Bedeutung von Zeigerarten für die Trophieeinschätzung im Rahmen der Forstlichen Standortskartierung

Uwe Paar, Juliana Miyazaki, Sebastian Fuchs, Jan Evers, Christoph Honekamp, Andreas Hafner, Michael Spielmann, Sarah Bossinger, Petra Fischer[1] und Marcus Schmidt

[1]HAWK Göttingen, Fakultät [r], Lehrgebiet Naturschutz und Biodiversität

https://doi.org/10.5281/zenodo.22897977

Einleitung und Ziele

Die Trophieeinschätzung forstlicher Standorte hat konkrete Auswirkungen unter anderem auf waldbauliche Entscheidungen, Kalkungsempfehlungen im Rahmen der Forstwirtschaft sowie auch auf Naturschutzzielsetzungen und -maßnahmen. Die Herleitung der Trophiestufen für Waldstandorte kann über verschiedene Indikatoren erfolgen. Humusform, Bodenmorphologie, Geologie, Substrat/Lagerung und Bodenchemie, hier vor allem die Basenverfügbarkeit, werden möglichst in Kombination hierzu bewertet. Darüber hinaus haben sogenannte Zeigerarten der Waldbodenvegetation für die Trophieeinschätzung im Rahmen der Forstlichen Standortskartierung eine Schlüsselrolle (HMULF 2002, Ewald 2007). Auch in den Trägerländern der NW-FVA (Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) werden die ökologischen Artengruppen als wichtige Indikatoren für die Trophieableitung herangezogen.

Ziel einer Studie der Autorinnen und Autoren war es, die aktuellen ökologischen Amplituden von Zeigerarten auf der Grundlage wichtiger bodenchemischer Kenngrößen hinsichtlich der Trophiestufen zu analysieren. Für die Trägerländer der NW-FVA wurde dafür am Datensatz der Bodenzustandserhebung II (BZE II) aus den Jahren 2006–2008 untersucht, welche Arten eine enge ökologische Amplitude aufweisen und damit als sehr indikativ für bestimmte Trophiestufen gelten können bzw. für welche Arten weite ökologische Amplituden hinsichtlich ihres Vorkommens bei der Trophieeinschätzung berücksichtigt werden müssen. Da beim Datensatz der BZE II sowohl die notwendigen Vegetationsaufnahmen als auch die bodenchemischen und -physikalischen Analysedaten an jeweils einem Punkt vorlagen, waren die Voraussetzungen für einen empirischen Vergleich gegeben.

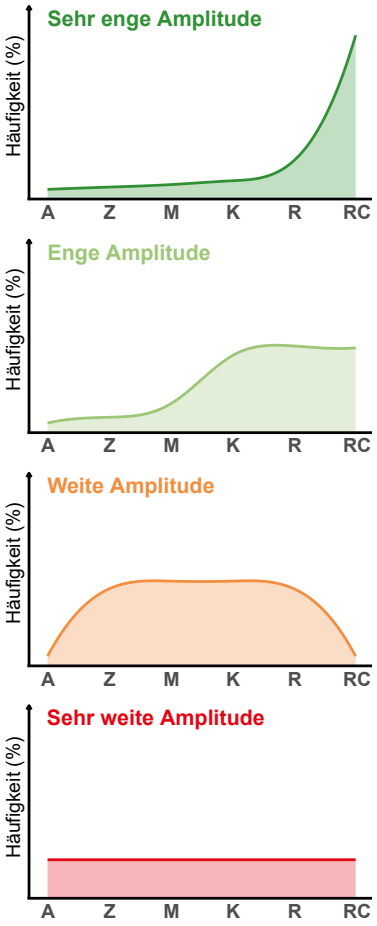
Die bestehenden Einstufungen der Zeigerarten nach ökologischen Artengruppen gemäß dem Arbeitskreis Standortskartierung (2016) wurden hinsichtlich der Trophiestufen den Ergebnissen dieser Untersuchung gegenübergestellt.

