

Stickstoffdynamik in Buchenwaldökosystemen auf Basaltstandorten in Abhängigkeit von Exposition, Höhenlage und Versauerungsgradienten

Matthias Richter

Synopsis

The trees of SW-exposed beech forests are less vital and their trunks have a smaller diameter than NE-exposed beech forests. According to the indicator values of ELLENBERG & al. (1991), SW-exposed sites contain more nitrogen and they are more acid, drier and brighter than NE-exposed sites. At the convex parts of hills in beech forests, drifting of leaves by wind has considerable influence on N-dynamic and on soil acidification. Only in case of a strong drift of leaves by wind and/or slow soil-forming processes resulting in shallow soils, do SW-exposed sites store less nitrogen and less cations. Especially grassy sites can store high amounts of nitrogen in soil despite low indicator values for nitrogen. A much higher P-content of NE-exposed sites indicates more biological activity and therefore a higher rate of decomposition. At NE-exposed sites nitrogen output by seepage water is much higher.

Stickstoffdynamik, Bodenversauerung, Buchenwald-ökosysteme, Basaltstandorte, Zeigerwerte, Schadstufen, Input/Output-Ansatz

Nitrogen dynamic, soil acidification, beech forest ecosystems, basaltic sites, indicator values, vitality classes, input/output

1. Einführung

Waldschäden waren und sind an den Oberhängen W-SW-exponierter Berge in den deutschen Mittelgebirgen besonders frühzeitig und stark sichtbar (WENTZEL 1984). Dies ist auch (ULRICH 1987; v. ZEZSCHWITZ 1987), aber sicher nicht allein eine Folge höherer Stickstoff- und Säureinträge dieser Standorte.

In der vorliegenden Untersuchung wird eine Zustandsbeschreibung von ökosystemar bisher wenig untersuchten Waldökosystemen auf Basalt vorgenommen. Die Ergebnisse werden zueinander in Beziehung gesetzt und im Zusammenhang mit Waldschäden diskutiert.

2. Methoden

An 10 Kegelbergen in 20 Buchenaltbeständen der Hessischen Rhön wurden in unterschiedlicher Höhenlage (400–850 m ü. NN) und unterschiedlicher Exposition (vorwiegend SW- und NO-Lagen) folgende Arbeiten an den Oberhängen von Basalt-Kuppenbergen in Altbuchenbeständen der Rhön durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen der N-Dynamik und ökologischen Parametern auf landschaftsökologischer Ebene zu erfassen:

Zur **Schadstufenansprache der Buchenbestände** wurden je Probefläche 10–13 Altbuchen markiert und mit Hilfe eines Fernglases gemäß dem Schadstufenschlüssel für *Fagus sylvatica* (ROLOFF 1986) eingestuft. Zur Ermittlung des **Brusthöhendurchmessers (BHD)** wurden pro Bestand etwa 10 beliebige ausgewählte Buchen an ihrer dünnsten und dicksten Stelle in Brusthöhe mit einer geeichten Kluppe gemessen. Die Ansprache der Deckungsgrade der Arten der Krautschicht erfolgte durch eine **Vegetationsaufnahme** nach Braun-Blanquet an drei Terminen im Jahr. Bei der Zuordnung von **Zeigerwerten** zu den krautigen Pflanzen wurden die neuesten Werte (ELLENBERG & al. 1991) verwendet. Die Erfassung des **Humus- und Bodenzustands** erfolgte nach Standardverfahren (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982). Hierbei wurden 60 cm tiefe Bodengruben ausgehoben. Zur Ermittlung der **effektiven Austauschkapazität (AK_e)** wurden aus 4 Tiefenstufen (0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm und 40–60 cm) jeweils 4 Proben genommen und diese zu einer Mischprobe vermengt. Die getrockneten und gesiebten Bodenproben wurden mit 1 n NH₄Cl perkoliert und die Kationen im Perkolat anschließend mit Flammen-AAS-Technik bzw. colorimetrisch bestimmt. Die Ermittlung der **Elementvorräte** erfolgte gemäß den AK_e-Daten und der Bodenbeschreibung. Zur Berechnung der **Stoffflüsse** wurde zunächst eine Wasserbilanz aufgrund von Daten des Dtsch. Wetterdienstes Offenbach und Daten des Forsthydrol. Instituts der Hess. Forstlichen Versuchsanstalt Hann. Münden aufgestellt. Hieraus ließen sich der Bestandesnieder-schlag und der Sickerwasseraustrag bestimmen. Auf den Untersuchungsflächen wurden je sechs Lysimeterkerzen installiert, die alle bis in 60 cm Bodentiefe reichen. Nach vierzehntägiger Probenahme wurden

