

Posterpräsentation auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, München, 05. – 10. September 2015

# Limitiert Phosphor das Wachstum von Fichtenwäldern?

## Motivation und Zielsetzung

Markanter Phosphor-Mangel wurde in Bayern in der Vergangenheit besonders nach Streunutzung und bei generell ungünstiger Humusform sowohl auf sehr basischen als auch sehr sauren Substraten beobachtet. Allerdings wurde bisher kaum untersucht, inwieweit die beim Waldmonitoring (BZE<sup>2</sup>) beobachteten Nährstoffmängel tatsächlich mit Wachstumseinschränkungen verbunden sind. Bisherige Untersuchungen zeigen nur einen schwachen Einfluss von Nährstoffen auf das Fichtenwachstum (Brandl et al. 2014).

- Fragen:** 1. Welche Korrelationsmuster von Ernährungsfaktoren und potentiellen Wachstum liegen vor? Gibt es Hauptgradienten?  
2. Begrenzen beobachtete Nährstoffmängel das Wachstum? Erweist sich Phosphor als primär limitierendes Nährelement?

## Methode

**Daten zu Ernährung, Boden, Bestand:** Deutschland: 2. Bodenzustandserhebung im Wald (BZE<sup>2</sup>); Bayern: Level-II, BDF und Projekt B67 (Weis & Göttlein 2012)

**Baumart:** Fichte; Wachstumspotential (Höhe in dm im Alter 100); Bonitierung nach Streifenverfahren auf der Basis der HBI (Kölling und Mette et al. 2015)

**Klima:** Deutscher Wetterdienst (<http://www.dwd.de/>)

**Analyseverfahren:** Korrelations- und Redundanzanalyse (RDA), lokal gewichtete polynomiale Regression (lowess); Software: gnu R (R-core Team 2013), package vegan (Oksanen et al. 2011)

**Interpretationsgrundlagen:** Mit Ernährungsgrenzwerten assoziierte Effekte (Göttlein 2015; Mellert et al. 2014)

### Einfluss der Ernährung auf das Wachstum (Modellvorstellung) (Abb. 1)

Ernährungsstufe 1 (EK1): Unter strenger Limitierung ist das Wachstum stark gehemmt (Mangelsymptome).

EK2: Bei latentem Nährstoffmangel zeigen sich keine Symptome, das Wachstum reagiert jedoch stark auf eine verbesserte Ernährung

EK3: Im Normalbereich gutes Wachstum; durch eine Düngung kann das Wachstum kaum gesteigert werden.

EK4: Luxusversorgung, eine Steigerung des Wachstum ist nicht mehr möglich.

