

# Die Waldvegetation als Indikator des Bodenzustandes

Im Rahmen der BZE II wurden passend zu den Bodenuntersuchungen auch Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Damit ist ein einmaliger, bundesweit repräsentativer Datensatz zur biologischen Vielfalt (Pflanzenarten, Waldgesellschaften, Strukturen) entstanden, der neue Erkenntnisse zum Zeigerwert der Vegetation liefert.

*Daniel Ziche, Barbara Michler, Hagen Fischer,  
Thomas Kompa, Juliane Höhle, Jörg Ewald*

Neben Klima, Relief und Nutzungsgeschichte bestimmen die Bodenverhältnisse maßgeblich die Zusammensetzung, Struktur und Funktion der Pflanzendecke. Es fehlt allerdings an großräumig erhobenen, methodisch vergleichbaren Bodendaten, die entsprechenden Vegetationsaufnahmen zugeordnet werden können [1]. Im Rahmen der BZE II wurden auf 1.838 BZE-Rasterpunkten Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Aufnahmen erfolgten auf einer einheitlichen Flächengröße von 400 m<sup>2</sup> und innerhalb eines 30-m-Radius um den BZE-Mittelpunkt herum. Damit liegt eine repräsentative und statistisch fundierte Momentaufnahme des Vegetationszustands vor, der auf seine Abhängigkeit von Bodeneigenschaften und anderen Umweltfaktoren untersucht werden kann. Die Daten konnten nun erstmalig ausgewertet werden [2].

## Vielfalt an Arten und Lebensräumen

Anhand der Vegetationsaufnahmen wurden den BZE-Rasterpunkten auf pflanzensoziologischer Grundlage zunächst Waldgesellschaften zugeordnet. Dabei nahmen die Buchenwälder des Flach- und Hügellandes mit über 22,4 % den größten Anteil ein. Davon waren 12,5 % den bodensauren Hainsimsen-Buchenwäldern, 9,6 % den frischen Waldmeister-Buchenwäldern und 0,3 % den trockenen Kalk-Buchenwäldern zuzuordnen. Naturnahe Waldgesellschaften des Berglandes wie montane Buchenwälder, Tannen-Fichten-Mischwälder, bodensaure Fichtenwälder und Karbonat-Fichtenwälder der Alpen machten 5,6 % aus. Eichen-Hainbuchenwälder und bodensaure

Eichen-Mischwälder wurden an 4,0 %, bzw. 3,6 %, bodensaure Kiefernwälder an 2,2 % der BZE-Punkte angetroffen. Auen- und Sumpfwälder, Moorwälder sowie Bruchwälder kamen zusammen auf 3,4 %. Seltene Waldgesellschaften wie Schneeheide-Kiefernwälder oder Hang- und Schluchtwälder werden vom BZE-Raster mit zusammen 0,6 % nur sehr selten getroffen. An 0,9 % der BZE-Punkte wurden Schlagfluren aufgenommen. Die übrigen Bestände (58 %) wurden als Forstgesellschaften klassifiziert. Dabei nahmen Fichtenforste mit 16,6 %, gefolgt von Kiefernforsten mit 12,7 %, die größten Anteile ein. Die übrigen Nadelholzforste hatten insgesamt einen Anteil von 10,7 %, Misch- und Laubholzforste Anteile von 11,1 % bzw. 5,9 %.

Insgesamt wurden 819 Gefäßpflanzenarten und 192 Moos- und Flechtenarten an den BZE-Punkten angesprochen. Von dem eng an Wald gebundenen Gefäßpflanzenpool nach [3] wurden 66 % aufgefunden. An 10 % der BZE-Punkte kamen Gefäßpflanzen vor, die auf der Roten Liste des jeweiligen Bundeslandes als gefährdet verzeichnet waren. Der Artenreichtum der Gefäßpflanzen hängt stark vom Kalkgehalt des Ausgangsgesteins ab, mit relativ wenigen Arten auf bodensauren, nährstoffarmen Böden und einer Zunahme hin zu basenreichen Böden. Spitzenreiter unter den Waldgesellschaften waren Schneeheide-Kiefernwälder, Hang- und Schluchtwälder sowie die Bergmischwälder und Fichtenwälder der Kalkalpen. Hier fanden sich im Mittel über 30, teilweise auch über 50 Arten pro Aufnahme, wobei diese Vielfalt besonders viele an geschlossenem Wald gebundene Arten umfasst. Einen Einfluss auf das Artenspektrum hatten auch die Bodenschutzkalkung (siehe Beitrag zur Kalkung in derselben Ausgabe) sowie die Stick-

## Schneller Überblick

- Im Rahmen der BZE II wurden auf 1.838 BZE-Rasterpunkten Vegetationsaufnahmen durchgeführt
- Insgesamt wurden 819 Gefäßpflanzenarten und 192 Moos- und Flechtenarten an den BZE-Punkten angesprochen
- Die Artenzusammensetzung wird in erster Linie vom Nährstoffangebot (C/N-Verhältnis, pH-Wert) und in zweiter Linie von den klimatischen Höhenstufen (Temperatur, Niederschlag) gesteuert

stoffeinträge. In hochmontanen Fichtenwäldern wiesen Bestände, bei denen die kritischen Belastungsgrenzen für Stickstoff durch die Einträge überschritten wurden, einen höheren Anteil an Eutrophierungszeigern auf.

