

Die Magie der Zahl

Eine method(olog)ische Kritik an Ellenbergs ökologischen Zeigerwerten

Bernd Gehlken

„Entweder sie [die Humanwissenschaften, d. V.] akzeptieren eine wissenschaftlich unabgesicherte Haltung, um zu wichtigen Ergebnissen zu kommen, oder sie geben sich eine wissenschaftlich abgesicherte Ordnung, um zu Ergebnissen von geringer Bedeutung zu kommen“ (Ginzburg 1988: 116).

Ein in der Vegetationsökologie¹ sehr verbreitetes Verfahren zur Auswertung von Vegetationsdaten ist die Berechnung der sogenannten 'ökologischen Zeigerwerte' nach Ellenberg. Dieses Verfahren wird mittlerweile mit großer Selbstverständlichkeit in wissenschaftlichen Publikationen verwendet und entsprechend auch von vielen Auftraggebern vegetationskundlicher Gutachten eingefordert. Dabei werden die Werte meist nicht als spezifische Form der Beschreibung, sondern Mittel zur Kausalanalyse verwendet, wie das folgende, aus einer Vielzahl von Publikationen relativ zufällig herausgegriffene Beispiel zeigen mag:

„Um mögliche Ursachen für Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung zu ergründen, wurden nach Deckung gewichtete arithmetische Mittel der Zeigerwerte nach Ellenberg & al. (2001) ... berechnet“ (Dittmann & al. 2018).

Formulierungen wie diese sind inzwischen so geläufig, dass die darin enthaltene Vermessenheit kaum noch auffällt. Tatsächlich wird die Möglichkeit der Zeigerwerte trotz vielfacher Warnungen bei Ellenberg selbst, wie auch in vielen Lehrbüchern, leichtfertig und unreflektiert überschätzt. Denn tatsächlich sind die Zeigerwerte aus mehreren (methodischen wie inhaltlichen) Gründen von zweifelhafter Qualität bzw. nur sehr begrenztem Nutzen. Dieses wurde professionsintern bisher aber kaum thematisiert. Arbeiten, die sich prüfend (z. B. Böcker, Kowarik & Bornkam 1983; Diekmann 2003; Durwen 1982; Dzwonko 2001; Ewald 2003, 2007; Pignatti & al. 2001; Reif, Teckelmann & Schulze 1985; Szymura, Szymura & Maciol 2014; ter Braak & Barendregt 1986; ter Braak & Gremmen 1987; van der Maarel 1993; Wamelink & al. 2002; Witte & Asmuth 2003), oder gar kritisch (z. B. Böhling 1994; Bohner 2015; Englisch & Karrer 2001; Kowarik & Seidling 1989; Michalko 1985; Radula, Szymura & Szymura

¹ Die im Begriff enthaltene Verengung der Vegetationskunde zur Vegetationsökologie ist hier bereits Programm.

2018; Schaffers & Sykora 2000; Wiegleb 1986; Zeleny & Schaffers 2012) mit den Zeigerwertberechnungen befassen, bemängeln vor allem mathematische Probleme und debattieren die Werte allenfalls auf Ebene der Verfahrenstechnik. Methodische² Bedenken werden dagegen nur sehr selten geäußert (z. B. Hülbusch 1986, Lührs 2016) und sollen daher hier zumindest ansatzweise diskutiert werden.

Eine Art, ein Verhalten?

Generell ist es problematisch, einer Art **eine** bestimmte Bedeutung bzw. einen Wert zuzuschreiben. Denn viele Arten besiedeln ganz unterschiedliche Standorte. Die Wirkung der einzelnen Standortfaktoren ist auf den unterschiedlichen Standorten für eine Art nicht überall identisch, sondern bestenfalls in ihrer Wirkung (in der synthetischen Wirkung aller Standortfaktoren) gleich (analog aber nicht homolog). Kuedener (1950: 6) spricht deshalb in seinem Werk 'Forstliche Standortanzeiger' von der 'Relativität der Ansprüche' an die 'kein absoluter Maßstab angelegt werden' könne. Eine eindeutige ökologische 'Zeigerfunktion' einer Art ist allenfalls innerhalb einer bestimmten Pflanzengesellschaft gegeben, lässt sich aber kaum verallgemeinern, worauf schon Tüxen & Ellenberg (1937) explizit hinwiesen:

„Tragen zwei Standorte dieselbe Pflanzengesellschaft in normaler charakteristischer Artenkombination, so muss ihre Beschaffenheit in jeder Hinsicht in engen Grenzen dieselbe sein. Von den verschiedenen Standorten einer einzelnen Pflanzengruppe gilt das erfahrungsgemäß mit genügender Sicherheit nur, wenn sie eine enge ökologische Amplitude hat, d.h. für sehr wenige Arten“ (Tüxen & Ellenberg 1937: 178, Herv. im Org.).

Weil eindeutige 'Zeigerfunktionen' bestenfalls für Pflanzengesellschaften aber nicht einzelne Arten gelten (z. B. Braun-Blanquet 1964: 114), wurden anfangs auch Versuche zur Ermittlung sogenannter 'systematischer und ökologischer **Gruppenwerte**' (Tüxen & Ellenberg 1937) unternommen. Diese haben sich aber als wenig brauchbar erwiesen, weshalb Tüxen diesen quantitativen Ansatz in späteren Arbeiten nicht weiter verfolgte, sondern die Soziologie explizit auf qualitativer Basis entwickelte (z. B. Tüxen 1950, 1955a, b, 1974). Tüxen äußerte dabei bereits früh Kritik an dem vor allem von Ellenberg verfolgten quantitativen Ansatz, den dieser u. a. auf experimentellem Weg verfolgte.

„... je stärker gar einzelne Artengruppen oder selbst Arten aus dem tatsächlichen Verband der Vegetation, in welcher sie leben, in der Betrachtung herausgelöst werden, desto beschränkter ist der Wert des Ergebnisses ihrer Untersuchung, wie z. B. der sogenannten ökologischen Artengruppen“ (Tüxen 1955b: 382).

Stattdessen lieferte Tüxen in den 1950er Jahren einige Beispiele für die sogenannte 'Eichung' von kompletten Pflanzengesellschaften auf einen Standortfaktor (1954, 1958). Dabei wurden jeweils sogenannte 'Zeigerarten-Gruppen' tabellarisch identifiziert, deren enge lokale wie soziologische Gültigkeit aber

² Zur Unterscheidung von Forschungstechnik (Verfahren) und Methode (Logik der wissenschaftlichen Untersuchung) siehe z. B. Berger & Kellner (1984: 7). Herbroth (2011: 141) dagegen unterscheidet zwischen Methode, Methodologie und Theorie.

explizit hervorhoben wurde. Diese grenzte Tüxen explizit gegen sogenannte 'ökologische Gruppen' ab, weil diese „ohne Rücksicht und Beschränkung auf eine bestimmte Pflanzengesellschaft“ (Tüxen 1958: 135) verwendet werden und daher 'zwangsläufig in ihrer Aussage-Schärfe abstumpfen' (s. auch Schmitthüsen 1968: 89; Walter & Breckle 1983: 123ff)³.

„Die Bestrebungen, die Standorteigenschaften einer Pflanzengesellschaft aus dem Mittel der Standortansprüche der sie zusammensetzenden Arten zu erschließen⁴, müßte auch dann grundsätzlich scheitern, wenn diese genau bekannt wären, weil in dieser Gleichung ein entscheidend wichtiger Einfluß, eben das Soziologische, vergessen worden ist.

Das soziologische Wirkungsgefüge der Gesellschaft aber beeinflußt die oekologischen Ansprüche aller ihrer Arten in stärkerem oder schwächerem, wenn auch unbekanntem Maße.

Unsere oekologische Zeiger-Pflanzen (z. B. für Grundwasser-Ganglinien usf.) haben mit den 'ökologischen Gruppen' nichts zu tun“ (Tüxen 1964: 69).