gemäß dem Laborstandard des Instituts für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, an dem die Untersuchung durchgeführt wurde, die Wasserproben wie folgt analysiert:

- pH-Wert: elektrometr. Messung mit der Einstabglas-elektrode
- Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Zn durch AAS (Flamme bzw. Graphitrohrküvette) oder ICP
- P, S, Cl, NH₄, NO₃, N-gesamt (nach Aufschluß) kolorimetrisch mit Autoanalyser (Cenco)
- C_{org} mit TOC-Analyser (Beckmann)

Im Rahmen der dieser Veröffentlichung zugrundeliegenden Diplomarbeit wurde der Einfluß vieler Faktoren auf die N-Dynamik an Kegelbergen berücksichtigt. Daher können hier aus Platzgründen nicht alle Ergebnisse detailliert belegt werden. Die vollständige Arbeit wird in der Veröffentlichungsreihe B des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben in Göttingen erscheinen. Dort oder in der Diplomarbeit selbst (RICHTER 1994) können weitere Ergebnisse und Daten nachgelesen werden. Die im Kapitel 3 formulierten Ergebnisse gehen auf diese Untersuchung zurück, sofern keine andere Quelle genannt ist.

3. Ergebnisse

Im folgenden werden alle SW-W-exponierten Standorte vereinfachend SW-exponiert genannt, alle NO-O-exponierten NO-exponiert.

3.1 Schädigung der Buchen

Die SW-exponierten Buchenbestände sind an 5 von 6 Bergen (ca. 85 %) stärker geschädigt als die NO-exponierten Bestände an denselben Bergen. Die Schädigungsdifferenz beträgt insgesamt durchschnittlich etwa eine halbe Stufe. Mit zunehmender Höhe ü. NN sind die Bestände stärker geschädigt. Bei einer Höhenzunahme um 400 m erhöht sich die Schadstufe um eine halbe Einheit.

3.2 Brusthöhendurchmesser (BHD)

SW-exponierte Bestände haben an 5 von 6 Bergen (ca. 85 %) einen geringeren (im Durchschnitt aller Berge einen um 8 cm geringeren) BHD als NO-exponierte (n = 12 Standorte). Dabei weisen die Bestände mittlere BHD von 30–50 cm auf.

3.3 Zeigerwerte nach ELLENBERG & al. (1991)

Die folgenden Ergebnisse wurden an 8 Bergen, d.h. an 16 Standorten (jeweils SW- und NO-Exposition) gewonnen.

Die **Stickstoffzahlen** zeigen an allen Bergen für die SW-exponierten Standorte eine geringere (im Durchschnitt aller Berge um 1,7 Einheiten geringere) Versorgung mit mineralischem Stickstoff an als für die NO-exponierten. Mit zunehmender Höhe ü. NN steigen die N-Zahlen an, die krautige Vegetation weist auf höhere Stickstoffgehalte bzw. Stickstoffnachlieferungsraten. Gemäß den **R-Zahlen** sind die SW-exponierten Standorte an 7 von 8 Bergen saurer (im Durchschnitt aller Berge um 1,7 Einheiten) als die NO-exponierten Flächen. An einem Berg wurde in SW- und NO-Exposition die gleiche R-Zahl festgestellt. Anhand der **Feuchtezahlen** läßt sich zeigen, daß die SW-exponierten Standorte an allen Bergen durchschnittlich 0,5 F-Zahl-Werte trockener sind als die NO-exponierten. Die **Lichtzahlen** geben für die SW-Exposition durchschnittlich (bezogen auf alle Berge) um 0,7 Einheiten höhere Werte an als für die NO-Exposition. An 7 von 8 Bergen ist dabei die Lichtzahl im SW höher, an einem Berg im SW und NO gleich. Nach den Zeigerwerten treten **N-Armut und Versauerung** (niedrige R-Zahl) meist gekoppelt auf. Mit zunehmender Höhe ü. NN nimmt an den SW-Expositionen die Bodenbedeckung der krautigen Vegetation von 30 % auf 80 % zu.