## Einfluss des Bodens auf die Waldvegetation

Der Einfluss der Umweltfaktoren auf die Artenzusammensetzung wurde mit dem Ordinationsverfahren der kanonischen Korrespondenzanalyse untersucht. Neben den bodenchemischen Einflussgrößen pH-Wert, C/N-Verhältnis, Basensättigung sowie Vorräte an Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium wurden klimatische Größen aus dem DWD-Messnetz berücksichtigt. Dabei zeigte es sich, dass die Artenzusammensetzung in erster Linie von Nährstoffangebot (C/N-Verhältnis, Basensättigung) und Bodenacidität (pH), in zweiter Linie von den klimatischen Höhenstufen (Temperatur, Niederschlag) gesteuert wird (Abb. 1). Nährstoffarme, saure Standorte sind gekennzeichnet durch Zeigerarten wie Heidekraut, Preiselbeere und Adlerfarn, die kalk- und basenrei-

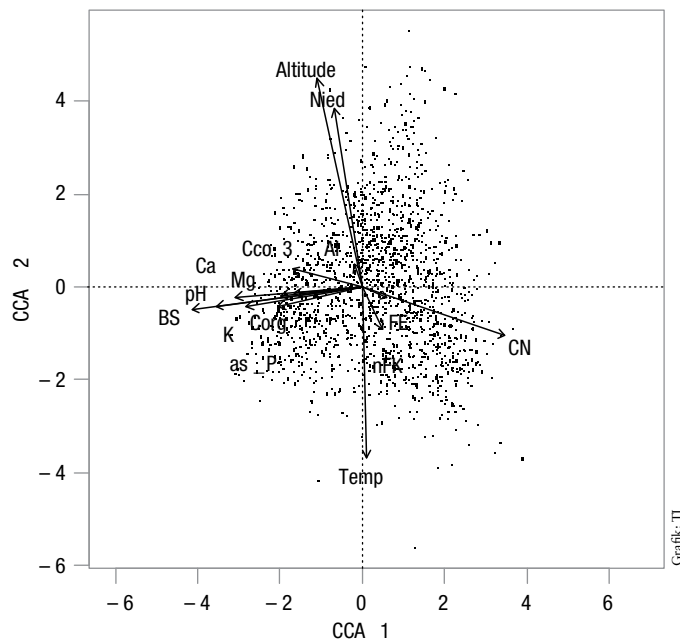


Abb. 1: Korrelation der ausgewählten Variablen mit den beiden wichtigsten Umweltgradienten (Ordinationsachsen CCA1, CCA2), mit Ca, K, Mg, Al, Fe = austauschbare Elementvorräte an Calcium, Kalium, Magnesium, Aluminium, Eisen, BS = Basensättigung, CN = C/N - Verhältnis, pH = pH (CaCl<sub>2</sub>) - Wert, CCO<sub>3</sub> - Carbonatvorrat, as\_P - Gesamtvorräte (Königswasser-Extrakte) Phosphor, Altitude = Höhe ü. NN, Temp = Temperatur, Nied = Niederschlag, nfk = nutzbare Feldkapazität

che Seite durch Wald-Bingelkraut, Haselwurz und Waldgerste. Als Wärmezeiger erweisen sich Stieleiche und Spätblühende Traubenkirsche, denen montane Arten wie Weißtanne, Rundblättriges Labkraut und Hasenlattich gegenüberstehen. Wärmezeigende Arten mit submediterrane Verbreitungsschwerpunkt sind im BZE-Datensatz so selten, dass kaum statistische Aussagen über sie möglich sind.

### Pflanzen als Indikatoren

Entsprechend ihrer Einnischung entlang von Standortgradienten können den

### Literaturhinweise:

[1] DIEKMANN, M.; MICHAELIS, J.; PANNEK, A. (2015): Know your limits – The need for better data on species responses to soil variables. *Basic and Applied Ecology*, 16 (7): 563-572. [2] ZICHE, D.; MICHLER, B.; FISCHER, H.; KOMPA, T.; HÖHLE, J.; HILBRIG, L.; EWALD, J. (2016): Boden als Grundlage biologischer Vielfalt. In: Wellbrock, N.; Bolte, A.; Flessa, H. (Hrsg.). *Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008*. Thünen Report 43, Braunschweig, Seiten 292-342, DOI:10.3220/REP1473930232000. [3] SCHMIDT, M.; KRIEBITZSCH, W.U.; EWALD, J. (Hrsg.) (2011): *Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands*. Bonn-Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 299. [4] EWALD, J.; ZICHE, D. (2016): Giving meaning to Ellenberg nutrient values: National Forest Soil Inventory yields frequency based scaling. *Applied Vegetation Science*, DOI: 10.1111/avsc.12278. [5] FISCHER, H.; FISCHER, A. (2015): *Bodenpflanzen als Standortzeiger*. Forstliche Forschungsberichte München 213: 107-112.