Ellenberg schlug dagegen den Weg einer quantifizierenden und zudem auf ökologische Faktoren begrenzten Vegetationsanalyse ein (schon Ellenberg 1950a, 1952a-c, 1960). Gesah dies unter dem Einfluss Tüxens in den 1940er und frühen 50er Jahren noch parallel zur klassischen qualitativen pflanzensoziologischen Arbeitsweise, so verabschiedete sich Ellenberg später völlig von der Pflanzensoziologie, ja distanzierte sich gar von ihr (Ellenberg 1954) und wendete sich verstärkt der 'kausalen Vegetationskunde' (z. B. Ellenberg 1950b, 1957, 1960) zu. Diese gipfelte schließlich in den berühmten Zeigerwerten (Ellenberg 1974), bei denen er jeder einzelnen Art jeweils einen Wert für verschiedene ökologische Standorteigenschaften (L, T, K, F, R, N) zuwies.

Von der Erfahrungswissenschaft zur 'harten' Naturwissenschaft?

Dabei ist hervorzuheben, dass diese Werte nicht (oder nur in wenigen Ausnahmen, s. Hinweise bei Glavac 1996: 190) das Ergebnis tatsächlicher Messungen sind, sondern „es sich um eine r e l a t i v e Abstufung nach dem Schwergewicht des Auftretens im G e l ä n d e handelt“ (Ellenberg 1979: 10; Herv. im Org.). Die Einordnung erfolgte auf der Basis von Geländebeobachtungen und Erfahrung und steht damit praktisch auf der gleichen qualitativen Grundlage wie die pflanzensoziologische Systematik. Diese verfügte in den 1970er Jahren, in denen Ellenberg die Zeigerwerte entwickelte, bereits über einen breiten Fundus an 'vorgeleisteter Arbeit' (Tüxen 1955b) und bildete so die empirische Basis bei der Ermittlung der Werte. Eigentlich sind die Zeigerwerte also nur eine in Zahlen gegossene Sammlung von Beobachtungen, wie sie vor allem als geordnete Vegetationstabellen oder etwa bei Oberdorfer (1992/1993) in textlicher Form vorliegen. Dierschke (1994: 224) spricht daher von „gedanklicher eindimensionaler Ordination eines reichen synökologischen Erfahrungsschatzes“. Insofern ist es nicht überraschend, sondern notwendig, dass die abstrakten Zeigerwerte

³ Trotz dieser Unschärfe gehören die ökologischen Gruppen heute z. B. in der forstlichen Standortkartierung zum festen und unhinterfragten Standardrepertoire.

⁴ Genau das ist heute Usus.

und das reale Vorkommen der Arten im Gelände – trotz aller Fehlerquellen, die in der Reduktion auf eine fixe Zahl schlummern – relativ eng korrelieren. Dieses Phänomen wurde in viele Publikationen belegt und als Beweis für die Richtigkeit der Werte gefeiert. Dabei fing man schlicht einen selbst geworfenen Ball (Sloterdijk 1987: 80), mehr nicht.

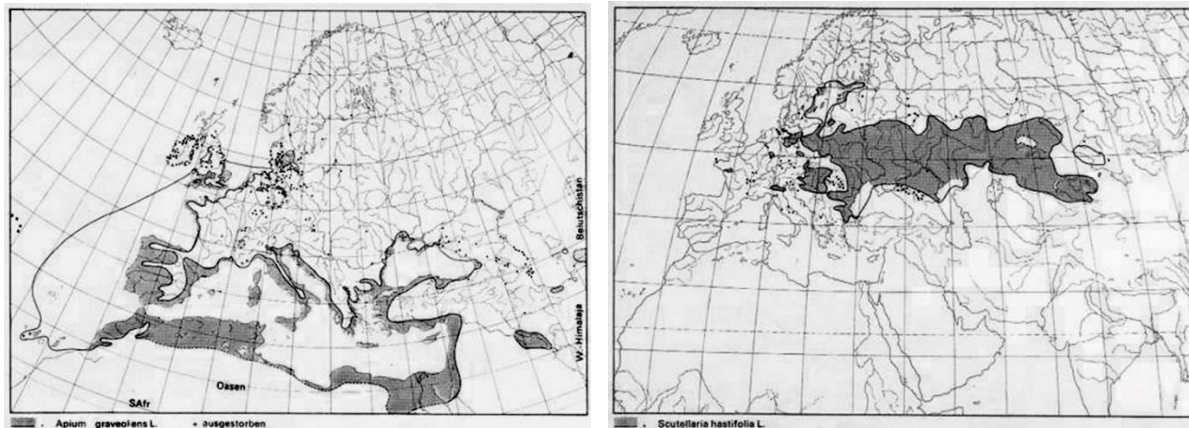


Abb. 1: Beispiele für Verbreitungskarten nach Meusel & al. (1978):
 Links: *Apium graveolens*, die von Ellenberg & al. (2001) die Kontinentalitätszahl 2 (ozeanisch) erhielt.
 Rechts: *Scutellaria hastatifolia*, die von Ellenberg & al. (2001) die Kontinentalitätszahl 6 (subkontinental) erhielt.

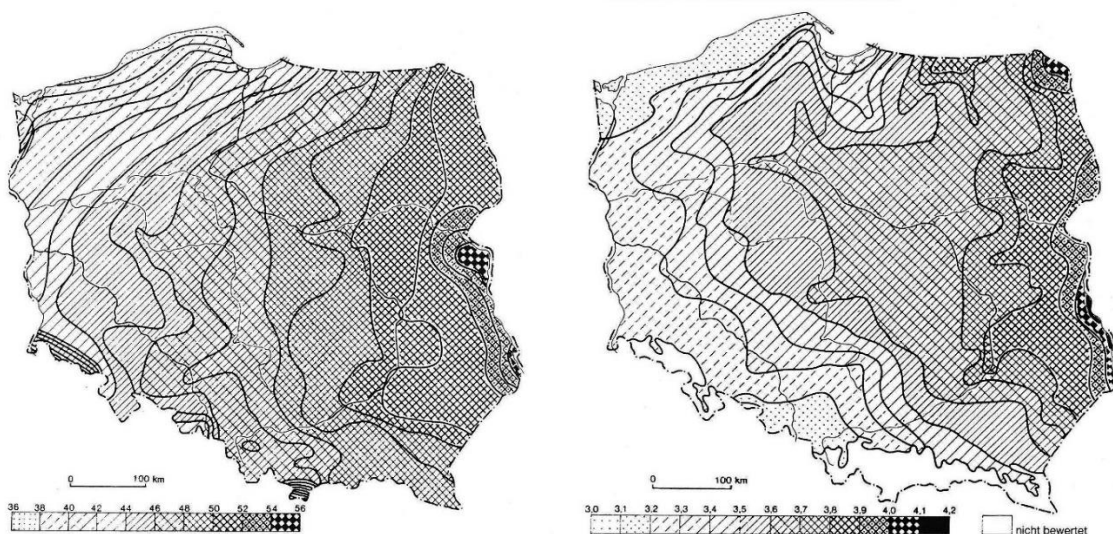


Abb. 2: Kontinentalitätsgefälle in Polen (nach Degorski 1984, s. Ellenberg & al. 2001: 41):
 links: Darstellung nach der in 130 meteorologischen Stationen gemessenen mittleren jährlichen Temperatur-Amplitude.
 rechts: Darstellung nach mittleren Kontinentalitätszahlen (Ellenberg 1974) aus über 1000 Vegetationsaufnahmen.

Als anschauliches Beispiel für die Tautologie der Zeigerwerte mag die Kontinentalitätszahl Ellenbergs und deren Anwendung dienen. Wie Ellenberg (2001) im Vorwort zur 3. Auflage der Zeigerwerte andeutet, sind die Zeigerwerte Ergebnis einer Mischung von Literaturlauswertung und „Einschätzungen durch den Autor, ... die sich wo irgend möglich an Messungen und/oder Verbreitungsangaben orientieren“ (Ellenberg & al. 2001: 9). Letztere haben besonders für die Ermittlung der Kontinentalitätszahl große Bedeutung. Ellenberg verweist hierzu auf Verbreitungsangaben bei Rothmaler, Meusel & Schubert (1972). Diese basieren unter anderem auf Verbreitungskarten, die Meusel seit 1937 immer wieder herausbrachte. Zwei Beispiele für solche Karten aus Meusel & al. (1978) sind hier exemplarisch abgebildet.

