

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission II:
Bodenchemie

Titel der Tagung:

Böden – divers & multifunktional

Veranstalter:

DBG/UFZ

Termin und Ort der Tagung:

2.-8. September 2023, Halle/Saale

Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation), <http://www.dbges.de>

**Räumliche Muster von
Baumarteneffekten auf Eigenschaften
des Auflagehumus - Untersuchungen
entlang von bestandesübergreifenden
Transekten zwischen Rotbuche und
Fichte/Kiefer in bodensauren Forsten
Mitteldeutschlands**

Florian Achilles^{a,c}, Alexander Tischer^a,
Beate Michalzik^{a,b}

Schlüsselworte:

Waldumbau, Streufall, Boden, Humus,
räumlicher Baumarteneffekt

Zusammenfassung:

Als Reaktion auf die weiträumig
degradierten Waldgebiete Mittel-
deutschlands wurden im frühen 20. Jh.
gezielt Buchengruppen ($\varnothing < 20$ m)
innerhalb von bodensauren Fichten- und
Kiefernbeständen zur Verbesserung der
Bodenfruchtbarkeit angepflanzt.

^aFriedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für
Geographie, Professur für Bodenkunde,
Löbdergraben 32, 07743 Jena, GER

^bDeutsches Zentrum für integrative
Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig

^cKontakt: florian.achilles@uni-jena.de

Die heute etwa 85 Jahre alten Gruppen,
aufgrund ihrer Form traditionell Grüne
Augen genannt, bieten die seltene
Möglichkeit langfristige Auswirkungen des
Waldumbaus auf bodenökologische
Eigenschaften des Auflagehumus räumlich
und zeitlich zu untersuchen.

Ein klimatisch-geologischer Gradient
zwischen den untersuchten Regionen
(Ostthüringer Buntsandstein-Hügelland,
Thüringer Vogtland, Mittelerzgebirge),
ermöglichte die Einbeziehung der Wirkung
von Geologie und Klima.

Innerhalb einer Region erlaubte die 3-fache
Wiederholung von Buche-Nadelforst-
Paaren unter vergleichbaren lokalen
Standortsbedingungen eine Analyse der
räumlichen Auswirkung der
Baumarteneffekte (z.B. Streueintrag). An
jedem Standort wurden mit Hilfe eines
Transekt-Designs jeweils auf 40 m Länge
aller 2 m ($n = 41$) in 5 Tiefenstufen (L-Hz. -
10 cm Mineralbodentiefe) in SO- und NO-
Ausrichtung u.a. der pH-Wert (in KCl), die
Abbaudynamik organischen Materials und
die Größe von Nährstoffvorräten (C, N, Ca,
Mg, K) untersucht und mittels linear
gemischter Modelle analysiert.

Der Kernbereich der Grünen Augen (6-8 m
um das Gruppenzentrum) unterscheidet
sich hinsichtlich der Humuseigenschaften
deutlich vom umgebenden Nadelforst. So
sind die pH-Werte um bis zu 20 % und die
Umsatzraten des organischen Materials um
43 % erhöht.

Der positive Effekt der Grünen Augen auf
die Humusqualität reicht bis zu 8 m über die
Kronenraumbedeckung der Rotbuche
hinaus, schwächt sich jedoch ab 4 m
deutlich ab. Der Effekt scheint vor allem
Streufall-geleitet zu sein und erstreckt sich
in Bereichen mit durch den Wind
fahnenartig verwehter Buchenstreu
ausgedehnter in den Nadelforst.

Die Ergebnisse der Transekt-
Untersuchungen legen nahe, dass die
Grünen Augen in erster Buchengeneration
inselartig ein feuchteres und weniger

saures Mikrohabitat für pH-sensitive Destruenten im Auflagehumus schaffen. Am deutlichsten ist dies in der niederschlagsärmsten, wärmsten und magersten Region.

Die biologische Aktivierung des oberen Waldbodens innerhalb des Wirkungsbereiches der Grünen Augen kann zu höheren C-Transportraten in den Mineralboden führen. In Hinblick auf den Klimawandel mit einem größeren Waldbrand-Risiko kann dies zu einer stabileren Kohlenstoffspeicherung im Waldboden beitragen.

Räumliche Muster von Baumarteneffekten auf Eigenschaften des Auflagehumus

Untersuchungen entlang von bestandesübergreifenden Transekten zwischen Rotbuche und Fichte/Kiefer in bodensauren Forsten Mitteldeutschlands

Florian Achilles¹, Alexander Tischer^{1,2}, Beate Michalzik^{1,2}

Kontakt: florian.achilles@uni-jena.de

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, Professur für Bodenkunde, Löbdegraben 32, 07743 Jena, GER; ² Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig

HINTERGRUND UND ZIELSTELLUNG



Baumartenspezifische Wechselwirkungen mit dem Waldboden (u.a. Mikroklima, Stoffflüsse) können als Instrument für eine Schaffung störungs- und klimaresilienter Mischbestände dienen (Augusto et al., 2015).