3.4 Humus- und Bodenansprache (n= 20 Standorte)

Insgesamt ist die **Streuauflage** im SW der Berge nur etwa halb so mächtig wie im NO. Als Bodentyp liegen vorwiegend skelettreiche Braunerden vor, die sich aus basenreichem basaltischen Ausgangsgestein gebildet haben. Die **Böden** der SW-exponierten Flächen sind insgesamt skelettreicher und deren Ah-Horizont ist um 5–15 cm geringer mächtig als der Ah-Horizont der NO-exponierten Flächen. Mit zunehmender Höhe ü. NN nimmt der Skelettgehalt in der Tiefenstufe 20–60 cm zur Bodenoberfläche hin zu, d.h. die Böden werden flachgründiger. Die Anzahl an aus dem Boden ragenden Gesteinsblöcken nimmt mit der Höhe ü. NN zu. Durch deutlich vorherrschende W-SW-Winde (die durch langjährige Meßreihen von zwei Stationen des Deutschen Wetterdienstes für die Rhön belegt werden) ist, wie durch exemplarische Untersuchungen an zwei Bergen gezeigt werden konnte, ein gerichteter Blatttransport vom SW der Kegelberge in deren NO-Lagen gegeben (RICHTER 1994). Dies spiegelt sich auch in der Mächtigkeit der Streuauflage wider, die für einige

der untersuchten Berge in Tab. 1 wiedergegeben ist. Hierbei steht »Verlust (-)« für geringen Export von Blattstreu durch Windverwehung, »Verlust (-)« für mittlere Streuverwehungsverluste und »Verlust (-)« für hohe Streuverwehungsverluste. Standorte, die in letztere Kategorie fallen, liegen häufig nahe Waldrändern wie z. B. die Standorte Bomberg/West und Wasserkuppe/West. Analog den »Verlusten«, sozusagen nur mit umgekehrtem Vorzeichen, wurde mit der Kennzeichnung der »Zufuhr« von Blattstreu verfahren. Durch Verwehung der Blattstreu können gemäß einem Szenario 20–40 kg Stickstoff pro Jahr und Hektar in die NO-Lagen der Kegelberge transportiert werden. Ein dauerhafter Export von Stickstoff und Kationen (diese Stoffe verbleiben teilweise in den abgeworfenen Blättern) mit der Blattstreu führt zu Versauerung (insofern man Versauerung als Kationenver-

lust definiert) der SW-exponierten Bestände und zu höheren Kationenvorräten der NO-exponierten Bestände. Niedrige R-Zahlen und starke Blattverwehung treten gemeinsam auf, sind allerdings nicht mit niedrigen pH-Werten der SW-Lagen verknüpft (vgl. Tab. 1). Die wichtigsten Ergebnisse der folgenden beiden Kapitel sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

3.5 Basensättigung und Vorräte (n = 8 Standorte)

Die Basensättigung steigt an allen Standorten mit zunehmender Bodentiefe an. Die NO-exponierten Standorte haben im Gegensatz zu den SW-exponierten durchgängig noch hohe Basensättigung (selbst im versauerungsgefährdeten Oberboden um 80%). Die SW-exponierten Standorte haben eine geringe Ba-