Der Kontinentalitätswert einer Art ist Ergebnis gesammelter Beobachtungen zur geographischen Verbreitung einer Art innerhalb des klimatisch bedingten Kontinentalitätsgefälles in Europa. Wenn solche chorologischen Untersuchungen Grundlage des Kontinentalitätswertes einer Art sind, dann müssen Zeigerwertanalysen der Vegetation entlang dieses Kontinentalitätsgradienten genau diese Verbreitung abbilden. Insofern verwundert es, wenn Ellenberg eine Untersuchung von Waldgesellschaften in Polen (Degorski 1984), die eben diese Parallelität von Temperatur-Amplitude (der entscheidende klimatische Faktor zur Ermittlung der Kontinentalität) und Zeigerwert darstellt, als „unerwartete Bestätigung“ (Ellenberg & al. 2001: 15) feiert. Sie ist methodisch schlicht zwingend; eben tautologisch. Die Kontinentalitätswerte zeigen nur das, was man ohnehin wusste.

Damit mögen die Zeigerwerte für Einsteiger und Fachfremde eine erste Orientierung bei der Standortkennzeichnung (Fischer 2003: 323) bieten, aber auch dieses nur in 'grober Näherung' (Dierssen 1990: 181). Bei pflanzensoziologischer Arbeitsweise können die Zeigerwerte dagegen nur Scheinergebnisse produzieren, sind aber inhaltlich völlig wertlos, weil sie keine neuen Einsichten eröffnen und auch nie die Trennschärfe einer lokalen floristisch-soziologischen Darstellung erreichen können (Hülbusch 1986).

Methodisch können die auf Geländebeobachtung basierenden Zeigerwerte daher allenfalls als eine andere (angeblich einfachere und scheinbar objektivere) Form der Gegenstandsbeschreibung aufgefasst werden. Eine Erklärung können sie ohne weitere Interpretation jedoch nicht liefern.

Weil beim Rechnen mit den Zeigerwerten nur das herauskommen kann, was man vorher hineingesteckt hat, ist ein wissenschaftlicher Nutzen der Werte nicht vorhanden. Viel wichtiger scheint dagegen ein anderer Effekt der Zeigerwerte. Sie sind ein geeignetes Vehikel, um der primär beobachtenden und deutenden Vegetationskunde endlich einen naturwissenschaftlichen Anstrich zu verpassen. Präsentationswürdige und vor allem verkaufbare Ergebnisse sind in Form scheinbar exakter und vor allem 'objektiver' Zahlen viel leichter und vor

allem glaubhafter zu präsentieren als erörternde Abhandlungen, interpretierende Analysen oder deutende Annäherungen. Diesen wird stets der Makel der 'Subjektivität', des Ungefähren und nicht Beweisbaren angehängt. Diesem vermeintlichen 'Mangel' haben viele Geistes- oder Humanwissenschaften mit verdinglichter Wahrnehmung und positivistischen Rezepten beizukommen versucht (für die Soziologie s. z. B. Weber 1904, Berger & Kellner 1984, für die Geschichte Ginzburg 1983, Febvre 1988, für die Ethnologie Levi-Strauss 1973, für die Geographie Hard 1979, 1995 oder allgemein Ullrich 1979, Ravetz 1973). Es ist also kein Zufall, wenn Ellenberg von einer 'kausalen Vegetationskunde' träumte, die am besten auf dem Weg der 'experimentellen Soziologie' und damit verbundenen exakten Messungen erreicht werden sollte.

„Meist sucht man der Antwort durch vergleichende Beobachtungen näherzukommen. Exakter ist die Messung einzelner Standortfaktoren, die man als entscheidend ansieht“ (Ellenberg 1960: 109).

Der klassischen Pflanzensoziologie (Vegetationssystematik) wirft er dagegen vor, über „keine objektiven, wissenschaftlich beweisbaren Kriterien“ zu verfügen. Stattdessen spiele „also das subjektive Ermessen, die Erfahrung und die 'Kunst' des Bearbeiters eine wesentliche Rolle“ (Ellenberg 1954: 137). Daher präferiert er angeblich objektiv ermittelte und nachprüfbar sogenannte ökologische Artengruppen. Denn diese hätten „den sehr schätzbaren Vorteil, daß sie nach ihrer Aufstellung kaum oder gar nicht mehr geändert werden müssen“ (Ellenberg 1954: 140). Ellenberg ist also in klassisch naturwissenschaftlicher Manier auf der Suche nach unumstößlicher Wahrheit und immer gültigen Gesetzen. Diese Bestrebungen gab es in der Vegetationskunde bzw. der Vegetationsökologie schon sehr lange (neben Ellenberg seine hier z. B. Knapp und Glavac genannt) und sie konnten sich in der ab 1970 beginnenden 'Ära der Ökologie' (Radkau 2011) und besonders nach dem Tod von Braun-Blanquet und Tüxen im Jahr 1980 uneingeschränkt durchsetzen. So konstruiert z. B. Wiegand (1986: 374) eine 'schwere Krise der Vegetationskunde', die von der „scientific community der Botanik (spezielle Physiologen, Biochemiker, Genetiker) ... nicht ohne Häme“ betrachtet würde und sieht die Lösung vor allem in der 'Methodenvielfalt' und der verstärkten Anwendung neuer 'computerorientierter Methoden' und 'statistischen Operationen'. Seitdem wird verstärkt, gemessen, gewogen, gezählt und vor allem gerechnet, ja sogar modelliert⁵. Letztlich wurde sogar versucht, die Vegetationssystematik vollständig vom alten indizienkundlichen Ballast zu befreien und zu einer 'konsistenten Methodik' aufzumöbeln (Dengler 2003). Alle diese Verfahren bedienen sich vor allem der Macht der Zahl, was Ginzburg (1983) als die 'schreckliche Waffe der Abstraktion' bezeichnete (s. auch Hülbusch 1988).

⁵ In der seit 1981 erscheinenden Zeitschrift *Tuexenia* ist die Metamorphose von der Pflanzensoziologie und Vegetationskunde hin zur positivistischen Vegetationsökologie sehr schön nachvollziehbar. Inzwischen werden klassische pflanzensoziologische Arbeiten wegen 'methodischer Mängel' und eines „recht speziellen Fokus, der sich von den aktuell vorherrschenden, mehr auf allgemeine und funktionelle Aspekte ausgerichteten Ansätzen unterscheidet“ (Becker in einer Mail von Heinken vom 29.6.17 an Bernd Gehlken) gar nicht mehr angenommen.

In seinen späten Arbeiten hat Tüxen sich noch skeptisch gegenüber den durch die aufkommende Computertechnologie erweiterten Berechnungsmöglichkeiten geäußert. Sie würden vor allem schon bekannte Ergebnisse nachvollziehen, „schnell schematische Rechnungen [durchführen, d. V.], von denen viele gewiß überflüssig sind“ und es wäre doch „merkwürdig zu glauben, angeblich subjektiv im Gelände ausgewählte Aufnahmen durch den Computer objektiv auswerten zu können“ (Tüxen 1974: 26). Genau dieser Widerspruch steckt auch in den Zeigerwerten, deren fixe und scheinbar 'harte' Zahl ja nur in Ausnahmefällen auf exakten Messungen, sondern vor allem auf 'weichen' Geländebeobachtungen beruht. Eine Tatsache, die die fleißigen Rechner nur allzu gern ausblenden und verschweigen.

Hülbusch (1986) macht gut zehn Jahre später noch auf einen anderen Aspekt der Rechnerei aufmerksam:

„Die normative Berechnung von den 'Durchschnittswerten' verschüttet dagegen alle Kenntnisse und lenkt gleichzeitig vom Ort und seiner konkreten Geschichte ab. ... [Sie d. V.] schaltet bewußt und positivistisch den Ort, die Lesbarkeit und die sozial-ökonomischen wie sozio-kulturellen Bedingungen aus; sie verschafft auch professionell bevormundende Kompetenzen, die den Erfolg solcher Rechnereien begründen. Sie entlastet die Beweisnot der angereisten Profis, weil die Ergebnisse nicht mehr gesprächs- und diskussionsfähig sind, mit den Kenntnissen und Erfahrungen vor Ort keinen praktischen und aufklärerischen (reflexiven) Zusammenhang haben“ (Hülbusch 1986: 69).

Die Marktfähigkeit der Rechenverfahren und deren Funktion bei der Herstellung eines unantastbaren und zugleich selbstentlastenden Expertenstatus (Illich 1979) dürften diesen Weg so attraktiv gemacht haben.

Kausale Vegetationskunde?

