

Vegetations- und Strukturveränderungen in Fichtenforsten im Vergleich zu Hainsimsen-Buchenwäldern als Ausdruck ökologischer Instabilität

Stefan Zerbe

Synopsis

Spruce monocultures replacing acid soil white wood-rush beech forests (Luzulo-Fagetum) are distributed over a wide area in the highlands of Central Europe today. Using the example of these artificial forests with the spruce as an historical alien tree-species to this area, changes in vegetation and structure are being qualitatively and quantitatively examined and discussed with a view to stability and dynamics of forest and afforestation ecosystems. Spruce afforestations are compared with Luzulo-Fagetum sites. The analysis is thought as a contribution to assessing anthropogenic influence on woodland vegetation.

The analysis of repeated relevés in forest stands in the Northern Eifel, Solling and Central Thuringian Forest has shown that spruce afforestations are less stable, from a vegetation and structural point of view, than beech forests. Signs of less stability in comparison to natural Luzulo-Fagetum are, for example, considerable changes of system-parameters (for example: evenness) during the life of the tree stand. Whereas the wavy hair-grass (*Avenella flexuosa* Parl.) in white wood-rush beech forests only appears as a facies in unfavourable slope-sites, the dominance of the wavy hair-grass is a typical development stage in older spruce afforestations.

Fichtenforst, Stabilität, Luzulo-Fagetum, Vegetationsstruktur, Dynamik, Evenness, Dominanz, Avenella flexuosa. Spruce afforestation, stability, Luzulo-Fagetum, vegetation structure, dynamic, evenness, dominance, Avenella flexuosa.

1. Einleitung und Problemstellung

Die Folgen des anthropogenen Einflusses auf die Vegetation und Struktur von Waldökosystemen sind bereits vielfach beschrieben worden - allerdings vorwiegend in allgemeiner Form. So ändert sich mit dem Einfluß des Menschen auf den Wald z. B. dessen floristische Zusammensetzung, Vegetationsstruktur und/ oder die Standortsqualität. Ebenso wird erwartet, daß bei starkem menschlichem Einfluß auf Wälder die Artendiversität, Stabilität und "ökologische Ordnung" der Waldökosysteme abnimmt (WHITTAKER & WOODWELL 1973, HAEUPLER 1982 u. a.).

Am Beispiel von Fichtenforsten des deutschen Mittelgebirgsraumes wurden Vegetations- und Strukturveränderungen qualitativ und quantitativ erfaßt. Da Fichtenforste in den Mittelgebirgen mit basenarmen Grundgesteinen vornehmlich Ersatzgesellschaften von bodensauren Hainsimsen-Buchenwäldern (Luzulo-Fagetum MEUSEL 37) sind, wurden diese Vegetationstypen miteinander verglichen. Dieser Vergleich bezieht sich vor allem auf die Kraut- und Mooschicht, die als komplexer Bioindikator für die am Standort wirksam werdenden Umweltfaktoren verstanden werden. Es wird diskutiert, inwieweit die festgestellten Vegetations- und Strukturveränderungen eine Aussage über die Stabilität bzw. Instabilität von Wald- und Forstökosystemen zulassen (zu den Begriffen "Wald" und "Forst" vgl. ZERBE 1993, S. 13).

Mit der Untersuchung sollen zum einen die Kenntnisse über die durch menschlichen Einfluß auf Gehölzbestände (z. B. durch forstwirtschaftliche Maßnahmen) ausgelösten dynamischen Vorgänge erweitert werden (vgl. ZERBE 1991). Zum anderen können die Ergebnisse zu einer objektiven Diskussion über naturnahen Waldbau, Naturschutz im Wald und Stabilität von Wäldern beitragen.

2. Methoden und Untersuchungsgebiete

Auf einem vegetationskundlichen Untersuchungsansatz basierend wurden Vegetationsaufnahmen aus verschiedenen Publikationen (GENSSLER 1959, GERLACH 1970 u. a.) ausgewertet. Das Aufnahmematerial wurde u. a. hinsichtlich der in Tabelle 1 aufgeführten Vegetationsparameter ausgewertet.