Tab. 1
Standorte und Parameter

Tab. 1
Study sites and parameters

Berg	Kielkuppe	Kielkuppe	Bomberg	Bomberg	Bomberg	Bomberg	Wasserk.	Steinkopf
Standort - Exposition	SW	NO	W	NW	NO	O	W	W
m Höhe ü. NN	530	530	670	670	670	670	780	830
Kmol IÄ Säureeintrag	1,06	1,06	1,03	1,03	1,03	1,03	1,7	1,08
Blattstreuverwehung	Verlust (-)	Zufuhr (+)	Verl. (---)	stark	Zuf. (+++)	Zuf. (+++)	Verl. (---)	Verlust (-)
cm Streuauflage	5	10	0-2	wechselnd	15	15	0-1	5
cm Ah-Horizont	10	15	5	15	20	20	15	10
N-Zahl	4,5	6,7	4,4	6,2	7,2	6,6	4,8	6,5
R-Zahl	6,5	6,9	3,9	6,6	7,1	6,9	4,1	6,7
kg N-Verlust Sickerw.	24	60	1	20	80	42	5	22
kg P-Gehalt (0-10cm)	1700	2000	1100	1000	1900	2100	1200	2200
Basensätt. (0-20 cm)	80	80	15	70	80	80	30	75
Mb/Ma-Kat. (0-60 cm)	8,3	8,5	0,6	4,8	10,1	7,5	0,6	4,3
Schadstufen	1,4	0,8	1,9	1,5	1,5	1,2	2	1,7
Vol.-% Skelett (0-60 cm)	40	40	55	75	15	35	35	40
Kmol IÄ Vorr. Kat. (0-60 cm)	1100	1160	630	530	1870	1580	540	510
kg N-Vorrat (0-60 cm)	8600	8600	6200	5000	11000	8700	11800	12700
kg N-Eintrag	27	27	28	28	28	28	37	26
mm Jahresniederschlag	585	585	650	650	650	650	705	730
pH (KCl) (0-10 cm)	3,6	3,5	3,65	3,7	3,4	3,55	3,75	3,8

Anmerkung: Hervorhebungen dienen dazu, Erläuterungen im Text schneller erkennbar zu machen.

sensättigung (<50%), wenn sie starker Streuverwehung und/oder hohen Säureeinträgen ausgesetzt sind. Relativ (in Relation zu den anderen untersuchten Standorten) hohe Säureeinträge in Verbindung mit hohen Niederschlagsraten bedingen die, am tiefsten reichende, gleichmäßige geringe Basensättigung am Standort Wasserkuppe/West.

Mit zunehmender Höhe ü. NN muß die Basensättigung nicht zwangsläufig absinken. Selbst der am höchsten gelegene Standort (Steinkopf/West) hatte eine Basensättigung von fast 80% im Oberboden. Hier sind allerdings die Säureeinträge wesentlich geringer.

Mit zunehmender Höhe ü. NN nehmen die **Vorräte an Kationen** ab. Hierzu sollte man nur die SW-exponierten Standorte vergleichen, da erstens nicht genug NO-Lagen untersucht wurden und zweitens, bedingt durch die Geomorphologie der Berge, die NO-Lage des Bomberges ein höheres Potential für zugewehrte Laubstreu hat als die NO-Lage der Kielkuppe. Mit der Höhe ü. NN abnehmende Kationenvorräte lassen sich in bezug auf die mit der Höhe ü. NN zunehmenden Niederschlagsraten interpretieren, die größere Mengen an mit dem Sickerwasser aus dem Boden ausgewaschenen Kationen bedingen. Dies gilt nicht für die Stickstoffvorräte, die mit der Höhe ü. NN zunehmen – bekanntlich nimmt unter kühl-feuchten Bedingungen die Humifizierung zu, das bedeutet, der Stickstoff wird in relativ stabile organische Bindungsverhältnisse überführt. Dies sind, ebenso wie die Blattverwehung, sehr langfristig ablaufende Prozesse.

SW-exponierte Bestände haben nur dann geringere Vorräte an Stickstoff und an Kationen als NO-exponierte Bestände, wenn starke Streuverwehung und/oder geringe Bodenbildung (d.h. hoher volumenbezogener Bodenskelettanteil am Gesamtboden) vorliegen. Letzteres trifft auch für den Standort Bomberg/NW zu. Mit diesem Erklärungsansatz läßt sich der sehr hohe Stickstoffvorrat am Standort Wasserkuppe/W nicht erklären. Dies wird in Kap. 3.6 diskutiert.

Die **P-Gehalte** der NO-exponierten Standorte sind deutlich höher als die der SW-exponierten Standorte in gleicher Höhenlage. Dies deutet darauf hin, daß im NO der Berge eine höhere biologische Aktivität herrscht und größere Zersetzungsraten vorliegen.