Methodisch sind die Zeigerwerte untrennbar mit Ellenbergs Gesamtkonzept einer 'kausalen Vegetationskunde' (z. B. Ellenberg 1954) verbunden. Neben der Beschreibung und systematischen Ordnung der Vegetation müssten „auch kausale Probleme erörtert werden. (...) Insbesondere bleibt die Frage, warum gerade diese und keine anderen Pflanzenarten zu den untersuchten Beständen zusammentreten“. (Ellenberg 1954: 199). An die Formulierung dieser fiktiven⁶ Frage knüpft Ellenberg die Überzeugung, dass diese „mit ökologischen Untersuchungen am Wuchsort, so exakt sie an sich sein mögen, nicht sicher beantwortet“ (Ellenberg 1954: 199) werden könne weil der 'Komplex der Beziehungen' nicht zu entwirren sei.

„Hier können nur Experimente weiterhelfen, mit denen wir übersehbare Teilzusammenhänge herausgreifen. ... So können wir schrittweise die Ursachen aufdecken, warum sie in bestimmten Gesellschaften und auf bestimmten Standorten hervortreten“ (Ellenberg 1954: 200).

Tüxen (1955b) hält genau diesen Ansatz für verfehlt, weil hier mit 'willkürlichen Konstruktionen' aber nicht mit 'echten Pflanzengesellschaften' (Tüxen 1955b:

⁶ Die Frage ist fiktiv, weil sie etwas ergründen will, was es gar nicht gibt. Man kann sinnvoll nur danach fragen, warum eine Art vorhanden ist, nicht danach ob und warum nicht auch eine andere da sein könnte.

385) geforscht wird und die Ergebnisse daher nicht auf die reale Vegetation übertragbar sind. Und generell bezweifelt er den praktischen Nutzen solcher eher aus 'wissenschaftlichen Erkenntnisgründen' erforschten Wirkzusammenhänge. Meist reiche es zu wissen, welches Ereignis (Überflutung, Mahd, Beweidung, ...) 'zu dieser oder jener Veränderung der Vegetation führt' ohne dass es wichtig wäre, die wirksamen Faktoren genau zu kennen.

Und selbst wenn es gelänge, eindeutige Zusammenhänge zu ergründen, wie es Ellenberg z. B. mit dem Hohenheimer Grundasserversuch (Ellenberg 1952c) vorführte⁷, bleibt die Frage, ob diese für die Vegetationsausstattung tatsächlich kausal sind. Möglicherweise handelt es sich auch nur um Koinzidenzen bzw. Korrelationen und die wirkliche Ursache liegt ganz woanders. Doch genau auf die Kausalität ökologischer Faktoren hat es Ellenberg – trotz aller Warnungen zum pfleglichen Umgang mit den Zeigerwerten – abgesehen und in dieser Weise werden sie auch gelehrt⁸ und in der Praxis genutzt. Mit der Berechnung der Werte wird die Vegetation nicht mehr nur beschrieben, sondern man meint, in den Werten auch gleich die Ursachen für die Vegetationsausstattung zu erkennen. Eine Interpretation der Befunde ist dann meist gar nicht mehr nötig oder kann auf ebenfalls standardisierte Wiese erfolgen. An einem kleinen Beispiel kann das erläutert werden:

In der schon eingangs zitierten Arbeit von Dittmann, Heinken & Schmidt (2018) wurden etwa 60 Jahre nach einer Untersuchung durch Passarge einige Waldgesellschaften im Fläming erneut aufgenommen. Anschließend wurden alte wie neue Aufnahmen statistisch analysiert, um die 'Treiber als Gründe für die Vegetationsveränderung' (Dittmann, Heinken & Schmidt 2018: 35) zu identifizieren, also nach den Ursachen zu suchen. Dabei zeigte sich z. B. in den untersuchten Kiefernforsten neben einer sehr deutlichen Zunahme der Zeigerwerte für Feuchtigkeit und Reaktion auch ein drastischer Anstieg der Stickstoffzahl in den Beständen. Da nicht anzunehmen ist, dass die Bestände gedüngt wurden, wird das Verschwinden von Magerkeitszeigern in den Kiefernforsten den „anthropogene[n] Stickstoffeinträge[n] über die Atmosphäre bzw. das Grundwasser“ (Dittmann, Heinken & Schmidt 2018: 35) angelastet (warum die Bestände scheinbar auch feuchter und weniger sauer geworden sind, obwohl sie weder bewässert noch gekalkt wurden, erklären die Autoren nicht⁹).

⁷ Wozu Tüxen (1955b: 385) nur lapidar anmerkte: „Der Befund ELLENBERGS ... ist für den erfahrenen Soziologen so wenig neu, dass er kaum begreift, warum diese Versuche überhaupt angestellt wurden“.

⁸ Interessanterweise mahnen die klassischen Lehrbücher (Schmithüsen 1968, Reichelt & Wilmanns 1973, Dierssen 1990, Glavac 1996, Wilmanns 1993, Dierschke 1994, Fischer 2003, Tremp 2005) - oft unter Verweis auf das Gesetz der relativen Standortkonstanz (Walter & Walter 1953), wonach einzelne Standortfaktoren austauschbar bzw. voneinander abhängig sein können – zu einem wesentlich zurück haltenderen Umgang mit den Werten als man es in Gutachten und Publikationen erleben kann.

⁹ Es wurde bereits häufiger beobachtet, dass auf die Änderung eines Umweltfaktors nicht nur der dazu 'passende' Zeigerwert reagiert, sondern oft auch noch weitere. So stiegen in einem Düngeexperiment (Chytrý & al. 2009) mit den Düngegaben nicht nur die Stickstoffwerte, sondern unerwartet – und entgegen den gemessenen Werten – auch die Kalk-Werte

Etwa zeitgleich kommt eine andere Untersuchung (Gehlken & al. 2016) ebenfalls im Fläming zu einem ähnlichen Befund. Die ehemals flechten- und heidereichen Kieferngesellschaften sind auch hier verschwunden und haben reichen Reitgras-Kiefernforsten Platz gemacht. Ein Ergebnis, zu dem die Autoren ohne Zeigerwertberechnung, sondern nur über den Weg von Abbildung und Vergleich gelangten. Den Grund dafür sehen die Autoren in der Bestandsgeschichte. Stand die erste Kieferngeneration nach Heideaufforstung noch auf offenen, humusarmen Sanden, so hat sich im Laufe der Jahrzehnte (begünstigt durch die Aufgabe der Plaggennutzung¹⁰) eine beträchtliche Rohhumusauflage gebildet, die auch anspruchsvolleren Pflanzen eine Ansiedlung erlaubt und damit zu einer starken Vegetationsveränderung geführt hat. Zum Beleg für diese These werden neben dem Vergleich älterer und neuer Aufnahmen auch historische Untersuchungen seit den 1920er Jahren angeführt (Gehlken & al. 2016: 175ff).

Hieb- und stichfest beweisen lassen sich beide Thesen nicht. Darum soll es hier auch nicht gehen. Es soll lediglich gezeigt werden, dass die Zeigerwerte den Befund bestenfalls auf andere Art und Weise abbilden, aber keine kausale Erklärung liefern können. Dazu ist immer eine Interpretation notwendig. Die Suche nach Ursachen muss bzw. darf dabei nicht unbedingt im engeren Umfeld der Ökologie erfolgen. Bei den durchweg anthropogen bedingten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas sind historische, ökonomische, politische oder soziale Aspekte meist viel wichtiger. Trotzdem verharrt die Vegetationsökologie weitgehend auf einer positivistischen und/oder naturdeterministischen Sichtweise. An dieser verengten Perspektive hat Ellenberg mit seinem Anspruch auf 'kausale Vegetationskunde' beträchtlichen Anteil. Dass die Suche nach Ursachen von Anfang an auf ökologische Faktoren fokussiert war, erkennt man z. B. daran, dass Ellenbergs Klassiker 'Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen' in der ersten Auflage von 1963 noch den Untertitel 'in kausaler, dynamischer und historischer Sicht' trägt, in den späteren Auflagen (ab 1978) der Begriff 'kausal' aber durch 'ökologisch' ersetzt wurde (auch schon Ellenberg 1968).