Methodik

Da die verschiedenen Indikatoren für die Trophie teilweise einer subjektiven Einschätzung unterliegen (u. a. Bodentypen/-morphologie) und die Humusform zudem durch (anthropogene) Störungen beeinflusst sein kann, wurde ein objektiver „Chemie-Algorithmus" zur Einstufung der Trophie und zur anschließenden Bewertung der Arten generiert. Dieser Trophie-„Chemie-Algorithmus" (nachfolgend $\text{Trophie}_{\text{Bodenchemie}}$ genannt) leitet sich auf Grundlage der chemischen und physikalischen Bodenparameter der BZE II aus der Basensättigung sowie den jeweils austauschbaren Calcium- (Ca) und Magnesiumvorräten (Mg) bis 90 cm Bodentiefe ab.

Für 237 Zeigerarten (Arbeitskreis Standortkartierung 2016) auf den insgesamt 428 ausgewerteten BZE II-Punkten der vier betrachteten Bundesländer konnte in einem nächsten Schritt das Vorkommen der Arten (Präsenz/Absenz, ohne Berücksichtigung des Deckungsgrades) nach vereinheitlichten Trophiestufen ($\text{Trophie}_{\text{Bodenchemie}}$) analysiert werden. Berechnet wurde die relative Häufigkeit jeder Zeigerart in den jeweiligen Trophiestufen.

Bei der Bewertung wurden folgende vier Klassen gebildet:



1
Unimodale Häufigkeitsverteilung, Schwerpunkt des Artvorkommens liegt in 1–2 benachbarten Trophiestufen

2
Schwerpunkt des Artvorkommens liegt in 3 benachbarten Trophiestufen bei weitgehend unimodaler Häufigkeitsverteilung

3
Schwerpunkt des Artvorkommens liegt in 4 benachbarten Trophiestufen, oft multimodale Häufigkeitsverteilung

4
Artvorkommen ohne Schwerpunkt mit mehr oder minder gleichmäßiger Verteilung über mindestens 5 Trophiestufen

A – arm (oligotroph), Z – ziemlich arm (schwach mesotroph), M – mittel (mesotroph), K – kräftig (gut mesotroph), R – reich (eutroph), RC – reich-karbonatisch (karbonat-eutroph)



Foto: M. Schmidt

Weißliche Hainsimse – Luzula luzuloides

Expertengestützte Zuordnung der Trophiestufen zu den ökologischen Artengruppen, Erläuterung im Text