Zudem sind mit abnehmendem **absoluten Anteil basischer Kationen an der AK_e** ($\mu\text{mol IÄ/g}$ Boden in 0–40 cm Bodentiefe) die Bäume stärker geschädigt. Der absolute Anteil von Kationen an der AK_e steht (gemeinsam mit der Bodenmenge) im Zusammenhang mit den Kationenvorräten. Bei konstanter Bodenmenge und abnehmenden $\mu\text{mol IÄ/g}$ Boden

werden auch die Kationenvorräte geringer. Dies läßt sich z.B. am Vergleich der Standorte Kielkuppe/SW und Steinkopf/W zeigen. Der absolute Anteil basischer Kationen an der AK_e wird durch die Relation (M_b/M_a -Kationen) von basischen (K^+ , Ca^{2+} ,...) zu sauren Kationen (H^+ , NH_4^+ ,...) widergespiegelt. Geringe Kationenvorräte werden durch natürliche Faktoren wie starke Blattstreuverwehung, geringe Bodenbildung und hohe Sickerwasserraten mitbedingt. Das Verhältnis der M_b/M_a -Kationen (berechnet als Kmol IÄ/Kmol IÄ) wird durch die Blattstreuverwehung und die Sickerwasserrate beeinflusst. Faktoren wie geringe Bodenbildung, hohe Sickerwasserraten und hohe Blattstreuverwehungsverluste findet man an vielen Standorten, insbesondere in den höheren Lagen der Mittelgebirge, und dies theoretisch auch unabhängig von anthropogenen Belastungen. Standorte, die diese Faktorenkombination aufweisen, reagieren besonders empfindlich auf Säureeinträge, da natürlicherweise weniger Säurepufferung durch basische Kationen möglich ist.

3.6 Input/Output

Für die Stoffeintragsraten ist die räumliche Lage zu den Emittenten entscheidend. Die eingetragenen Stoffmengen steigen zwar i.d.R. mit der Höhe ü. NN an, die Stoffkonzentrationen werden allerdings eher geringer. Letzters gilt auch für Stickstoff. Die **Stickstoffeinträge** liegen zwischen 25 und fast 40 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ (vgl. Tab.1, hier beziehen sich alle Stoffflußraten auf eine Fläche von einem Hektar und auf den Zeitraum eines Jahres). Die höchsten Stickstoffeinträge wurden an einem Standort gemessen, der sich stark aus der Umgebung erhebend, am Westrand der Rhön gelegen ist und damit dem Ferntransport von Stickoxyden aus dem Ballungsgebiet Rhein-Main am stärksten ausgesetzt ist (Wasserkuppe/West). Zudem sind diesem Berg Gemeinden mit sehr hoher Viehhaltungsdichte westlich vorgelagert, deren NH_3 -Emissionsraten pro Jahr und Hektar Gemeindefläche ebenfalls berechnet wurden (RICHTER 1995). Wegen der vorherrschenden W-SW-Winde wird dieser Befund verständlich.

Die **Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser** sind für die NO-exponierten Standorte mit 40–80 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ deutlich höher als für die SW-exponierten (1–24 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$). Hohe Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser treten weitgehend parallel zu hohen P-Gehalten im Oberboden auf. Lediglich 1–5 kg N-Verlust mit dem Sickerwasser findet man dort, wo hohe Blattstreuverwehungsverluste vorliegen (Bomberg/West und Wasserkuppe/West). Am Standort Wasserkuppe/West liegen bei geringen N-Austrägen mit dem Sickerwasser recht hohe N-Gehalte

im Boden vor (11800 kg pro ha und 60 cm Bodentiefe). An diesem Standort betragen die Einträge fast 40 kg • ha⁻¹ • a⁻¹. Hier können gemäß einem Szenario bis zu 40 kg • ha⁻¹ • a⁻¹ durch **Streuverwehung** lateral ausgetragen werden. Allein über die N-Speicherung durch den geringwüchsigen Baumbestand und die krautige Vegetation lassen sich die Input-Output-Differenzen nicht erklären.