Fokus auf Ökologie

Ein weiterer und entscheidender Grund der fehlenden Relevanz der Ellenberg-Zeigerwerte ist genau diese Beschränkung auf ökologische Parameter. Schon Wiegleb (1986: 369) gab zu bedenken, dass „die Analyse von ... vegetations-

und darüber hinaus völlig 'unverdient' auch die Werte für Kontinentalität und Wasserversorgung. Diese Befunde nötigten die Autoren zu einer eindringlichen Warnung: „Based on the results, we acknowledge that EVIs [Ellenberg indicator values; d. V.] will remain a useful tool for a simple and rough assesment of site quality, but they must be interpreted with caution because of a number of potential pitfalls (Chytry & al. 2009: 174).

¹⁰ Es sei hier der Gerechtigkeit halber noch erwähnt, dass auch Dittmann, Heinken & Schmidt (2018) die 'veränderte Waldnutzung' als 'Treiber' der Veränderung erwähnen. Diese hätte aber nur „zum Rückgang von lichtbedürftigen Wald- und Offenlandarten“ (Dittmann Heinken & Schmidt 2018: 35) geführt.

kundlichen Daten in Hinsicht auf ökologische Hypothesenbildung ... nur so lange sinnvoll [ist d. V.], wie man die Wirkung der aktuellen, meßbaren Standortfaktoren auf die Vegetation für dominant hält“. Auch wenn die Dominanz ökologischer Faktoren (nur diese sind 'objektiv' messbar) von den Protagonisten der 'kausalen Vegetationskunde' (z. B. Ellenberg 1950b, 1954, 1957, 1960 und Knapp 1954) nicht explizit formuliert wurde, so wird sie doch stillschweigend angenommen, indem anthropogene oder gar historische Größen nicht beachtet wurden. Eindrucksvoll wird das z. B. in der 'Experimentellen Soziologie' von Knapp sichtbar. In der ersten Auflage von 1954 werden vor allem abiotische ökologische Faktoren wie Wasser, Nährstoffe, Licht und Wärme behandelt und unter den biotischen Faktoren vor allem die Konkurrenz. Auf ganzen drei (von 202) Seiten wird indirekt und experimentell die Nutzung am Beispiel der Grünlandgesellschaften angerissen. Allerdings tritt diese, obwohl sie die eigentliche Ursache für die Existenz von Grünlandgesellschaften ist, hier recht verklausuliert unter dem Titel 'Beschädigung der Pflanzendecke' auf. Ein für den gewählten Gegenstand entscheidendes ökonomisches und soziales Phänomen wird also nahezu vollständig ausgeklammert und tritt allenfalls in verdinglichter Form als Faktor 'Beschädigung' auf. Nicht zufällig werden Mahd und Beweidung auch heute noch in vielen ökologisch ambitionierten Betrachtungen als 'Störung' oder 'Eingriff' titulierte. Immerhin scheint den Grünlandexperten irgendwann gedämert zu haben, dass allein über ökologische Parameter keine sinnvolle Betrachtung der Grünlandvegetation möglich ist. Deshalb führten Briemle, Nitsche & Nitsche (2002) in Ergänzung zu Ellenbergs ökologischen Zeigerwerten noch Nutzungswerte (Mahd- bzw. Weideverträglichkeit) für Grünlandarten auf. An der verdinglichten Wahrnehmung der Bewirtschaftung als einer von mehreren Standortfaktoren änderte das freilich nichts.

Auch mit dieser 'Nachbesserung' für das Grünland bleibt doch der Aussagewert ökologischer Zeigerwerte für eine Vegetationsanalyse sehr begrenzt, denn für die mitteleuropäische Vegetation sind anthropogene (aktuelle wie auch historische) Aspekte meist viel prägender als ökologische. Die Fokussierung der Betrachtung auf die Ökologie führt damit oft auf eine falsche Fährte, liefert im Ergebnis ein falsches Verständnis und befördert somit falsche Rezepte. Das Scheitern vieler Naturschutzbemühungen ist unter anderem auf dem Mist der Zeigerwerte gewachsen, die exemplarisch für die inzwischen vorherrschende reduktionistische wie naturdeterministische Wissenschaftstradition stehen. Die Erklärung für das Phänomen Vegetation liegt nämlich, wie es schon Berger (1993) für Kunstwerke postulierte, 'nicht tiefer, sondern ganz woanders'.

Wenn die Vegetation angemessen verstanden werden soll, dann muss sich die Vegetationskunde auch bzw. sogar primär in ganz anderen Wissensgebieten als in den Naturwissenschaften umsehen. Diese Möglichkeit hätte in der Zeit, als Ellenberg seine Zeigerwerte verkündete, durchaus auch bestanden.

„In dem Moment jedoch, wo die vegetationskundliche Arbeit der Akt der Interpretation, die Führung bei der Formulierung neuer Einsichten hätte übernehmen kön-

nen, sind die Pflanzensoziologen zur Ökologie und damit zum gesicherten öffentlichen Prestige getürmt. Genau zu diesem Zeitpunkt, an dem die Pflanzensoziologie den langen und mühsamen Weg der Gegenstandabbildung weitgehend abgeschlossen hatte, um von hier i.w.S. die soziale Interpretation und Kontextualisierung der 'Naturausstattung', die qua Grundannahme unterstellte Ökonomie der Pflanzengesellschaften auch zu bearbeiten, was anspruchsvolle und intellektuell lohnende Einsichten erforderte (und gezeitigt hätte), entdeckten die Pflanzensoziologen, daß sie eigentlich doch Biologen und Naturwissenschaftler und keine Humanwissenschaftler waren“ (Hülbusch 1994: III).

In ähnlicher Weise macht auch Hard (1995) zwei Perspektiven in der Vegetationskunde aus: Die ökologische und die sozialökologische. Am Beispiel der städtischen Ruderalvegetation und besonders der Mäusegerstenfluren erläutert er ausführlich die Folgen einer Fokussierung auf die ökologische Perspektive.

„Außerdem lassen die ökologischen Angaben gerade das Entscheidende aus: ... die zugehörigen Pflegemaßnahmen und Pflegeroutinen“ (Hard 1995: 31).

Ursprünglich waren beide Sichtweisen in der Vegetationskunde Braun-Blanquets und Tüxens explizit angelegt.

„Das Erkennen dieses Wesens der Pflanzengesellschaft verlangt vielmehr ein besonderes und tiefes Nachdenken, das von der beobachtenden und messenden Beschreibung der Pflanzengesellschaften oder der analytischen Aufklärung ihrer Lebensbedingungen und deren Wirkung oder ihrer Verwertung zu irgendeinem Zweck durchaus verschieden ist“ (Tüxen 1961: 64).

In ähnlicher Weise spricht z. B. Schmithüsen (1968) vom 'geistigen Plan', der zur vollständigen Erfassung einer Kulturlandschaft ebenso gehöre wie 'das Ökologische'. Tüxen (1974) sieht neben der eingehenden Beobachtung und Analyse auch die 'Denkarbeit' und das 'Verständnis' als notwendige Bestandteile vegetationskundlicher Arbeit und zitiert in diesem Zusammenhang ausführlich des Soziologen Max Weber (1919).

Es dürfte auch für heutige Vegetationskundler lehrreich und vergnüglich sein, sich auf diese Tradition zu besinnen und den ökologistischen Hokuspokus durch eine sozial'ökologische' Interpretation im Sinne Hards (1995) zu ergänzen oder zu ersetzen. Der 'Lohn' dafür könnten tatsächlich 'wichtige Einsichten' (i. s von Ginzburg 1988) sein.

Sinnentleerter mathematischer Formalismus

Trotz unübersehbarer methodischer Mängel ('relative Standortkonstanz', Herauslösung der Arten aus dem soziologischen Kontext) und damit vieler im Detail unzutreffender Angaben (z. B. Radula & al. 2018, Schaffers & Sykora 2000, Szymura & al. 2014) sind die mit den Zeigerwerten insgesamt transportierten groben Standortpräferenzen der Arten nicht völlig falsch. Denn immerhin basieren sie auf umfangreichen Beobachtungen zu Vorkommen und Verbreitung der Arten. Mit entsprechender 'Vorwarnung' und Einschränkung mögen die Zeigerwerte daher für StudentInnen in niedrigen Semestern eine grobe Orientierungshilfe bei der 'Einordnung' einzelner Pflanzen darstellen. Vorzuziehen wäre dazu allerdings das Nachschlagen z. B. in Oberdorfers 'Pflanzensoziologi-

scher Exkursionsflora', wo zu jeder Art recht umfangreiche Standortbeschreibungen zu finden sind. Hier sind die Einschätzungen nicht in eine fixe Zahl gegossen, womit das Ungefähre der Angaben erhalten bleibt.