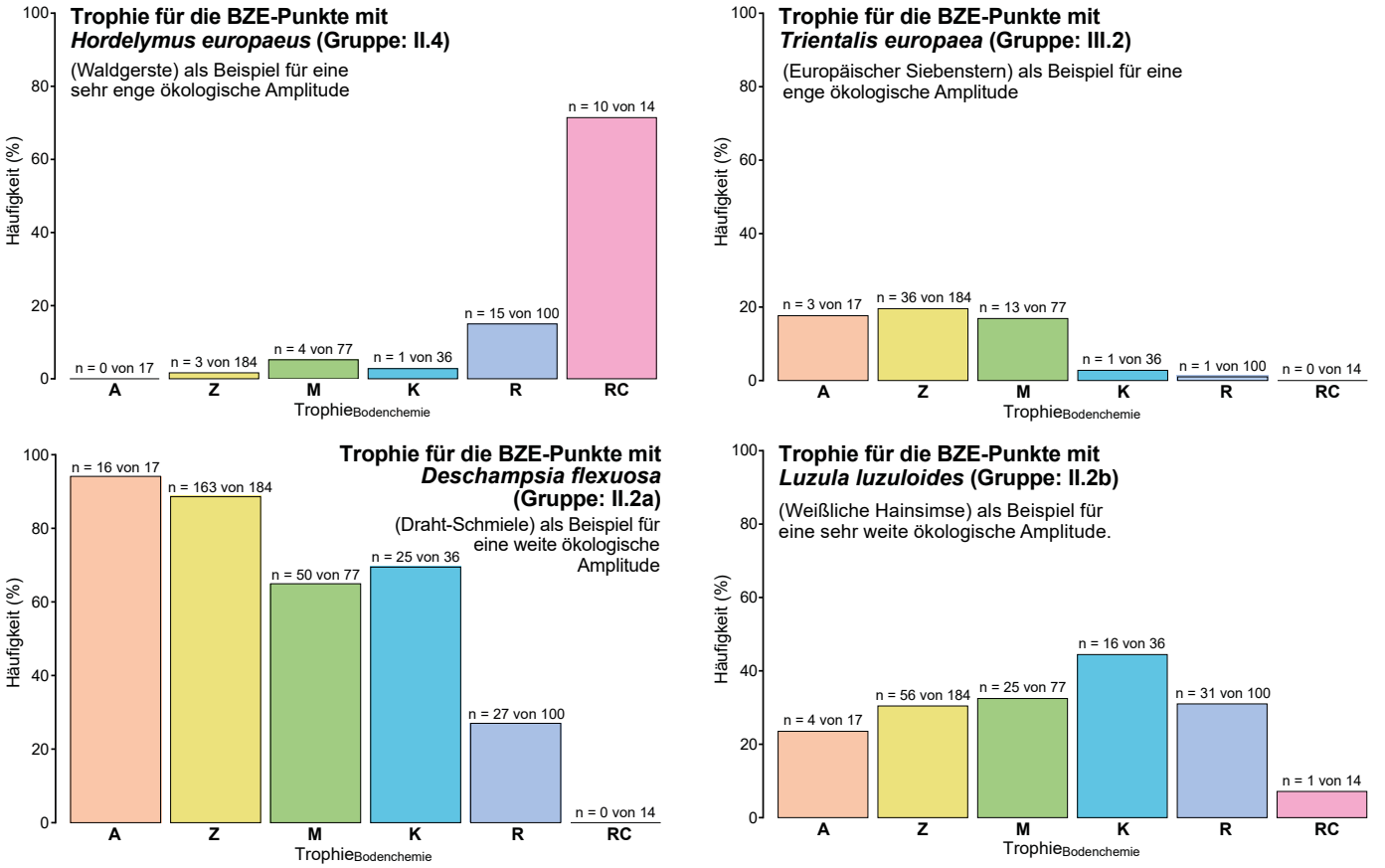
Trophiestufe	**Ökologische Artengruppe** *Quelle: Arbeitskreis Standortskartierung 2016*
A – arm (oligotroph)	I. 1, 1-2 II. 1, 2a, 2b III. 1, 2 IV. 1-2 V. 1-2 VI. 1
Z – ziemlich arm (schwach mesotroph)	I. 1, 1-2 II. 1, 2a, 2b III. 2, 3 IV. 1-2, 2-3 VI. 2
M – mittel (mesotroph)	I. 3 II. 2a, 2b, 3a III. 2, 3 IV. 2-3 VI. 3
K – kräftig (gut mesotroph)	I. 3 II. 2b, 3a, 3b III. 3, 4a IV. 2-3, 3-4a, 3 4b V. 3-4
R – reich (eutroph)	I. 3, 4-5 II. 3a, 3b, 4, 5a III. 3, 4a, 4b, 5a, 5b IV. 2-3, 3-4a, 3-4b, 4-5 V. 4-5 VI. 4-5
RC – reich-karbonatisch (karbonat-eutroph)	I. 3, 5 II. 3b, 4, 5a, 5b III. 4a, 4b, 5a, 5b

Die Nomenklatur der ökologischen Artengruppen nach Arbeitskreis Standortskartierung (2016) nutzt römische Ziffern für die Wasserhaushaltsstufen, in denen die Zeigerarten den Schwerpunkt ihres Vorkommens haben. Arabische Ziffern weisen auf die Nährstoffversorgung (insbesondere pH-Wert, Basensättigung und Humusform sowie Stickstoff- und Phosphorversorgung) und damit die Trophiestufen hin, in denen die Zeigerarten konkurrenzfähig sind.

