Bestimmungsschlüssel** die zugehörigen Namen der Pflanzen heraus und tragen Sie die Artennamen in Aufnahmebogen 1 ein.

4. Ermitteln Sie für jede der Pflanzenarten, mit Hilfe der Legende in Aufnahmebogen 1, den zugehörigen **Deckungsgrad**. Übertragen Sie die **Signatur** der Legende für die Pflanze in die dafür vorgesehene Zeile des Aufnahmebogens.

5. Beurteilen Sie die **Standortverhältnisse** (gilt dann, wenn zuvor keine bodenkundlichen Untersuchungen auf der Fläche stattgefunden haben).

• **Bodenart** (Fingerprobe: Sand, Lehm oder Ton)

• **pH-Wert** (Hellige-pH-Meter, Indikatorstäbchen)

• **Bodenfeuchte** (Schätzung: naß, feucht, trocken)

• **Lichtverhältnisse** (frei besonnt, teilweise besonnt, hoch beschattet, direkt beschattet)

• beobachtete **Tierarten**

• **Nutzungsart** (z.B. gepflegt, betreten, befahren)

• **Nutzungstyp** (z.B. Brache, Trampelpfad, Wegsaum)



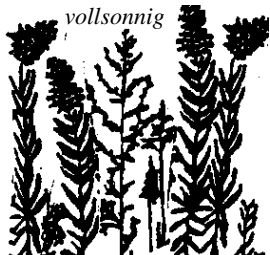
6. Übertragen Sie die Arten und zugehörige, von Ihnen bestimmte **Deckungsgrade** (hier: den zugehörigen Multiplikatorwert verwenden) in die erste Spalte von Auswertungsbogen 1. Suchen Sie aus dem Bestimmungsschlüssel die **Zeigerwerte** für jede Pflanzenart heraus und tragen sie die Werte in den Auswertungsbogen 1 ein.

7. **Multiplizieren** Sie die Zeigerwerte mit dem zugehörigen **Deckungsfaktor** der Pflanzenart und tragen Sie die Werte in Spalte 5 des Auswertungsbogens ein.

8. Bilden Sie die Summe der einzelnen Faktoren und Multiplikatoren. Ermitteln Sie die Mittelwerte entsprechend der **Berechnungsformel für mZ<sub>quant</sub>**.

9. **Interpretieren** Sie die berechneten mittleren Zeigerwerte (mZ). Fassen sie Ihre **Ergebnisse** zusammen und **beurteilen** sie ihre **Standorte** mit Hilfe der von Ihnen erfaßten Daten.

<b>Aufnahmebogen 1</b>	<b>Pflanzenarten entlang eines "Transsektes" (Lösung)</b>	<b>BO/VEG/M2</b>
------------------------	---	------------------

<b>Probefläche (PF)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Kurzbeschreibung Probefläche(n)</b> (eventuell Skizze) <b>und Standortverhältnisse</b>	<i>Vor Hausfassade halbschattig</i> 	<i>mitten auf der Fläche vollsonnig</i> 	<i>in Anschluß an 2 vollsonnig</i> 
<b>Entfernung der PF zum Ausgangspunkt in m</b>	<i>2 m vom Gebäude</i>	<i>5 m von PF 1</i>	<i>1,5 m von PF 2</i>