Mag man also bei der ersten Annäherung an die unbekannte Vegetation noch einen gewissen Orientierungsnutzen der Zeigerwerte erkennen¹¹, so ist deren Anwendung in der Vegetationskunde inhaltlich völlig unnötig. Die Zeigerwerte können hier bestenfalls zeigen, was man ohnehin weiß und stellen lediglich eine abstraktere Form der Beschreibung dar, die aber nicht zu neuen Einsichten führt. Die Zeigerwerte dienen hier vor allem der Beeindruckung des Publikums oder der Selbstbeschäftigung der Autoren, liefern aber keinen Beitrag zum besseren Verständnis der Vegetation und schon gar nicht zur Ursachenforschung. Stattdessen befördern sie die Fokussierung auf eine rein ökologische Betrachtung der Vegetation und führen so regelmäßig in reduktionistische Sackgassen oder Endlosschleifen der Selbstvergewisserung. Inhaltlich ist die Rechnerei dagegen völlig sinnlos. Das fällt nicht weiter auf, weil die Zeigerwertberechnung zu einem abstrakten Standard erstarrt ist, der seiner eigenen Logik (ökologische Kausalanalyse) folgt und sich nicht mehr am Gegenstand bewähren muss. Es verkehren sich Mittel und Zweck.

„Methoden [Verfahren d. Verf.] sind der Idee nach Mittel, Werkzeuge zum Zwecke der Forschung. Wenn aber als wissenschaftlich nur gelten darf, was vorher durch das Purgatorium einer methodischen Zulässigkeitsprüfung gelaufen ist, wird die Methode zum Selbstzweck. Theodor W. Adorno ... hat deswegen vor der Gefahr gewarnt, dass sich Methoden zum Fetisch verselbständigen“ (Herborth 2011: 140).

Das ist zwar ärgerlich wäre aber noch harmlos, wenn nicht mit den Zahlen auch deren 'heimlicher Lehrplan' (Gronemeyer 2018: 124) bzw. ihre 'Forschungslogik' (Herborth 2011: 141) transportiert und verbreitet würde. Der Wechsel von einer qualitativen zu einer quantitativen Betrachtung bedeutet eben nicht bloß die Veränderung eines Verfahrens, sondern manifestiert den Übertritt in eine neue Ära.

„Wir lassen eine Welt hinter uns, die *erzählt* werden musste, und betreten eine Welt, die *gezählt* wird“ (Herborth 2011: 131, Herv. im Org.).

Marquardt (1986: 107) spricht in diesem Zusammenhang von einer „Schönheitsoperation, die aus den Geisteswissenschaften das Erzählen (also die Geisteswissenschaften) amputiert“. Und genau das ist alles andere als harmlos, sondern befördert eine technokratische Weltsicht, in der nur die (natur-)wissenschaftliche Eindeutigkeit gilt und die alle Menschen ihrer Erfahrung und ihres Wissens enteignet.

„Zahlen leiten sich aus anderen Zahlen her und produzieren weitere Zahlen. Sie sind gleich gültig für alle und gleichgültig gegen jeden. Sie lassen sich beliebig

¹¹ Das gilt in ganz ähnlicher Weise auch für die sogenannten 'ökologischen Gruppen von Waldbodenpflanzen', die nach einigen Vorläufern (z. B. Hartmann 1953, Scamoni & Passarge 1959) vor allem auf Ellenberg (1963: 82 ff) zurückgehen und z. B. bei Hofmeister (1983) einen breiten Raum einnehmen sowie zum Standardrepertoire in der forstlichen Standortkartierung gehören (Arbeitskreis Standortkartierung 1996, Ewald 2007).

miteinander kombinieren. Messergebnisse können zu Standards verarbeitet werden, Wahrscheinlichkeiten zu Prognosen, Statistiken zu Risikofaktoren, Mengen zu Grenzwerten und Häufigkeiten zu Durchschnitten, Durchschnitte zu weiteren Standards und so weiter: Punktsysteme machen Haltungen, Verhalten, Gefühle, Leistungen und Vorleistungen bewertbar, und Preise machen sie bezahlbar. Skalen und Rankings machen alles mit allem und alle mit allen vergleichbar und beliebiger Sortierung und Aussortierung möglich. Die Zukunft wird aus Zahlen gemacht, ohne dass auch nur der Schatten des wirklichen Lebens dabei eine Rolle spielen müsste“ (Gronemeyer 2018: 131).

Der Wunsch bzw. die Forderung nach Eindeutigkeit, Objektivität und Verlässlichkeit beherrscht die moderne Wissenschaftstheorie und hat die Verwendung und Akzeptanz von Zahlen in fast allen Wissenschaftsbereichen befördert (dazu z. B. auch Horkheimer & Adorno 1969). Er dürfte auch bei der Entwicklung der Zeigerwerte Pate gestanden haben, um endlich das „wissenschaftliche Soll der Eindeutigkeit“ (Marquardt 1986: 108) auch in der Vegetationskunde einzuführen. Von vielen Ökologen wurde das als Fortschritt gefeiert und die Zeigerwerte wurden begierig aufgegriffen. Wer darin nur eine Bereicherung der Vegetationskunde durch ein weiteres ('moderneres') Instrument sieht, verkennt aber den wesentlichen Unterschied zwischen der alten indizienkundlichen Vegetationskunde und der modernen Vegetationsökologie.

„Eindeutigkeit (...) ist in interpretierenden Geisteswissenschaften kein Ideal, das nicht erreicht wird, sondern eine Gefahr, der es zu entkommen gilt“ (Marquardt 1986: 108).

Das gilt umso mehr, wenn diese angebliche Eindeutigkeit dann auch noch eine billige Vortäuschung ist¹².

Es sollte deutlich geworden sein, dass sich die hier umrissene Kritik an den Zeigerwerten nicht allein gegen deren quantitative Ausrichtung wendet. Zwar scheinen in der Vegetationskunde meist qualitative (deutende, interpretierende) Verfahren ertragreicher, aber diese sind deshalb nicht per se und nicht in jedem Fall die allein selig machenden. Es geht hier nicht um die prinzipielle Einengung der brauchbaren Verfahren auf qualitative und im Gegenzug die generelle Ver-

¹² Inzwischen hat die Mathematisierung in der Vegetationsökologie Ausmaße angenommen, vor deren Hintergrund die Zeigerwerte von Ellenberg geradezu harmlos bzw. seriös erscheinen. Vegetationsdaten sind nicht nur Grundlage diverser statistischer Auswertungen zur angeblich exakten Analyse, sondern oft auch Basis für die sogenannte Ökosystemmodellierung. Diese gibt vor, zukünftige Entwicklungen prognostizieren zu können. Entscheidend dafür ist (der eigenen Logik dieser Idee folgend) der Umfang und die Qualität der eingesetzten Daten. Es ist bekannt, dass schon kleine Ungenauigkeiten bzw. Änderungen der Anfangsdaten große Auswirkungen für die weiteren Berechnungen haben können (Stichwort Schmetterlingseffekt). Daher kann man schon unter optimalen Bedingungen davon ausgehen, dass solche Entwicklungsprognosen bestenfalls die Qualität einer Wettervorhersage oder den stets von der Wirklichkeit überholten Prognosen der Wirtschaftswiesen haben können. Wenn die zugrunde gelegten Daten gar die zweifelhafte Qualität der Zeigerwerte haben, dann dürften alle Berechnungen eher noch einem schlichten Würfelspiel gleichen. Dennoch genießen diese Verfahren in Wissenschaft und Öffentlichkeit ein großes Ansehen, das sie allerdings mehr der durch allgegenwärtige Propaganda erzeugten Wissenschaftsgläubigkeit als plausiblen oder belastbaren Ergebnissen zu verdanken haben.

teufung quantitativer Arbeitsweisen. Vielmehr geht es um die Frage der Angemessenheit verschiedener Verfahren zur Erreichung des Zieles, das mit der Vegetationskunde verfolgt werden soll. Das Ziel ist – ganz allgemein gesagt – das Verständnis der Vegetation. Alle in Pflanzensoziologie und Vegetationskunde verwendeten Verfahren und Methoden sind daran zu messen, wie viel sie zu diesem Verständnis beizutragen haben¹³. Sie sind also nur Mittel zum Zweck. Und da fällt die Bilanz der Zeigerwerte aus einigen bereits genannten Gründen (Verwechslung von Korrelation und Kausalität, Verengung auf Ökologie, Ausblenden der Nutzung und Geschichte) sehr dünn aus. Die Möglichkeit der deutenden Vegetationskunde sind dagegen bei weitem noch nicht erschöpft.