Für eine einfachere Gegenüberstellung der Trophie nach ökologischen Artengruppen einerseits und der BZE II andererseits wurde die Nomenklatur der ökologischen Artengruppen den synoptischen Trophiestufen der vier Trägerländer (Schmidt et al. 2015) angepasst. Sie basiert auf den Tabellen B.4.5.2 (Arbeitskreis Standortskartierung 2016, S. 258-265) und wurde expertengestützt in die Begrifflichkeiten „A"-„RC" gutachterlich übersetzt. Dabei wurde die in der Tabelle links zusammengestellte Zuordnung vorgenommen.

Ergebnisse der Zeigerartenanalyse

Von den 237 Arten sind 23 Stickstoffzeiger (Arbeitskreis Standortskartierung 2016). Die Analyse dieser Stickstoff-Zeigerarten wird separat veröffentlicht. Es blieben von diesen 214 Trophie-Zeigerarten 109 Arten aufgrund der zu geringen Datenbasis im Rahmen der weiteren Auswertungen unberücksichtigt, da sie nur eine Abundanz von < 10 Pflanzen-Vorkommen auf sämtlichen BZE II-Punkten aufwiesen. Das Ergebnis belegt, dass zahlreiche Zeigerarten nur relativ selten



Beispiele für relative Häufigkeiten nach Trophiestufen

Beispielhafte Einstufungen von Zeigerarten nach der Weite ihrer ökologischen Amplitude (Trophie$_{Bodenchemie}$) unter Angabe der ökologischen Artengruppen, Trophiestufen (expertengestützt; oberer Balken) und Trophie$_{Bodenchemie}$ (unterer Balken)
A – arm (oligotroph), Z – ziemlich arm (schwach mesotroph), M – mittel (mesotroph), K – kräftig (gut mesotroph), R – reich (eutroph), RC – reich-karbonatisch (karbonat-eutroph)

Weite der ökologischen Amplitude	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Ökologische Artengruppe	A Z M K R RC
sehr eng	*Calluna vulgaris*	Heidekraut (Besenheide)	I. 1	
sehr eng	*Hordelymus europaeus*	Waldgerste	II. 4	
eng	*Dactylis polygama*	Wald-Knäuelgras	II. 3b	
eng	*Trientalis europaea*	Europäischer Siebenstern	III. 2	
weit	*Deschampsia flexuosa*	Draht-Schmiele	II. 2a	
weit	*Festuca altissima*	Wald-Schwingel	II. 3a	
sehr weit	*Luzula luzuloides*	Weißliche Hainsimse	II. 2b	
sehr weit	*Veronica officinalis*	Wald-Ehrenpreis	II. 2a	

vorkommen und für eine Trophieeinschätzung weit verbreiteter Waldstandorte nicht zur Verfügung stehen. Somit konnten insgesamt 105 Trophie-Zeigerarten bewertet werden.

1. **Zeigerarten mit sehr enger ökologischer Amplitude und i. d. R. sehr hohem Indikatorwert nach Trophie$_{Bodenchemie}$**
   Von insgesamt 105 bewerteten zeigen 40 Arten (38 %) eine sehr enge ökologische Amplitude. Es handelt sich überwiegend um Arten, die basenreichere Standorte anzeigen (z. B. *Hordelymus europaeus*). Darüber hinaus weisen manche typischen Säurezeiger auch eine sehr enge ökologische Amplitude auf (z. B. *Calluna vulgaris*). Auffallend ist die insgesamt gute Übereinstimmung der expertengestützten Zuordnung der Zeigerarten über ökologische Artengruppen zu den Trophiestufen mit dem Vorkommen der Zeigerarten nach der Trophie$_{Bodenchemie}$.