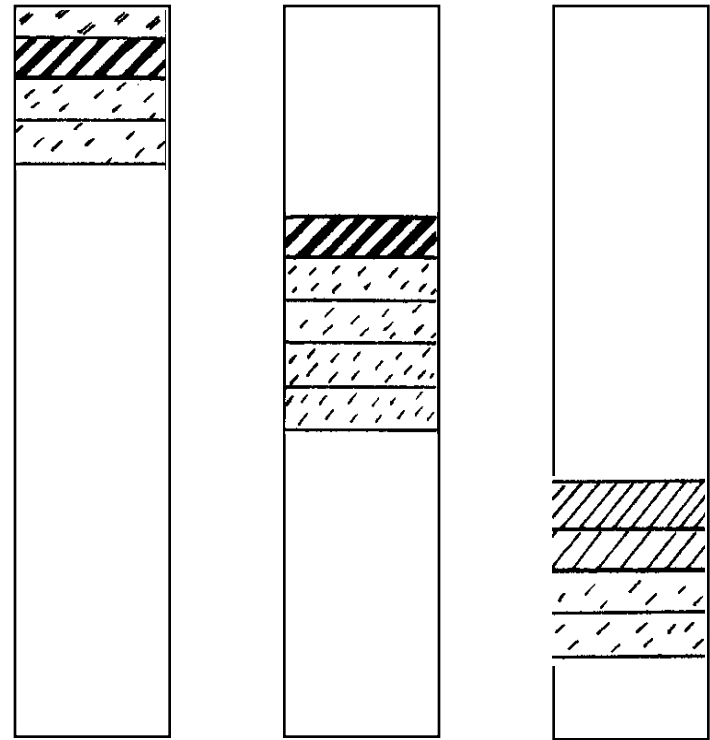
**Kennzeichnende Pflanzen**

- ..... *Große Brennessel*
- ..... *Giersch*
- ..... *Ackerschachtelhalm*
- ..... *Gemeine Zaunwinde*
- .....
- ..... *Acker-Kratzdistel*
- ..... *Gemeine Zaunwinde*
- ..... *Ackerschachtelhalm*
- ..... *Stumpfblättriger Ampfer*
- ..... *Sumpf-Rispengras*
- .....
- ..... *Gemeiner Beifuß*
- ..... *Riesen-Goldrute*
- ..... *Kriechender Hahnenfuß*
- ..... *Weiches Honiggras*
- .....
- .....

**Deckung in PF 1**

**Deckung in PF 2**

**Deckung in PF 3**



<b>Artenzahl gesamt</b>	4	5	4
<b>Anzahl Trittpflanzen</b>	0	0	0
<b>Anzahl Neubürger (= Neophyten)</b>	0	0	1

Legende	vorherrschend	reichlich	mittel	gering	spärlich/sporadisch	fehlend
<b>Deckung [%]</b>	75-100	75-50	50-25	25-5	1-5	0
<b>Multiplikator</b>	5	4	3	2	1	0

\* Nur auszufüllen, wenn keine bodenkundlichen Daten aus Einzelprofiluntersuchungen vorliegen.


<b>*Bodenart</b>		
<b>*pH-Wert</b>		
<b>*Bodenfeuchte</b>		
<b>*Lichtverhältnisse</b>		
<b>*beobachtete Tierarten</b>		
<b>*Nutzungstyp</b>		



**Auswertungsbogen 2**      **Zeigerwerte und Bodeneigenschaften (Lösung)**      **BO/VEG/M4**

**Nutzungstyp**      *Gewerbebrache Bielefelder Innenstadt/ Ernst-Rein-Straße*      *Bearbeitung September 1994*

**Profilskizze**



**Einzelprofil(e)**

Tiefe (cm)	25 cm	<i>jYAh, hoher Kalkgehalt</i>	30 cm	<i>tL, humusreich,</i>	30 cm	<i>tL, humusreich,</i>
		<i>yjYC, sandiger Lehm</i>		<i>geringer Kalkgehalt</i>		<i>Kalkgehalt schwankend</i>
50 cm		<i>3. Schicht v.a. toniger Lehm</i>	70 cm	<i>kaum Bauschutt oder Ziegel, lehmiger Ton</i>	60 cm	<i>kaum Bauschutt oder Ziegel, lehmiger Lehm</i>
		<i>kaum Bauschutt</i>		<i>kein Kalk</i>		<i>lehmiger Ton</i>
		<i>toniger Lehm</i>		<i>lehmiger Ton</i>		<i>lehmiger Ton</i>
		<i>wenig Kalkgehalt</i>				
		<i>keine Wurzeln mehr</i>				

**Vegetationstyp**      *halbschattige Saumgesellschaft*      *Hochstauden-Gesellschaft*      *Hochstauden-Gesellschaft*

**Pflanzengesellschaft**      *mit Großer Brennessel und Weißer Zaunwinde*      *Dominanzbestand mit der Acker- Kratzdistel*      *Gesellschaft mit der Riesen- Goldrute*