Literatur

- Arbeitskreis Standortkartierung 1996⁵: Forstliche Standortaufnahme. Eching.
- Berger, John 1993: Eine Geschichte für Äsop. Ders.: Begegnungen und Abschiede: 53-83, München, Wien.
- Berger, Peter L. & Kellner, Hansfried 1984: Für eine neue Soziologie. Ein Essay über Methode und Profession 163 S., Frankfurt/M.
- Böcker, Reinhard, Ingo Kowarik & Reinhard Bornkamm 1983: Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. *Verh. Ges. f. Ökol.* 11: 35-56.
- Böhling, Nils 1995: Zeigerwerte der Phanerogamen-Flora von Naxos (Griechenland). Ein Beitrag zur ökologischen Kennzeichnung der mediterranen Pflanzenwelt. *Stuttg. Beitr. Naturk. Ser. A.* 553: 1-75.
- Bohner, Andreas 2015: Zur Bedeutung von Zeigerpflanzen im Grünland. 20. Alpenländer Expertenforum 2015: 39-44.
- Braun-Blanquet, Josias 1964: Pflanzensoziologie, 865 S., Wien, New York.
- Briemle, Gottfried, Sieglinde Nitsche & Lothar Nitsche 2002: Nutzungszahlen. *Schriftenr. f. Vegetationskd.* 38: 203-225.
- Chytry, Milan, Michael Hejman, Stephan M. Hennekens & Jürgen Schellberg 2009: Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* 12: 167-176.
- Degorski, Marek J. 1984: Porównanie stopnia kontynentalizmu w Polsce określonego metodami klimatologiczną i bioindykacyjną. *Przegląd Geograficzny* 56(3/4): 57-75.
- Dengler, Jürgen 2003: Entwicklung und Bewertung neuer Ansätze in der Pflanzensoziologie unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationsklassifikation. *Arch. Naturwiss. Diss.* 14, 297 S., Nümbrecht.
- Diekmann, Martin 2003: Species indicator values as an important tool in applied plant ecology a review. *Basic and Applied Ecology* 4: 493-506.
- Dierschke, Hartmut 1994: Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methode, 683 S., Stuttgart.
- Dierssen, Klaus 1990: Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde), 241 S., Darmstadt.
- Dittmann, Thea, Thilo Heinken & Marcus Schmidt 2018: Die Wälder von Magdeburgerforth (Fläming, Sachsen-Anhalt) – eine Wiederholungsuntersuchung nach sechs Jahrzehnten. *Tuexenia* 38: 11-42.
- Durwen, Karl-Josef. 1982: Zur Nutzung von Zeigerwerten und artspezifischen Merkmalen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas für Zwecke der Landschaftsökologie und -planung mit Hilfe der EDV-Voraussetzungen, Instrumentarien, Methoden und Möglichkeiten. *Arbeitsberichte des Lehrstuhls Landschaftsökologie Münster* 5. 138 S., Münster.

¹³ Herbroth spricht in diesem Kontext von einer rekonstruktionslogischen Position, die „sich der Trennung von Gegenstand und Methode verweigert“ (Herbroth 2011: 138). Dem steht eine subsumtionslogische Position gegenüber, in der „die Methode und Methodologie von der Sache (ge)trennt (wird und) selbst einen abstrakten Standard postuliert“ (Herbroth 2011: 138), wobei der Weg zum entleerten Methodenfetisch oft nur kurz ist.

- Dzwonko, Zbigniew 2001: Assessment of light and soil conditions in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values. *Journal of Applied Ecology* 38: 942-951.
- Ellenberg, Heinz 1950a: Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. *Landwirtschaftl. Pflanzensoziologie* 1, 141 S., Stuttgart.
- Ellenberg, Heinz 1950b: Kausale Pflanzensoziologie auf physiologischer Grundlage. *Ber. d. Dt. Bot. Gesell.* 63: 24-31.
- Ellenberg, Heinz 1952a: Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. *Landwirtschaftl. Pflanzensoziologie* 2: 143 S., Stuttgart.
- Ellenberg, Heinz 1952b: Auswirkungen der Grundwassersenkung auf die Wiesengesellschaften am Seitenkanal westlich Braunschweig. *Angew. Pflanzensoz* 6: 1-46, Stolzenau/Weser.
- Ellenberg, Heinz 1952c: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber. Deut. Bot. Ges.* 65: 350-361.
- Ellenberg, Heinz 1954: Zur Entwicklung der Vegetationssystematik in Mitteleuropa. *Angew. Pflanzensoz.* 1: 134-143, Wien
- Ellenberg, Heinz 1957: Neuere Forschungsrichtungen in der Vegetationskunde. *Ber. Dt. Bot. Ges* 70: 51-56.
- Ellenberg, Heinz 1960: Kausale Vegetationskunde: Probleme und Ergebnisse. *Verh. Schweiz. Naturforsch. Gesell.* 140: 109-110.
- Ellenberg, Heinz 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht, 943 S., Stuttgart.
- Ellenberg, Heinz 1968: Wege der Geobotanik zum Verständnis der Pflanzendecke. *Die Naturwissenschaften* 55(10): 462-470.
- Ellenberg, Heinz 1974 (zitiert nach 1979²): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobot.* 9., 106 S.
- Ellenberg, Heinz 1996⁵: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht, 1095 S., Stuttgart.
- Ellenberg, Heinz, Heinrich E. Weber, Rubrecht Düll, Volkmar Wirth & Willy Werner 2001³: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 262 S.
- Englich, Thorsten & Gerhard Karrer 2001: Zeigerwertsysteme in der Vegetationsanalyse Anwendbarkeit, Nutzen und Probleme in Österreich. *Ber. d. Reinh. Tüxen Ges.* 13: 83-102.
- Ewald, Jörg (2003): The sensitivity of Ellenberg indicator values to the completeness of vegetation releves. *Basic Appl. Ecol.* 4: 507-513.
- Ewald, Jörg 2007: Beurteilung von Waldstandorten und Waldgesellschaften mit Zeigerarten-Ökogrammen. *Tuexenia* 27: 7-18.
- Febvre, Lician 1988: *Das Gewissen des Historikers*, 251 S., Frankfurt/M.
- Fischer, Anton 2003: *Forstliche Vegetationskunde*, 421 S., Stuttgart.
- Gehlken, Bernd, Manfred Greulich-Blaß, Henrike Mölleken, Ingrid Schröder & David Vollmuth 2016: Turbo-Mais und Dauer-Wald. Eine Reise in den 'weichen' Fläming. *Notizbuch der Kasseler Schule* 87: 127-183.
- Ginzburg, Carlo 1988: *Spurensicherungen*, 260 S., München.
- Glavac, Vjekoslav 1996: *Vegetationsökologie*, 258 S., Jena.
- Gronemeyer, Marianne 2018: *Die Grenze. Was uns verbindet, indem es trennt*, 231 S., München.
- Hard, Gerhard 1979: Die Disziplin der Weißwäscher. Über Genese und Funktion des Opportunismus in der Geographie. *Osnabrücker Studien zur Geographie* 2: 11-44.
- Hard, Gerhard 1995: Spuren und Spurenleser. Zur Theorie und Ästhetik des Spurenlesens in der Vegetation und anderswo. *Osnabrücker Studien zu Geographie* 16, 198 S., Osnabrück.
- Hartmann, Friedrich Karl 1953: Weiserpflanzen für Waldgesellschaften und Waldstandorte der Hügel- und Gebirgsstufe Deutschlands. Umschuldienst des Forschungsausschusses „Landschaftspflege und Landschaftsgestaltung“ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung 1: 46 S., Hannover.
- Herborth, Benjamin 2011: Methodenstreit – Methodenzwang – Methodenfetisch. *Zeitschr. f. internat. Beziehungen* 18(2): 137-151.