Foto: M. Schmidt

Heidekraut – Calluna vulgaris

2. **Zeigerarten mit enger ökologischer Amplitude und i. d. R. hohem Indikatorwert nach Trophie$_{Bodenchemie}$**
   Eine enge Amplitude weisen 29 bewertete Arten (28 %) auf. Auch hier besteht tendenziell eine gute Übereinstimmung der expertengestützten Zuordnung der Zeigerarten über ökologische Artengruppen zu den Trophiestufen mit dem Vorkommen der Zeigerarten nach der Trophie$_{Bodenchemie}$. Beispiele sind *Dactylis polygama* und *Trientalis europaea*.

3. **Zeigerarten mit weiter ökologischer Amplitude und i. d. R. eingeschränktem Indikatorwert nach Trophie$_{Bodenchemie}$**
   Eine weite Amplitude ist für 19 Arten (18 %) zu belegen. Das tatsächliche Vorkommen der Zeigerarten nach der Trophie$_{Bodenchemie}$ weist tendenziell eine weitere Amplitude als nach der expertengestützten Zuordnung der Zeigerarten über ökologische Artengruppen zu den Trophiestufen auf. Beispiele sind *Deschampsia flexuosa* und *Festuca altissima*.

4. **Zeigerarten mit sehr weiter ökologischer Amplitude und i. d. R. sehr eingeschränktem Indikatorwert nach Trophie$_{Bodenchemie}$**
   Für 17 Arten (16 %) ist deren Vorkommen durch eine sehr weite Amplitude gekennzeichnet. Das tatsächliche Vorkommen der Zeigerarten nach der Trophie$_{Bodenchemie}$ befindet sich auf einer deutlich weiteren Amplitude als nach der expertengestützten Zuordnung der Zeigerarten über ökologische Artengruppen zu den Trophiestufen. Beispiele sind *Luzula luzuloides* und *Veronica officinalis*.

Eine ausführliche Analyse für sämtliche aufgenommenen Zeigerarten ist im Rahmen eines Sonderheftes in Bearbeitung.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Insgesamt ist die Einstufung nach $Trophie_{Bodenchemie}$ im Vergleich zur expertengestützen Einstufung bei 15 % der Zeigerarten absolut identisch und bei 5 % zumindest im Mittel gleich. In 55 % ergab sich nach $Trophie_{Bodenchemie}$ eine Einstufung in eine höhere Trophiestufe, in 25 % in eine niedrigere gegenüber der expertengestützten Einstufung.

Bei deutlich abweichenden Einstufungen (expertengestützt vs. Bodenchemie) kann es verschiedenste Gründe geben:

(a) Die bisherige, auf Expertenwissen basierende Einstufung (Erfahrungswerte) muss nicht stimmen, da sie möglicherweise weniger regelbasiert erfolgte. Zudem wurden viele Einstufungen bereits in den 1960er Jahren oder noch früher auf einer vergleichsweise begrenzten Datenbasis vorgenommen.

(b) Das ökologische Verhalten der betrachteten Pflanzenarten weicht in Nordwestdeutschland (Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein) von dem im Bezugsraum des gesamten Bundesgebietes ab.

(c) Eine höhere Basensättigung im Unterboden spiegelt sich nicht immer in der Vegetation wider. Bei einer (geringmächtigen) Oberbodenversauerung – insbesondere in Folge jahrzehntelanger Säureeinträge – angezeigt durch das Vorkommen von flachwurzelnden Säurezeigern, kann der Unterboden basenreicher sein. Die Trophie wurde hier unterschätzt, die entsprechenden Pflanzenarten (darunter auch Moose) kennzeichnen nur den Oberboden.

(d) Anthropogene Einflüsse wie z. B. Säure- und Stickstoffeinträge, Waldbodenschutzkalkungen vor allem seit den 1970/80er Jahren sowie Bodenverdichtungen, Wegebaumaßnahmen, Klimaveränderungen und Bestandesauflichtungen (u. a. verbesserte Mineralisation) haben die Standorte so verändert, dass die Trophieeinstufung nach Arbeitskreis Standortskartierung (2016) und die Zuordnung von Zeigerarten nach aktueller Bodenchemie nicht mehr zusammenpassen. Die Bodenchemie des Ausgangsgesteins wird durch diese Faktoren zumindest temporär überlagert (Avon et al. 2013, Mercier et al. 2019, Roth et al. 2022).