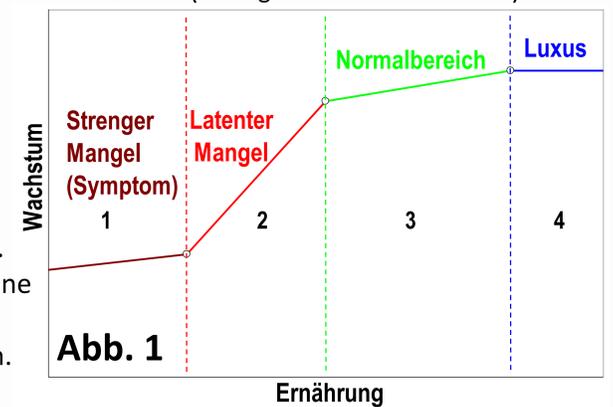


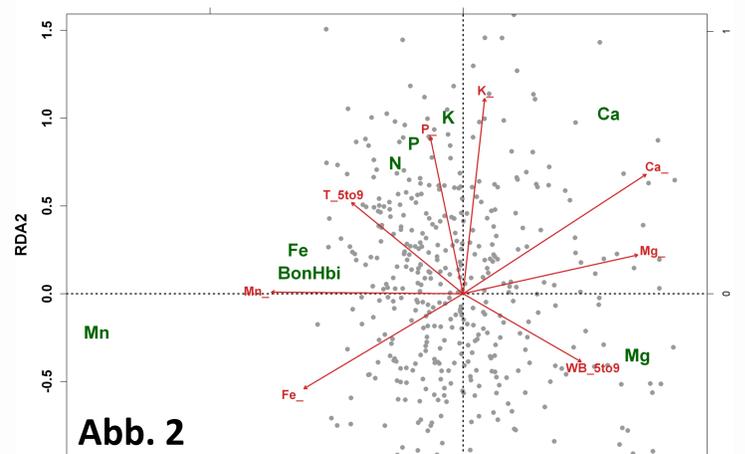
Abb. 1: Abhängigkeit des Baumwachstums von der Nährstoffversorgung.

## Ergebnisse

### Hauptgradienten von Wachstumspotential, Klima, Makronährelemente (+Fe, Mn) in Nadeln und Boden dargestellt mittels Redundanzanalyse (Abb. 2)

- RDA1 zeigt den Gradienten der Bodenentwicklung (mit Mn als Zeiger), der sich in der RDA als Versauerungsgradient von Fe-/Mn-reichen zu basenreichen Böden manifestiert.
- RDA2 positioniert die Makronährelemente N, P, K mit einer geringen Abhängigkeit von der Bodenversauerung orthogonal zum Gradienten der Bodenentwicklung.
- Die Nadelspiegelwerte (z.B. P) korrelieren mit den jeweiligen Vorräten im Mineralboden (hier aufsummiert bis 90 cm) (z.B. P<sub>-</sub>), da sie eng beieinander (bzw. in derselbe Vektorrichtung) liegen.
- Das Wachstumspotential (BonHbi) ist v. a. mit der Achse der Bodenentwicklung (vgl. Punkt 1) korreliert (Mn als Zeiger)
- Ein Klimagradient von warm/trocken (Temperatur Mai bis September: T<sub>5to9</sub>) nach kalt/feucht (Wasserbilanz: WB<sub>5to9</sub>) überlagert die Bodenentwicklung/Versauerung

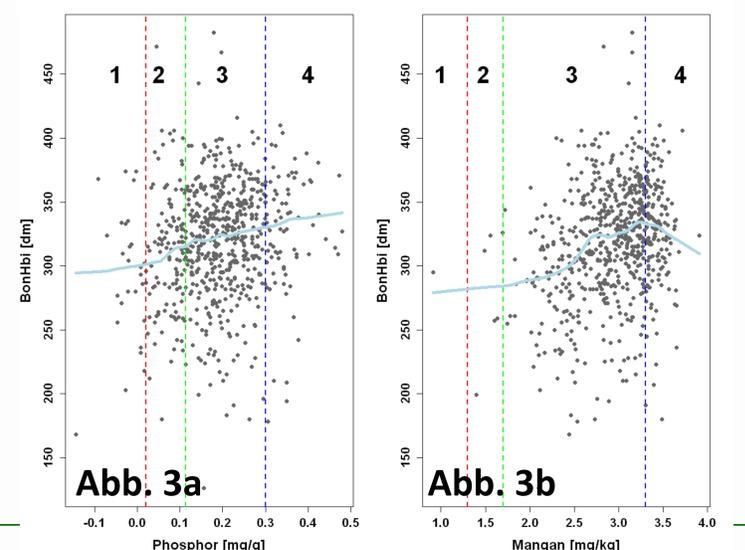
Abb. 2 (rechts): Redundanzanalyse der wichtigsten Wachstumsfaktoren. Nadelspiegelwerte (Elementsymbole grün), Bodenvorräte (Elementsymbole rot).