Mit vegetationskundlichen Wiederholungsuntersuchungen sollten Vegetations- und Strukturveränderungen in Buchen- und Fichtenbeständen des Mittelgebirgsraumes erfaßt werden. Dabei konnte auf vegetationskundliche Erstaufnahmen aus dem Solling, der Nordeifel und dem Mittleren Thüringer Wald zurückgegriffen werden. Ins-

gesamt wurden 92 Wiederholungsaufnahmen in Fichtenaltbeständen (mittl. Bestandesalter 100 Jahre) und 132 in Buchenaltbeständen (mittl. Bestandesalter 143 Jahre) durchgeführt.

3. Zur Stabilität von Waldökosystemen

In der Ökologie wird der Begriff "Stabilität" z. T. mit unterschiedlichen Inhalten belegt. Deshalb sollen hier zunächst die Merkmale erläutert werden, mit denen Stabilität von Waldökosystemen charakterisiert werden kann. Hierbei wird davon ausgegangen, daß sich die "relative Stabilität", bezogen auf die Ebene des Ökosystems (vgl. GIGON 1981), nur im Vergleich zu anderen Ökosystemen erfassen läßt (vgl. HABER 1979). So ist ein bestimmtes Ökosystem (z. B. naturnaher Hainsimsen-Buchenwald) im Vergleich zu einem anderen Ökosystem (z. B. Fichtenforst als Ersatzgesellschaft eines Hainsimsen-Buchenwaldes) dann als stabiler zu betrachten, wenn

- a) **Systemparameter**, wie z. B. Artenzahl, Diversität und Evenness, eine höhere **Konstanz** aufweisen bzw. einer **geringeren Dynamik** unterliegen (ORIANIS 1975),
- b) nach einer Störung oder im Verlauf einer natürlichen Dynamik das Ökosystem in einer **progressiven Sukzession** z. B. weitgehend geschlossenen Nährstoffkreisläufen oder günstigeren Humusformen zustrebt,
- c) eine **lange Lebensdauer** des Ökosystems bzw. der ökosystembestimmenden Arten (in bewirtschafteten Gehölzbeständen häufig durch die Umtriebszeit bestimmt) zu erwarten ist (vgl. FRANK 1968, WEST & al. 1981) bzw. trotz Fremdeinwirkungen (z. B. forstwirtschaftliche Maßnahmen) altersabhängige Wachstums- und Entwicklungsabläufe beibehalten werden (THOMASIUUS 1988a) und
- d) das Ökosystem (durch Naturverjüngung) **regenerationsfähig** ist (THOMASIUUS 1988b).

Dementsprechend weist beim Vergleich von Ökosystemen beispielsweise eine stärkere Veränderung von Systemparametern bzw. eine höhere Dynamik und eine rückläufige Sukzession auf relative Instabilität hin (vgl. Diskussion).

4. Ergebnisse

In Tabelle 1 werden wesentliche vegetationsstrukturelle Veränderungen in Fichtenforsten im Vergleich zu Hainsimsen-Buchenwäldern als deren naturnahe Ausgangsgesellschaft dargestellt (vgl. ZERBE 1993).

Tab. 1: Veränderung struktureller Parameter in Fichtenforsten; angegeben sind die Veränderungen im Vergleich zu den untersuchten Buchenwäldern.

Tab. 1: Changes of structural parameters in spruce afforestations; the changes in comparison with white wood-rush beech forests are given.

Strukturparameter	Veränderungen im Vergleich zu Hainsimsen-Buchenwäldern
Artenzahl	Erhöhung der mittl. Artenzahlen (Höh. Pflanzen und Moose) um bis zu 90%
Evenness	Erhöhung um bis zu 30%; stärkere Veränderung im Laufe der Bestandesentwicklung
Gesamtdeckung der Vegetationsschichten	in Altbeständen geringere Baumschicht- (<75%) und erhöhte Kraut- und Mooschichtdeckung (z. T. bis 100%)
Dominanz von Arten	Drahtschmielen-Fazies in einem Auflichtungsstadium des Bestandes; häufigere Dominanz von Moosen
Anteil von Nicht-Waldarten	Erhöhung in Fichtenaltbeständen um 20%
Lebensformenspektrum	erhöhter Anteil von Moosen und Chamaephyten, Rückgang von Geophyten (z. B. <i>Polygonatum verticillatum</i> L.)
Anthropochoren-/ Apophyten-vorkommen	in Fichtenforsten Eindringen von Arten aus natürlichen Fichtenwäldern (<i>Trientalis europaea</i> L., <i>Plagiothecium undulatum</i> Hedw. u. a.)