Foto: C. Rapp

Draht-Schmiele – Deschampsia flexuosa

Die Ergebnisse belegen jedoch, dass die Zeigerarten mit sehr enger Amplitude i. d. R. sehr gut für die Einschätzung von bestimmten Trophiestufen in Nordwestdeutschland verwendet werden können. Die aufgelisteten Arten haben i. d. R. einen sehr hohen Indikatorwert für die entsprechenden Trophiebereiche. Ein nicht unerheblicher Teil der Arten der sehr engen Amplitude (57 %) weist jedoch auf eine höhere Trophie als die expertenbasierte Einstufung nach Arbeitskreis Standortskartierung (2016) hin, 23 % auf eine niedrigere. Auch die Zeigerarten mit enger Amplitude können im Kontext der Anwendung ökologischer Artengruppen i. d. R. gute Hinweise für bestimmte Trophiestufenbereiche geben (hoher Indikatorwert), wobei hier 55 % auf eine Einstufung in eine höhere (basenreichere) Trophiestufe und 17 % auf eine Einstufung in eine niedrigere Trophiestufe nach $Trophie_{Bodenchemie}$ hindeuten. Zeigerarten mit weiter und mit sehr weiter Amplitude sind differenzierter zu bewerten. Grundsätzlich haben sie einen eingeschränkten bzw. sehr eingeschränkten Indikatorwert. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass A-, Z- und M-Zeigerarten z. B. auch bei einer weiten bzw. sehr weiten ökologischen Amplitude indikativ bleiben können, indem sie beim Fehlen der ökologischen Artengruppen höherer Trophiestufen nährstoffärmere Verhältnisse anzeigen können. Sie sind hier noch konkurrenzfähig, obwohl sie unter Umständen bessere Nährstoffbedingungen vorziehen (Arbeitskreis Standortskartierung 2016).



Foto: C. Rapp

Waldgerste – Hordelymus europaeus

In Verbindung mit weiteren Untersuchungen können die Ergebnisse der vorliegenden Studie zukünftig zu einer aktualisierten, passgenaueren Einordnung einzelner Arten zu ökologischen Artengruppen führen. Dies wird helfen, den forstlichen Standort anhand von Zeigerarten besser ansprechen zu können.

Literatur

Arbeitskreis Standortskartierung (2016): Forstliche Standortsaufnahme. 7. Auflage. IHW-Verlag, Eching bei München, 400 S.

Avon C., Dumas Y., Bergès L. (2013): Management practices increase the impact of roads on plant communities in forests. Biological Conservation 159: 24–31. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.10.008

Ewald J. (2007): Beurteilung von Waldstandorten und Waldgesellschaften mit Zeigerarten-Ökogrammen. Tuexenia, 27, 7

HMULF (Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten) (2002): Hessische Anweisung für Forsteinrichtungsarbeiten (HA-FEA). Staatsanzeiger S. 3680-3729, Wiesbaden.

Mercier P., Aas G., Dengler J. (2019): Effects of skid trails on understory vegetation in forests: A case study from Northern Bavaria (Germany). Forest Ecology and Management 453:117579. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117579

Roth M., Müller-Meißner A., Michiels H.-G., Hauck M. (2022): Vegetation changes in the understory of nitrogen-sensitive temperate forests over the past 70 years. Forest Ecology and Management 503:119754. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119754

Schmidt W., Stüber V., Ullrich T., Paar U., Evers J., Dammann K., Hövelmann T., Schmidt M. (2015): Synopse der Hauptmerkmale der Forstlichen Standortskartierungsverfahren der Nordwestdeutschen Bundesländer. Beiträge aus der NW-FVA 12: 1-136.