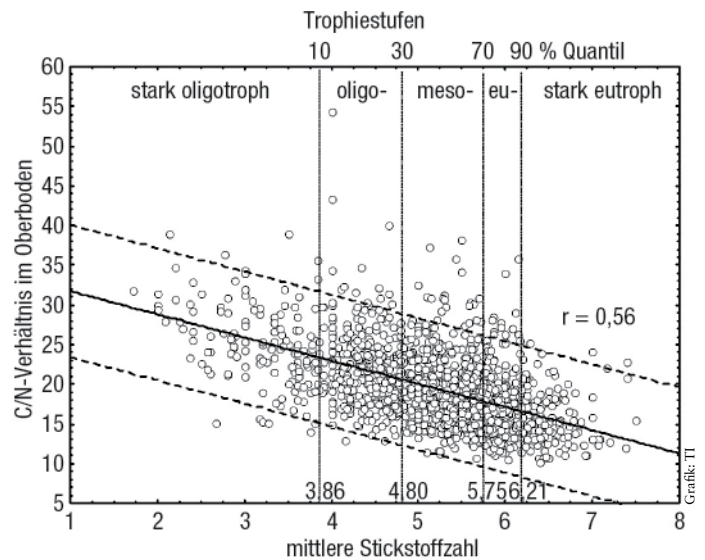


Abb. 2: C/N-Verhältnis des Oberbodens im Verhältnis zur mittleren Stickstoffzahl. Die vertikalen Linien repräsentieren die 10 %, 30 %, 70 % und 90 % Perzentile der mittleren Stickstoffzahl. Weitere Details finden sich in [4].

Arten Zeigerwerte zugewiesen werden. Die vielfach verwendeten Ellenberg-Zeigerwerte stützen sich bisher mangels

geeigneter Eichdaten auf die Erfahrung von Experten. Anhand der Vegetationsaufnahmen und Bodenprofile der BZE können sie nun erstmals gegen repräsentative Bodendaten validiert werden. So zeigt sich, dass die mittlere N-Zahl vor allem mit dem C/N-Verhältnis, aber auch mit dem C/P-Verhältnis und dem K-Gehalt der Auflage in Verbindung steht [4]. Da die Einteilung in Quantile in groben Zügen der Klasseneinteilung des C/N-Verhältnisses in der forstlichen Standortskartierung entspricht (Abb. 2), können N-Zeigerwerte in Wäldern direkt mit einer wichtigen bodenchemischen Kenngröße in Verbindung gebracht werden.

Über eine derartige Bestätigung der Ellenberg-Zeigerwerte hinaus wurde anhand der bayerischen BZE-Daten ein neues zeigerartengestütztes System zur Bioindikation entwickelt [5] und nun für das Gebiet der gesamten Bundesrepublik erweitert. Hierbei wird auf Grundlage der BZE-Daten für das Vorkommen jeder Art gegenüber der gesamten Spanne einer bodenchemischen Messgröße eine Wahrscheinlichkeitsverteilung berechnet. Anders als beim Mitteln von Ellenberg-Zeigerwerten wird bei der Berechnung des

wahrscheinlichen Bodenzustands neben dem Optimum die gesamte Verteilung von 238 kalibrierten Zeigerarten berücksichtigt.

### Fazit

Während die Vegetationsaufnahmen zum Zeitpunkt der BZE II eine hervorragende repräsentative Basislinie ergeben, um zukünftige Änderungen der Vegetation zu beurteilen, liefern sie darüber hinaus allgemeingültige Erkenntnisse zum Zusammenhang von Pflanzenverbreitung und Bodenzustand. In einem ersten Schritt wurde der Fokus auf die Auswertung dieser Zeigereigenschaften gelegt. Künftig sollten die Ergebnisse genutzt werden, um zeitliche Veränderungen der Vegetation und ihrer Umwelt zu erkennen.

Dr. Daniel Ziche, [daniel.ziche@thuenen.de](mailto:daniel.ziche@thuenen.de) und Juliane Höhle arbeiten als wissenschaftliche Mitarbeiter am Thünen-Institut für Waldökosysteme in der BZE-Arbeitsgruppe. Dr. Barbara Michler und Dr. Hagen Fischer sind am Fachgebiet Geobotanik an der Technischen Universität München tätig. Thomas Kompa bearbeitet als freiberuflicher Gutachter vegetationskundliche Fragestellungen. Prof. Dr. Jörg Ewald ist Professor für Botanik und Vegetationskunde an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