Die Parameter "Evenness" und "Dominanz von Arten" (vgl. Tab. 1) sollen im folgenden näher erläutert werden. Die Evenness stellt ein Maß für die "ökologische Ordnung" von Vegetationsbeständen dar (HAEUPLER 1982). Die Auswertung der Wiederholungsaufnahmen aus dem Solling (Buchenbestände: n = 59, Fichtenbestände:

$n = 46$) zeigt, daß die Evenness innerhalb eines Zeitraumes von ca. 20 Jahren in Fichtenbeständen signifikant ($p < 0,01$; t-Test) abgenommen hat, während in den Buchenbeständen keine statistisch signifikante Zu- bzw. Abnahme ermittelt wurde (Abb. 1).

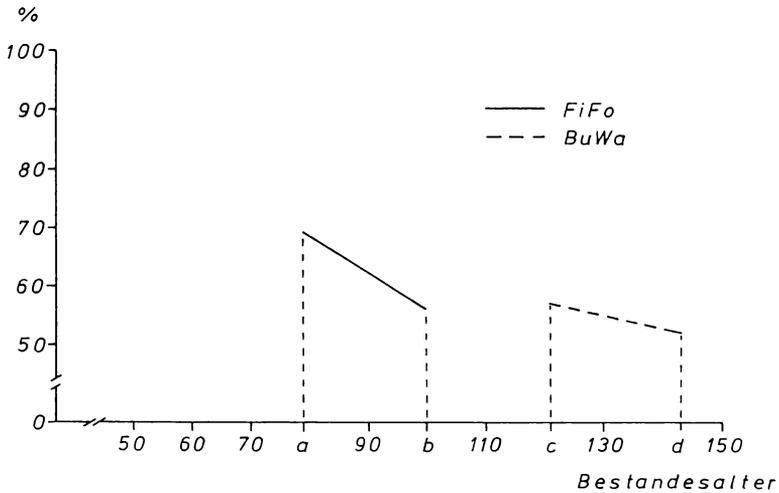


Abb. 1: Veränderung der Evenness in Fichtenforsten und Buchenwäldern des Solling innerhalb eines Zeitraumes von ca. 20 Jahren; a = mittleres Bestandesalter der Fichtenforsten zur Zeit der Erstaufnahme: 79 Jahre und b = zur Zeit der Wiederholungsaufnahme: 100; mittleres Bestandesalter der Buchenwälder zur Zeit der Erstaufnahme: 121 und b = zur Zeit der Wiederholungsaufnahme: 143.

Fig. 1: Changing of the evenness in spruce afforestations and beech forests in the Solling in a period of 20 years; a = mean age of the spruce stands when the first relevés were made: 79 years and b = when the relevés were repeated: 100; mean age of the beech stands when the first relevés were made: 121 years and b = when the relevés were repeated: 143.

Die Dominanz von Arten, worunter hier das Auftreten mit hohen Deckungswerten verstanden wird, ist Ausdruck struktureller und funktioneller Beziehungen in Ökosystemen (STÖCKER & BERGMANN 1977). In Fichtenaltbeständen der untersuchten nord- und mitteldeutschen Mittelgebirgen tritt in der Regel eine Dominanz der Drahtschmiele (*Avenella flexuosa* Parl.) in einem Auflichtungsstadium auf (ZERBE 1993, S. 52ff). Die Vergrasung, d. h. das Auftreten der Drahtschmiele mit Deckungsprozenten zwischen 25 und 100 (= Deckungsgrad 3 bis 5 nach BRAUN-BLANQUET 1964), ist weitgehend unabhängig von der Exposition.