Als Reaktion auf weiträumig degradierte Waldgebiete Mitteldeutschlands wurden im frühen 20. Jh. **gezielt Buchengruppen** (*Fagus sylvatica*) **innerhalb von bodensauren Nadelforsten** (*Pinus sylvestris* und *Picea abies*) (aufgrund ihrer Form traditionell „Grüne Augen“ genannt; Abb. 1) zur **Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit** angepflanzt (Clemens, 1930).

Obwohl die Effekte weit verbreiteter Baumarten wie der Buche auf Bodeneigenschaften weitgehend bekannt sind, gilt dies nicht für deren **räumliche (insbesondere horizontale) Reichweite**. Nur wenige Studien befassen sich mit der **räumlichen Variations des Effektes der Rotbuche auf die Zersetzung organischen Auflagehumusmaterials (OM)** (Wälder et al., 2008; Axer et al., 2022). Es besteht ein Bedarf an weiteren Untersuchungen auf mehreren räumlichen Skalen (lokal, regional) und entlang von Umweltgradienten (z.B. Klima). Die im vorgestellten Promotionsprojekt untersuchten Buchengruppen boten die **seltene Möglichkeit langfristige Effekte ca. 85 Jahre alter Waldumbaumaßnahmen auf den Auflagehumus räumlich zu untersuchen**. Ein regionaler Gradient ermöglichte ferner die Einbeziehung der Auswirkung von Geologie und Klima auf die Stärke des Baumarteneffektes.

METHODEN

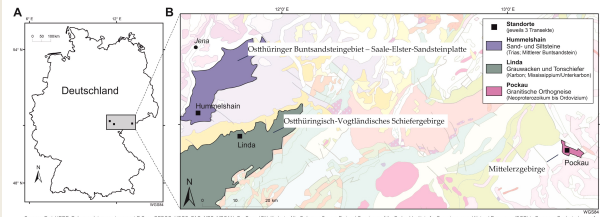


Abb. 2: A) Lage des Untersuchungsgebiets in Mitteldeutschland (Regionen als schwarze Quadrate markiert). B) Oberflächennahe Geologie (siehe auch Abb. 5B). Das Gestein in Hummelshain und Linda ist überwiegend durch langsam verwitternde Quarze und Kaolinitpâte (Orthoklas) gekennzeichnet, während die normative Mineralogie in Pockau reicher an Plaggen (Biotit, Muskovit) und Glimmerfeldspat (Oligoklas) ist (Hoppe und Seidel, 1974; Tschornikowa, 2001).

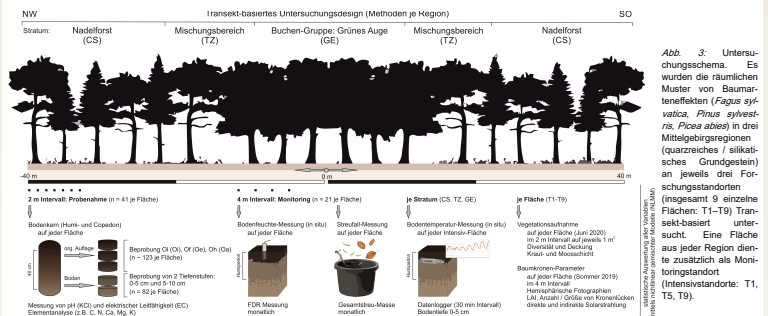


Abb. 3: Untersuchungsdesign. Es wurden die räumlichen Muster von Baumarteneffekten (*Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*) in drei Mittelgebirgsregionen (quarzreiche/silikatische Grundgesteine) an jeweils drei Forstungsschneidungen (insgesamt 9 einzelne Flächen; T1-T9) Transekt-basiert untersucht. Eine Fläche aus jeder Region dient als Monitoringstandort (Intensivstandorte: T1, T5, T9).