- Hofmeister, Heinrich 1986²: Lebensraum Wald. 252 S., Hamburg, Berlin.
- Horkheimer, Max & Theodor Adorno 1969: Dialektik der Aufklärung, 288 S., Frankfurt/M.
- Hülbusch, Karl Heinrich. 1986: Eine pflanzensoziologische "Spurensicherung" zur Geschichte eines Stücks Landschaft. *Landschaft + Stadt* 18: 60- 72.
- Hülbusch, Karl Heinrich 1988: Nicht nur die 'Natur' ist kaputt durchs Zählen. Groeneveld, Siegfried (Hg.): Grün kaputt – warum?: 51-56, Kassel.
- Hülbusch, Karl Heinrich 1994: Zum Geleit – Von Oma's Wiese zum Queckengrasland und zurück?. *Notizbuch der Kasseler Schule* 32: I-IX.
- Illich, Ivan 1979: Entmündigende Experten Herrschaft. Ders. u.a.: Entmündigung durch Experten: 7-35, Reinbek bei Hamburg.
- Kowarik, Ingo & Waler Seidling 1989: Zeigerwertberechnung nach ELLENBERG. Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. *Landschaft & Stadt* 21(4): 132-143.
- Knapp, Rüdiger 1954: Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen, 266 S., Stuttgart.
- Kruedener, Arthur Freiherr von (1950): Forstliche Standortsanzeiger, 133 S., Radebeul, Berlin:
- Levi-Strauss, Claude 1973: Das wilde Denken, 334 S., Frankfurt.
- Lühns, Helmut 2016: Vegetationskunde, Pflanzensoziologie, Naturschutz. *Neubrandenburger Skizzen* 15: 97-128.
- Marquardt, Odo 1986: Über die Unvermeidlichkeit der Geisteswissenschaften. Ders.: Apologie des Zufälligen: 98-116, Stuttgart.
- Meusel, Hermann (1937): Verbreitungskarten mitteldeutscher Leitpflanzen. 1. Reihe. I. *Dictamnus albus*, II. *Stipa capillata*, III. *Dentaria bulbifera*. *Hercynia* 1: 115-120.
- Meusel, Hermann, Eckehart Jäger, Stephan Rauschert, Erich Weinert 1978: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. 2, Textband XI + 418 S., Kartenband 163 S., Jena.
- Michalko, Ján (1985): Kritische Bemerkungen zur ökologischen Bewertung der euhemeroben Waldbeständen im Kalkgebiet der Gebirge Kleine Karpaten. *Folia Geobot. et Phytotax.* 20: 313-317.
- Oberdorfer, Erich 1990⁶: Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 1050 S., Stuttgart.
- Oberdorfer, Erich (Hg.) 1992-1993³: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I (1992) 314 S., Teil II (1993) 355 S., Teil III (1993) 453 S., Teil IV (1992) Textband 282 S., Tabellenband 580 S., Jena.
- Pignatti, Sandro, Pietro Bianco, Guiliana Fanelli, Riccardo Guarino, Jörg Petersen, Paolo Tescarollo 2001: Reliability and effectiveness of Ellenberg's indices in checking flora and vegetation changes induced by climatic variations. In: Walthers, Gian Reto, Conradin Adolf Burga, Peter J. Edwards (Hg.): "Fingerprints" of Climate Change Adapted Behaviour and Shifting Species Ranges: 281-304, Stuttgart.
- Radkau, Joachim 2011: Die Ära der Ökologie, 782 S., München.
- Radula, Małgorzata W., Tomasz H. Szymura, Magdalena Szymura 2018: Topographic wetness index explains soil moisture better than bioindication with Ellenberg's indicator values. *Ecological Indicators* 85: 172-179.
- Ravetz, Jerome R. 1973: Die Krise der Wissenschaft. Probleme der industriellen Forschung, 496 S., Neuwied, Berlin.
- Reichelt, Günther & Otti Wilmanns 1973: Vegetationsgeographie, 210 S., Braunschweig.
- Reif, Albert, Manfred Teckelmann & Ernst-Detlef Schulze 1985: Die Standortamplitude der Großen Brennnessel (*Urtica dioica* L.), eine Auswertung vegetationskundlicher Aufnahmen auf der Grundlage der Ellenbergschen Zeigerwerte. *Flora* 176: 365-382.
- Rothmaler, Werner, Hermann Meusel & Rudolf Schubert 1972: Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und BRD, 612 S., Berlin.
- Scamoni, Alexis & Harro Passarge 1959: Gedanken zu einer natürlichen Ordnung der Waldgesellschaften. *Arch. Forstwes.* 8: 386-426.
- Schaffers, André P. & Karlè V. Sýkora 2000: Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11: 225-244.
- Schmithüsen, Josef 1963³: Allgemeine Vegetationsgeographie, 463 S., Berlin.
- Sloterdijk, Peter 1987: Kopernikanische Mobilmachung und ptolemäische Abrüstung, 126 S., Frankfurt/M.

- Szymura, Tomasz H., Magdalena Szymura, Aurelia Maciol 2014: Bioindication with Ellenberg's indicator values: A comparison with measured parameters in Central European oak forests. *Ecological Indicators* 46: 495-503.
- ter Braak, Cajo J. F. & L. G. Barendregt 1986: Weighted Averaging of Species Indicator Values: Its Efficiency In Environmental Calibration. *Mathematical Biosciences* 78: 57-72.
- ter Braak, Cajo J. F. & Nicolaas Johannes Marie [Niek] Gremmen 1987: Ecological amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture. *Vegetatio* 69: 79-87.
- Tremp, Horst 2005: Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten, 141 S., Stuttgart.
- Tüxen, Reinhold 1950: Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. NF 2*: 94-175.
- Tüxen, Reinhold 1950b: Grundsätze und Methoden der pflanzensoziologischen Systematik. *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. NF 2*: 207- 208.
- Tüxen, Reinhold 1954: Pflanzengesellschaften und Grundwasserganglinien. *Angew. Pflanzensoz.* 8: 64-98, Stolzenaus/Weser.
- Tüxen, Reinhold 1955a: Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. NF 5*: 155-176.
- Tüxen, Reinhold 1955b: Experimentelle Pflanzensoziologie. *Archivum Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae 'Vanamo'* 9: 381-386.
- Tüxen, Reinhold 1958: Die Eichung von Pflanzengesellschaften auf Torfprofilen. *Ber. Int Sympos. f. Pflanzensoziologie u. Bodenkunde vom 18. -22.9.1956; Int. Kongreß f. Vegetationskunde*: 131-141, Stolzenau/Weser.
- Tüxen, Reinhold 1961: Wesenszüge der Pflanzengesellschaften als lebendiger Baustoff. *Angew. Pflanzensoz.* 17: 64-70.
- Tüxen, Reinhold 1974²: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands, 207 S., Lehre.
- Tüxen, Reinhold & Heinz Ellenberg 1937: Der systematische und der ökologische Gruppenwert. *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem.* 3: 171-184.
- Ullrich, Otto 1979: Technik und Herrschaft, 484 S., Frankfurt/M.
- van der Maarel, Eddy 1993: Relations between sociological-ecological species groups and Ellenberg indicator values. *Phytocoenologia* 23: 343-362.
- Walter, Heinrich & Walter, Erna 1953: Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika 1952 / 53: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. (Vorläufige Mitteilung). *Ber. d. Dt Bot. Ges.* 66: 228-236.
- Walther, Heinrich & Siegmund-Walter Breckle 1983: Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. *Ökologie der Erde* 1, 238 S., Stuttgart.
- Wamelink, G. W. Wieger, Joosten, V., Han F. van Dobben, Frran Berendse 2002: Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *Journal of Vegetation Science* 13: 269-278.
- Weber, Max 1904: Die ‚Objektivität‘ sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis. Ders. 1991: *Schriften zur Wissenschaftslehre*: 21-102, Stuttgart.
- Weber, Max (1919): *Wissenschaft als Beruf*. Ders. 1991: *Schriften zur Wissenschaftslehre*: 237-273. Stuttgart.
- Wiegand, Gerhard 1986: Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie. *Tuexenia* 6: 365-377.
- Wilmanns Otti 1993: *Ökologische Pflanzensoziologie*, 378 S., Stuttgart.
- Witte, Jan Philip M. & Jos Reinhold von Asmuth 2003: Do we really need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values? *Journal of Vegetation Science* 14: 615-618.
- Zelený, David & André. P. Schaffers 2012: Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science* 23: 419-431.