In Abb. 2 sind Vegetationsaufnahmen aus Hainsimsen-Buchenwäldern und Fichtenforsten, in denen die Drahtschmiele mit einem Deckungsgrad von 3 bis 5 auftritt, nach ihrer Lage im Gelände aufgeschlüsselt; angegeben ist die prozentuale Verteilung der Aufnahmen auf die unterschiedlich exponierten Hanglagen (Abb. 2: A) bzw. die ebenen Lagen (Abb. 2: B). Es wird ersichtlich, daß sich in Hainsimsen-Buchenwäldern die Drahtschmiele vor allem in sonnseitigen und windexponierten Lagen flächig ausbreitet; regelrechte "Drahtschmielenteppiche" (Deckung bis 100%) sind nur in Südexpositionen zu finden. Hier können Laubverwehung, stärkere Erwärmung und Austrocknung des Oberbodens zu einer Abnahme der bodenbiologischen Aktivität führen. Die Folgen sind mangelnde Zersetzung der Streu und Rohhumusaufgaben.

Im Vergleich zu den Buchenwäldern bilden sich in Fichtenforsten unabhängig von der Exposition aufgrund der Anreicherung der schwerer zersetzbaren Nadelstreu ungünstigere Humusformen mit niedrigeren pH-Werten und mächtigeren organischen Auflagen aus (NIHLGÅRD 1971 u. a.). Dies begünstigt eine Zunahme der Drahtschmiele - auch weitgehend unabhängig von der Meereshöhe des Bestandes und den standortsökologischen Unterschieden im Wuchsbereich des Hainsimsen-Buchenwaldes. Auf die Oberbodenversauerung und das ungünstigere C/N-Verhältnis weisen auch die im Vergleich zu den Hainsimsen-Buchenwäldern niedrigeren Reaktions- und Stickstoffzeigerwerte der Krautschicht hin (ROST-SIEBERT 1988 u. a.).