HAUPTERGEBNISSE

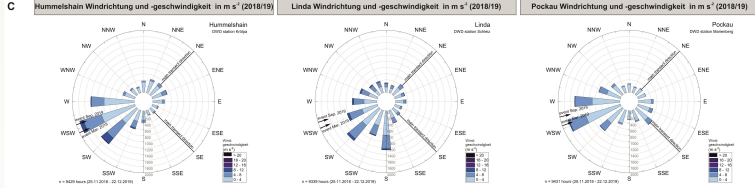
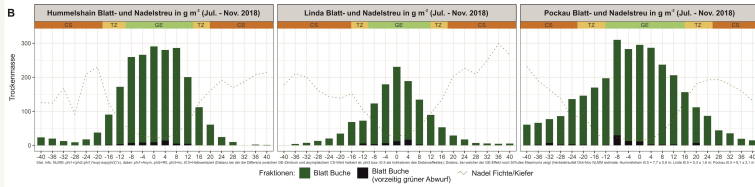
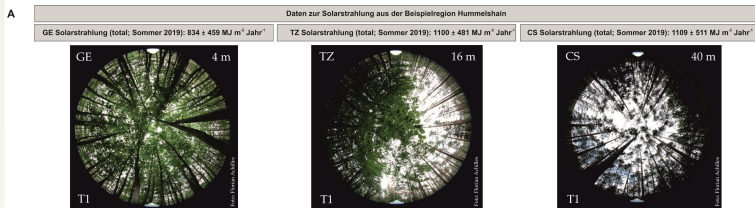


Abb. 4 Faktoren **Kronenraum** und **Streufall**. A) Kronendeckung entlang der Transekte unter Angabe der totalen Solarstrahlung (diffus und direkt) im Stratum sowie B) räumliche Muster der Blatt- und Nadelstreuflächen in der Hauptstreufallperiode 2018 unter C) Angabe der Hauptwindrichtung 2018/19.

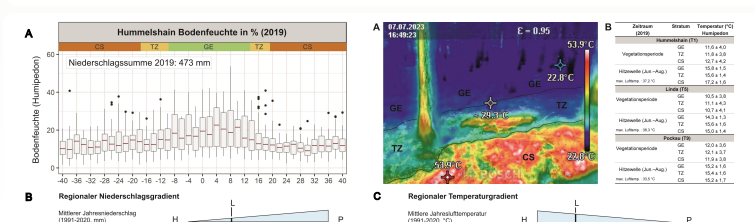


Abb. 7. **Humusform und Umsatzrate organischen Materials**. Räumliches Muster der Humusformen-Verteilung (Mull, Moder, Rohhumus) entlang der Transekte (in den Untersuchungsregionen unter Angabe der stratenabhängigen Umsatzrate organischen Materials des Auflagehumus (OM) Umsatzrate $k = OM \text{ Umsatzrate} \times A$ OM-Vorrat).

→ Der **OM-Umsatz der GE ist um bis zu 43 % höher als in den CS**, in **nährstoffreicheren Regionen** gekennzeichnet durch eine **Mull-Dominanz** (Abb. 7).

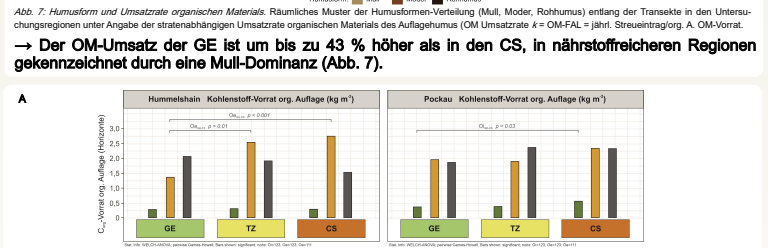


Abb. 8. **Kohlenstoffvorrat und Faktor Geologie** A) Tiefenmuster der Kohlenstoffvorräte (C) in den Horizonten des Auflagehumus entlang der Transekte (Stratum) in den Beispielregionen Hummelshain und Pockau. B) Hummelshain (H) und Pockau (P) zeigen als jeweilige Endglieder eines regionalen geologischen Gradienten auf silikatischen Ausgangsgesteinen unterschiedliche Nährstoffverfügbarkeiten in ihren Böden (L = Region Linda).

→ Der **C-Vorrat unterscheidet sich stratenabhängig im Tiefenverlauf des Auflagehumus mit einer C-Akkumulation in tieferen Horizonten innerhalb der GE** als in den TZ oder CS (Abb. 8).

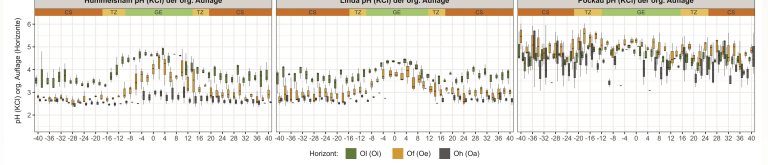


Abb. 9. **pH-Wert**. Räumliches Muster des Aciditätsstatus des Auflagehumus (pH-Wert in KCl) getrennt nach Horizont entlang der Transekte in den Untersuchungsregionen. Die Flächen sind durch saure Verhältnisse gekennzeichnet, wobei in der Region Hummelshain und Linda niedrigere pH-Werte vorkommen als in der Region Pockau.