**Kommentar mZ**

**Licht (mL)**..... *Halbschattpflanzen* ..... *v.a. Halblicht- u. Lichtpflanzen* ..... *Halblicht- u. Lichtpflanzen*

**Temperatur (mT)**..... *Mäßigwärmezeiger* ..... *Mäßigwärmezeiger* ..... *Mäßigwärme- u. Wärmezeiger*

**Feuchte (mF)**..... *Frische- u. Feuchtezeiger* ..... *Feuchtezeiger* ..... *Frischezeiger*

**Reaktion (mR)**..... *Mäßigsäurezeiger* ..... *Schwachsäure- u. Schwachbasenzeiger* ..... -

**Stickstoff (mN)**..... *verstärkt Stickstoffzeiger* ..... *Stickstoffzeiger* ..... *Mäßigstickstoffzeiger*

**Salzzahl (S)**..... *keine Salzzeiger* ..... *salzertragende Arten* ..... *salzertragende Arten*

**Lebensform (LEB)**..... *Keine einjährigen, sondern nur mehrjährige Pflanzenarten*.....

**Bodenkennwerte**

**Skelettanteil**..... *mittel* ..... *gering* ..... *gering*

**Durchwurzelung**..... *extrem stark* ..... *extrem stark* ..... *stark*

**Bodenfeuchte in %**..... *28,8* ..... *21,8* ..... *18,8*

**Bodenart**..... *lehmiger Sand* ..... *toniger Lehm* ..... *toniger Lehm*

**pH-Wert**..... *8* ..... *7,5* ..... *6,5*

**Nährstoffversorgung (N,P,K)**..... *sehr hoch* ..... *sehr hoch* ..... *sehr hoch*

**Bodenlebewesen (häufig/selten)**..... *mittel (Regenwürmer)*.....

**Anthropogene Einflüsse**

*Die Fläche liegt längere Zeit brach. Frühere Nutzungen deuten auf einen Garten; davon zeugen auch die Obstbäume, Erdbeeren und vereinzelte Zierpflanzen. Wahrscheinlich wurde im Rahmen der Gartennutzung gedüngt, dies würde auch die ermittelten hohen Nährelementgehalte für K, P, Mg erklären.*

**Lehrerinformation****Hinweise zur Gradienten- und Zeigerwertanalyse**

BO/VEG/M5

**Kasten 1: Geräte und Materialien für geplante Geländearbeiten**

Zur Artenerfassung in 1 m<sup>2</sup> großen Probeflächen benötigt man pro Gruppe:

- Holz- oder Leichtmetallrahmen (1 m<sup>2</sup>),
- Ersatzweise: Wäscheleine mit Knoten nach jeweils 1 m Länge und Holzpflocke oder Metallstäbe, die - in den Boden eingebracht - zur Befestigung der Leine dienen.
- Zollstock, Maßband, Aufnahmebogen 1/2, Schreibzeug, Bestimmungsschlüssel (Teil I und Teil 2).

**Übersicht der Deckungsgrade**

Die **Schätzung des Deckungsgrades** erfolgt nach BRAUN-BLANQUET.

**Deckungsfaktor (= Multiplikator)** entspricht

**Deckungsgrad in %**

- 1 = weniger als 5 % deckend
- 2 = zwischen 5 % und 25 % deckend
- 3 = zwischen 25 % und 50 % deckend
- 4 = zwischen 50 % und 75 % deckend
- 5 = mehr als 75 % deckend

**Kasten 2: Wichtige Hinweise für die Freilandarbeit Erfassung der Standortverhältnisse**

Wird die Methode unabhängig von Bodenuntersuchungen eingesetzt, sollten pH-Wert, Bodenfeuchte und Lichtverhältnisse am Standort erfaßt werden. Es bedarf zusätzlicher Geräte: Hellige pH-Meter oder pH-Teststäbchen, Luxmeter, CM-Gerät, Handschaufel.

**Vorbereitungen für die Freilandarbeit mit den Schülern:**

Bei den Probeflächen, die durch eine Vorerkundung durch die Lehrkraft ausgewählt werden sollten, ist es - im Hinblick auf die Auswertung - sinnvoll, daß innerhalb der ca. 1 m<sup>2</sup> Fläche mindestens eine Pflanzenart (max. zwei Arten) dominant ist. Bei der Flächenauswahl ist zu gewährleisten, daß dort Vegetationsbestände vorherrschen, deren Pflanzenarten

- besondere Zeigereigenschaften besitzen (z.B. Mäuse-Gerste),
- einen Neophyten repräsentieren (z.B. Goldruten-Arten),
- eine Trittpflanzenart aufweisen (z.B. Breitblättriger Wegerich),
- Pioniergehölze und/oder typische Strauchartige beinhalten.