### Die Rolle von Phosphor für das Wachstum

- Phosphor zeigt unter den Makroelementen die höchste Korrelation zur Bonität (Spearman's  $r_p = 0,161$ ;  $r_n = 0,106$ ;  $r_k = 0,066$ ). Der Effekt der Phosphorernährung (Abb. 3a) ist am stärksten im Bereich des latenten Mangels (Ernährungsstufe = 2). Damit ist der Effekt weitgehend im Einklang mit der Modellvorstellung aus Abb. 1.
- Auch die hohe Anzahl von Mangelfällen (140 von 807) zeigt, dass P ein besonders kritisches Bioelement in Fichtenwäldern ist.
- Weitere starke Korrelationen bestehen mit T<sub>5to9</sub> ( $r = 0,208$ ) und mit Mangan (0,261)
- Mangan ist dabei nicht primär limitierender Faktor, sondern Anzeiger für gut entwickelte fruchtbare Böden (Abb. 3b, vgl. Mellert et al. 2014).

Abb. 3 (rechts): Wachstumspotential (BonHbi in dm) versus Nadelspiegelwerte als Logarithmus der Elementkonzentration in den Fichtennadeln. Farbige, vertikale Linien geben die Grenzen der Ernährungsstufen 1 bis 4 an. 3a Phosphor-Nadelspiegelwerte. 3b Mangan-Nadelspiegelwerte. Regressionskurve (lokal gewichtete polynomiale Regression, lowess) gibt die zentrale Tendenz der Beziehung wieder.



## Schlussfolgerungen

Die zentrale Rolle von Phosphor für das Baumwachstum konnte am Beispiel der Fichte erneut bestätigt werden (Mellert et al. 2012, Mellert et al. 2014). Allerdings können aus den statistischen Ergebnissen nicht ohne weiteres primär limitierende Faktoren identifiziert werden. Die Einbeziehung von Vorwissen (z.B. Göttlein 2015) ist hierbei unabdingbar. Für weitere Analysen zur Phosphorlimitierung des Wachstums ist eine Ausweitung des Datenpools zu empfehlen, um einer Kopplung von Effekten (z.B. Überlagerung von Versauerungs- und Klimagradienten) zu entgehen. Eine gleichmäßigere Abdeckung der verschiedenen Umweltgradienten dürfte die Ergebnisse aus Querschnittsdaten optimieren.

### Referenzen

Brandl S, Falk W, Klemm HJ, Stricker G, Bender A, Rötzer T, Pretzsch H (2014). Possibilities and Limitations of Spatially Explicit Site Index Modelling for Spruce Based on National Forest Inventory Data and Digital Maps of Soil and Climate in Bavaria (SE Germany). Forests 5(11), 2626-2646; Göttlein A, Baier R, Mellert KH (2011): Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus van den Burg's Literaturzusammenstellung. Allg. Forst- und Jagdzeitung 182 (9/10): 173-186; Göttlein A. (2015): Grenzwertbereiche für die ernährungsdiagnostische Einwertung der Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Eiche, Buche Allg. Forst- und Jagdzeitung, in Druck; Kölling C, Mette T, Knoke T (2015). Waldtrags- und Anbauisiko in einer ungewissen Klimazukunft. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen; Mellert, K.H. und J. Ewald (2014): Nutrient limitation and site-related growth potential of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst) in the Bavarian Alps. Eur J Forest Res, DOI 10.1007/s10342-013-0775-1; Mellert KH Göttlein A (2012): Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references. European Journal of Forest Research. DOI 10.1007/s10342-012-0615-8; Mellert KH Göttlein A (2013): Identifikation von Schwellenwerten und limitierenden Ernährungsfaktoren der Fichte unter Anwendung neuer Ernährungskennwerte und moderner Regressionsverfahren. Allg. Forst- und Jagdzeitung 184. Jg., 9/10, 197-203. Oksanen J et al. (2011) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Weis W, Göttlein A (2012). Nährstoffnachhaltige Biomassennutzung. LWF aktuell 90, 44 – 47.

### Danksagung

Die Arbeiten fanden statt im Rahmen des Projekts Energieholzern und Stoffliche Nachhaltigkeit in Deutschland (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe FZK 22020312)

### Kontakt

Dr. Karl H. Mellert, LWF, +49(0)816171-4891  
Karl.Mellert@lwf.bayern.de; [www.lwf.bayern.de](http://www.lwf.bayern.de)