→ Die **GE besitzen bis in den Oh-Horizont hinein 5-23 % höhere pH-Werte als der Nadelforst** (Abb. 9).

FAZIT

Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass **~85 Jahre nach der Etablierung der Grünen Augen vor allem Streufall-geleitet über deren Bestandesgrundfläche hinaus eine deutliche Einwirkung der Buche auf Kernwerte der organischen Auflage im Nadelforst stattfindet**:

- Die **biologische Aktivierung des oberen Waldbodens** durch die Grünen Augen kann u.a. zu höheren C-Transportraten in den Mineralböden und zu einer **stabileren, klimaresilienten C-Speicherung** beitragen.
- Es bleibt ein **Feld weiterer Forschung**, wie folgende Baumgenerationen auf initial veränderte Bodeneigenschaften reagieren und wie dieses mit zukünftigen Ökosystemdynamiken zusammenhängt.
- **Transektuntersuchungen** bieten sich als Methode für bodenkologische Fragestellungen unter Berücksichtigung von **räumlichen Baumarteneffekten** an.

Referenzen: Augustin, A., Vesterlund, L., Steingard, A., Prescott, C., Ranger, J. (2015) Influences of evergreen gymnosperm and deciduous angiosperm tree species on the functioning of temperate and boreal forests. *Biol Rev Camb Phil Soc*, 90, 444-466. 10.1111/bv.12119. Axer, M., Alshuler, F., Wälder, R., Wälder, R. (2022) Evaluation of a Restoration Approach After One Century – Effects of Admixed European Beech on the Natural Regeneration Potential and Humus Condition in Spruce Stands. *Frontiers in Forests and Woodland*, 2022:639169. Clemens, R. (1930) Beitrag zur Buchenforsten in einem technischen Festen. *Der Deutsche Forstbesitzer*, 65:5-15. DWI (2019) *Deutscher Waldinventar 2019*. (Schwarz-Waldatlas, Monitoring). <https://doi.org/10.26907/2541-8811>. Climate Data Center, Hoppe, W., Seidel, G. (1974) Geologie von Thüringen [Bücherei Erdart., Geol., Staatl. Geol. u. Bergbauamt M. (2001)] Die Geologie des Erzgebirges – Hochschwarzwald. *Geologische Jahrbücher und Geographische Karte der Gegend von Coblenz*. *Veröffentlichung der Geologischen Bundesanstalt*, 223. pp. 108. Wälder, R., Fiedler, A., Bredemeier, M., Köhler, W., Wälder, R. (2005) Analyse der räumlichen Humusvariation in einem stand von European beech and Norway spruce: An application of structural equation modeling. *Ecological Modelling*, 173: 319-330. 10.1016/j.ecolmod.2007.12.014.

Weitere Ergänzungen: Achilles, F., Tischer, A., Bredemeier, R., Röhmann, M., Michalzik, B. (2021a) Effects of Moderate Nitrate and Low Sulfate Depositions on the Status of Soil Base Cation Pools and Recent Mineral Soil Acidification of Forest Conifers in Europe. *Biogeochemistry* (Open Eye) Embedded in Norway Spruce and Scots Pine. *Soils*, 11: 203007. Achilles, F., Tischer, A., Bredemeier, R., Röhmann, M., Michalzik, B. (2021b) European beech leads to more bioactive humus forms but stronger mineral soil acidification as Norway spruce and Scots pine – Results of a repeated site assessment after 63 and 82 years of forest conversion in Central Germany. *Forest Ecology and Management*, 483: 118769. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118769>

Danksagung: Prof. Dr. Jürgen Baubus, Prof. Dr. Martin Henz, Dr. Marie Grunelle, Dr. Karim Potbhara, Dr. Nico Fröhlich, Irina Omer, Frank Reinhardt, Isabel Rödig, Uta Berner, Nico Bredemeier, Kai Hartwig, Mareike Achilles, Nadine Schilke, Juliane Howe, Maximilian Schottner, Max Wilkes, Barbara Maria Kaden, Andreas Jakobs, Jan-Eric Term, Sandra Grainger, Ansel Müller, Roripa Helene Probst, Christian Gregori

Green EYE FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA THÜRINGERFORST SACHSENFORST GEORG-LUDWIG-HARTIG STIFTUNG GRADUIERTENAKADEMIE