Die Auswahl soll sich an den Arten orientieren, die im Bestimmungsschlüssel Teil I/Teil II beschrieben werden.

**Hinweis zur Bestimmung des Deckungsgrades**

Die Bestimmung der Deckungsgrade sollte mit den Schülern gemeinsam an 1-2 Beispielflächen im Gelände geübt und erklärt werden.

**Kasten 3: Informationen zu Zeigerwerten und Zeigerwertberechnungen**

Die Zeigerwerte werden heute weitgehend zur synökologischen Kennzeichnung der Pflanzen, aber auch ganzer Pflanzenbestände und Gesellschaften verwendet. Die leicht handhabbaren Formeln der Faktorzahlen können vielfältig ausgewertet werden, wenn man über Aussagebegrenztheit, ordnungsgemäße Erfassung und anschließende Interpretation ausreichend informiert ist.

Wesentliche **positive Eigenschaften der Zeigerwerte** als Hilfsmittel der Bioindikation sind:

- Zeigerwerte erlauben Abschätzungen von Standortbedingungen und geben Anstöße für genauere ökologische Untersuchungen.
- Zeigerwerte eröffnen einem breiten Kreis von Anwendern Zugang zu ökologischem Verhalten und Indikatorwerten von Pflanzen und Pflanzengemeinschaften und somit rasche ökologische Orientierung.
- Zeigerwerte fassen ökologisches Verhalten der Pflanzen und Wechselwirkungen von Vegetation und Standort in bestimmter Blickrichtung zusammen und ermöglichen, komplexe Wirkungsgefüge der Faktoren in Formeln zusammenzustellen.
- Zeigerwerte können augenblickliche Zustände punktuell und räumlich wiedergeben, aber auch langzeitige Veränderungen durch vergleichende Auswertungen alter und neuer Vegetationsaufnahmen erschließen.
- Zeigerwerte ermöglichen Aussagen hinsichtlich Standortqualitäten und schaffen somit eine Grundlage für Standortbewertungen.

**Kritische Punkte** zur Anwendung der Zeigerwertanalyse, die jeder Anwender berücksichtigen und in seine Auswertung einbeziehen muß:

- Zeigerwerte sind nur für kleinere Gebiete gültig und beziehen sich oft nur auf den unmittelbaren von der Pflanze genutzten Raum.
- Pflanzenarten reagieren i.d.R. auf Standortveränderungen nur sehr langsam, so daß errechnete Zeigerwertspektren oder Mittelwerte fehlerhaft sein können.
- formelhafte Rechenoperationen suggerieren Nicht-Fachleuten eine mathematische Genauigkeit, die nicht vorhanden ist.
- Zeigerwerte können komplexe ökologische Wirkungsgefüge nur vereinfacht wiedergeben.
- Zeigerwerte berücksichtigen in den seltensten Fällen intraspezifische genetische und ökologische Variabilität der Arten.
- Zeigerwerte beziehen sich nur auf das ökologische Optimum der Arten. Ihre ökologische Amplitude wird nicht erkennbar und geht nicht in die Bewertung ein. Bei Auswertungen nach Präsenz der Arten gehen alle Pflanzenarten, ungeachtet ihrer optimalen Entwicklung, gleichwertig in die Auswertung ein.

In eine ökologische Bewertung von Standort und Vegetation nach Zeigerwerten müssen grundsätzliche Überlegungen zum Auswertungsverfahren einbezogen werden. Zeigerwert-Spektren sind mathematisch vertretbar, wobei diese entweder nach den absoluten Artenzahlen pro Gradientenklasse oder als Relativzahlen, d.h. Prozente aller bewerteten Arten oder des als 100 % gesetzten jeweiligen Maximalwertes wiedergegeben werden. Indifferente Arten sollten als eigene Gruppe getrennt aufgeführt werden. Am weitesten verbreitet ist die Anwendung der Mittelwerte der Faktorenzahlen (mZ), für deren Berechnung es verschiedene Möglichkeiten gibt:

**Bewertung einzelner Aufnahmen**

- qualitativer mZ: Berechnung nach Präsenz, d.h. alle Arten werden gleichbehandelt,
- quantitativer mZ: Multiplikation der Faktorenzahlen mit zugehörigem Deckungsgrad, zugehöriger Artmächtigkeit oder Biomasse der jeweiligen Pflanzenart.

**Bewertung von Aufnahmegruppen** (z.B. aus Vegetationstabellen)