4. Schlußbemerkung

Topographische Daten, wie die Höhe ü. NN, die Exposition oder auch die im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls berücksichtigte Neigung und Geländeform, haben einen Einfluß auf die Licht- bzw. Temperaturverhältnisse (3.3), die Wasserverhältnisse (3.3; 3.5), die Windverhältnisse (3.4) und nicht zuletzt die Bodenbildung der Standorte (3.4) (JENNY 1942). Diese Einflüsse spiegeln sich auf den verschiedensten hierarchischen Ebenen von den Elementen (AK_e-Daten, 3.5; Vorräte, 3.5; Stoffflüsse, 3.6) bis zu höher integrierenden Ebenen (Schadstufen 3.1; BHD 3.2) wider und werden auch im Vergleich von SW- und NO-exponierten Standorten auf der Ebene der Landschaft sichtbar, obwohl der Mensch durch Bewirtschaftungsmaßnahmen die natürlichen Standorteigenschaften abgewandelt hat. Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, daß die Disposition gegenüber anthropogen ausgelösten Waldschäden nicht unabhängig von jahrtausende wirkenden Faktoren betrachtet werden kann. Die Blattverwehung exponierter Kuppenlagen durch vorherrschende W-SW-Winde, der früher mehr Aufmerksamkeit geschenkt wurde (JAHN 1952) sowie die natürlicherweise mit der Höhe ü. NN zunehmende Auswaschung basischer Kationen wurden kaum im Zusammenhang mit Waldschäden diskutiert. Dennoch sind sie ein wesentlicher Aspekt, der die SW-exponierten Mittelgebirgslagen über Bodenverarmung und Austrocknung besonders stark gegenüber Waldschäden disponiert.

Literatur

- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE, 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl., Hannover: 331 S.
- ELLENBERG, H. Sen; WEBER, H.E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D., 1991: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII: 248 S.
- JAHN, S., 1952: Die Wald und Forstgesellschaften des Hils-Berglandes (Forstamtsbezirk Wenzeln). Angew. Pflanzensoziologie (Stolzenau/Weser); 5: 77 S.
- JENNY, H., 1942: Factors of soil formation. – McGraw-Hill Book Company, New York/London: 281 S.
- RICHTER, M., 1994: Stickstoffdynamik in Buchenwaldökosystemen auf Basaltstandorten in Abhängigkeit von Exposition, Höhenlage und Versauerungsgradienten. Dipl. Arb., Univ. Göttingen, Forstl. Fachbereich. Göttingen: 159 S.
- RICHTER, M., 1995: Ammoniak-Emission aus der Tierhaltung und Trinkwasserbelastung mit Nitrat. In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.): Internationales Symposium Grundwasserversauerung durch atmosphärische Deposition, Ursachen – Auswirkungen – Sanierungsstrategien. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes f. Wasserwirtschaft, 3/95: 107–111.
- ROLOFF, A., 1985: Schadstufen bei der Buche – Vorschlag für eine bundeseinheitliche Einordnung der Buche in 4 Schadstufen bei terrestrischen Aufnahmen. Forst- u. Holzwirt 40. Jg., Nr. 5: 131–134.
- ULRICH, B., 1987: Stability, elasticity and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. Ecological. Stud., 61. – Springer, Berlin/Heidelberg/New York: 11–49.
- WENTZEL, K. F., 1984: Der Wald ist krank. In: WENTZEL, K. F. u. ZUNDEL, R. (Hrsg.), Hilfe für den Wald., Falken-Verl. Niedernhsn./Ts.: 44–72.
- ZEZSCHWITZ, E. v., 1987: Reliefeinflüsse auf die Belastung der Waldböden durch Protonen und N-Verbindungen. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung, 158. Jg., 7/8: 136–147.

Adresse

Dipl.-Biol. Dipl.-Forstw. M. Richter
 Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
 Universität Hohenheim
 D-70593 Stuttgart

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Richter Matthias

Artikel/Article: [Stickstoffdynamik in Buchenwaldökosystemen auf Basaltstandorten in Abhängigkeit von Exposition, Höhenlage und Versauerungsgradienten 607-611](#)