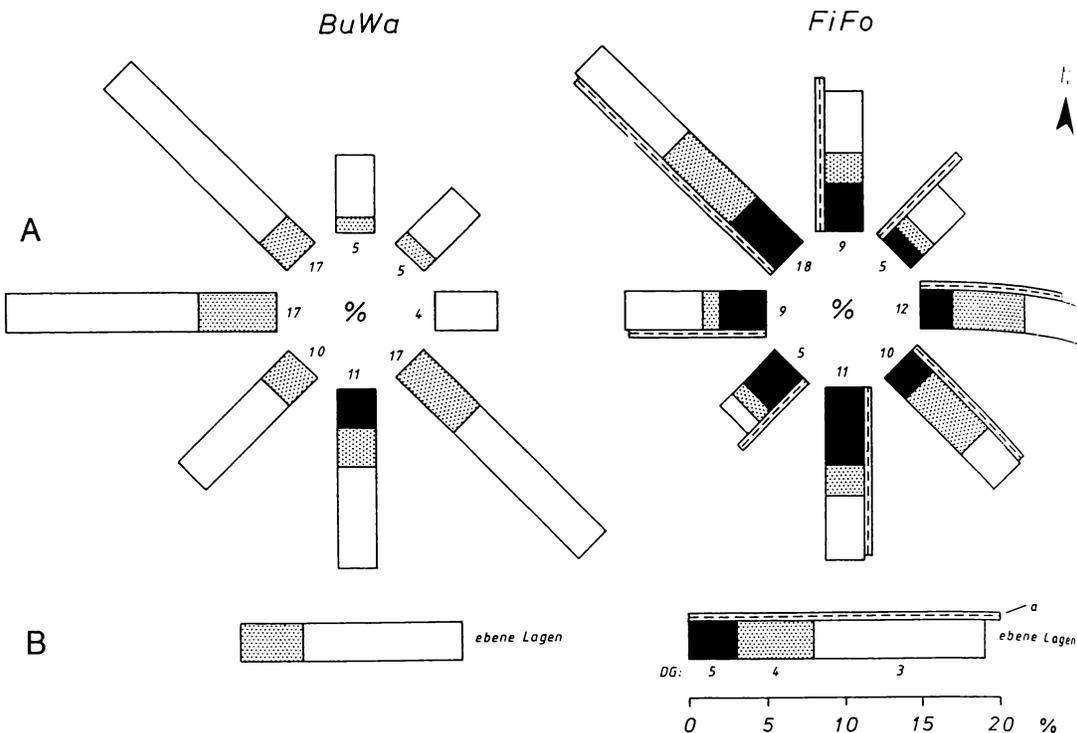


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der Aufnahmen aus Hainsimsen-Buchenwäldern ($n = 79$) und Fichtenforsten ($n = 97$), in denen *Avenella flexuosa* mit einem Deckungsgrad (DG) von 3 bis 5 (nach BRAUN-BLANQUET 1964) auftritt, auf ihre Lage im Gelände: Exposition der Hanglagen (A) und ebene Lagen (B), wobei die Verteilung in Fichtenforsten mit der Verteilung des gesamten Datenmaterials (a; $n = 216$) verglichen wird (Erläuterungen im Text).

Fig. 2: Relevés from white woodrush-beech forests ($n = 79$) and spruce afforestations ($n = 97$), in which wavy hair-grass occurs with cover-values between 3 and 5 (after BRAUN-BLANQUET 1964), divided up (percentage) to their different sites: exposition of the slopes (A) and planes (B); a = all examined relevés $n = 216$.

5. Diskussion

Am Beispiel der Systemparameter Evenness und Dominanz läßt sich zeigen, daß Fichtenforste in vegetationsstruktureller Hinsicht als instabiler zu beurteilen sind im Vergleich zu naturnahen Buchenwäldern. Wie in Abschnitt 3 erläutert, läßt sich die Konstanz bzw. Dynamik von Parametern bezogen auf einen bestimmten Zeitraum im Hinblick auf die Stabilität von Ökosystemen interpretieren. So zeigt sich eine erhöhte Vegetationsdynamik in Fichtenforsten in einer stärkeren Veränderung der Evenness als in den untersuchten Buchenwäldern. Dabei ist zu beachten, daß nicht der Systemparameter an sich, sondern dessen Veränderung entlang eines Zeitgradienten eine Aussage über die Stabilität von Ökosystemen zuläßt.

Nimmt im Verlauf der Bestandesentwicklung die Standortsqualität ab (Verringerung der bodenbiologischen Aktivität, pH-Absenkung u. a.), so wird dies als rückläufige Sukzession (WHITTAKER & WOODWELL 1973) verstanden. In Fichtenforsten auf Standorten der Hainsimsen-Buchenwälder ist die Vergrasung mit der Drahtschmiele Ausdruck der sich ungünstig (auch im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung des Standortes) entwickelnden Humusbedingungen und somit einer rückläufigen Sukzession.

Am Beispiel der Drahtschmielen-Dominanz wird deutlich, daß das flächige Auftreten von Arten in Wäldern und Forsten ein Indikator für geringere Stabilität sein kann (vgl. MIKYŠKA 1964). Wesentliche Gründe für das flächige Auftreten der Drahtschmiele in Fichtenforsten sind mangelnde Konkurrenz von anderen Pflanzen aufgrund der extremen Standortsbedingungen und die Möglichkeit, die Dickungsphase der Aufforstung mit Hilfe

langlebiger Sproßteile im Auflagehumus zu überdauern. Daneben wurden anthropogene Stickstoffzufuhr z. B. in Form von Düngung (RODENKIRCHEN 1982) und die Aluminium-Toleranz von *Avenella flexuosa* (HENRICHFREISE 1976 u. a.) als eine Ausbreitung der Drahtschmiele begünstigende Faktoren nachgewiesen. Zusammenfassend werden die möglichen Ursachen, die nach einer forstwirtschaftlich bedingten Bestandesauflichtung eine Vergrasung der Fichtenforste mit der Drahtschmiele zum einen fördern und zum anderen hemmen bzw. verhindern, aufgeführt:

- A) Eine Vergrasung mit der Drahtschmiele (Deckung 25 bis 100%) fördernde Faktoren sind
- **mangelnde Konkurrenz** von anderen Pflanzen aufgrund des niedrigen pH-Wertes und der schlechten Humusbedingungen,
 - langlebige **Überdauerungsorgane** von *Avenella flexuosa* im Auflagehumus,
 - gute **Bodendurchfeuchtung**,
 - anthropogene **N-Zufuhr** (Düngung, Immissionen) auf den primär nährstoffarmen Standorten und
 - **Al-Toleranz** der Drahtschmiele.
- B) Eine Vergrasung mit der Drahtschmiele hemmende bzw. verhindernde Faktoren (Deckung < 25%) sind
- **Akkumulation** von Laub (z. B. durch Buchenbeimischung im Nadelholzbestand) und
 - **Konkurrenz** von schnellerwüchsigen Pflanzen (z. B. *Festuca altissima* All. und *Calamagrostis arundinacea* L.) auf hinsichtlich der Nährstoffversorgung bzw. Humuszersetzung günstigeren Standorten innerhalb des Wuchsbereiches von Hainsimsen-Buchenwäldern.

Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. - Wien, 3. Aufl.: 865 S.
- FRANK, P. W., 1968: Life histories and community stability. - Ecology 49: 355-357.
- GENSSLER, H., 1959: Veränderungen von Boden und Vegetation nach generationsweisem Fichtenanbau. - Diss. Univ. Hann.-Münden: 191 S.
- GERLACH, A., 1970: Wald- und Forstgesellschaften im Solling. - Schriften. Vegetationskde. 5: 79-98.
- GIGON, A., 1981: Ökologische Stabilität; Typologie und Realisierung. - Fachbeitr. schweiz. MAB-Information 7: 42 S.
- HABER, W., 1979: Theoretische Anmerkungen zur "ökologischen Planung". - Verh. Ges. Ökol. 7: 19-30.
- HAEUPLER, H., 1982: Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. - Diss. Bot. 65: 268 S.
- HENRICHFREISE, A., 1976: Aluminium- und Mangantoleranz von Pflanzen saurer und basischer Böden. - Diss. Univ. Münster: 185 S.
- MIKYŠKA, R., 1964: Über die fazielle Entwicklung des Unterwuchses in wirtschaftlich beeinflussten Wäldern. - Preslia 36: 144-164.
- NIHLGÅRD, B., 1971: Pedological influence of spruce planted on former beech forest soils in Scania, South Sweden. - Oikos 22: 302-314.
- ORIANI, G.H., 1975: Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. - In: VAN DOBBEN, W.H. & R.H. LOWE-McCONNELL (eds.): Unifying concepts in ecology. - Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague: 139-150.
- RODENKIRCHEN, H., 1982: Wirkungen von Meliorationsmaßnahmen auf die Bodenvegetation eines ehemals streugennutzten Kiefernstandortes in der Oberpfalz. - Forstl. Forschungsber. München 53: 217 S.
- ROST-SIEBERT, K., 1988: Ergebnisse vegetationskundlicher und bodenchemischer Vergleichsuntersuchungen zur Feststellung immissionsbedingter Veränderungen während der letzten Jahrzehnte. - Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe B, Bd. 8: 158 S.
- STÖCKER, G. & A. BERGMANN, 1977: Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. - Arch. Natursch. Landschaftsforsch. 17 (1): 1-26.
- THOMASIUS, H., 1988a: Sukzession, Produktivität und Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme. - Arch. Natursch. Landschaftsforsch. 28 (1): 3-21.
- THOMASIUS, H., 1988b: Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme sowie deren Beeinflussbarkeit durch forstwirtschaftliche Maßnahmen. Teil I und Teil II. - Allg. Forstzeitschr. 43 (38): 1037-1043 und (39): 1064-1068.
- WEST, D.C., SHUGART, H.H. & D.B. BOTKIN, (eds.) 1981: Forest succession. Concepts and application. - Springer, New York/Heidelberg/Berlin: 517 S.
- WHITTAKER, R.H. & G.M. WOODWELL, 1973: Retrogression and coenocline distance. - In: TÜXEN, R. (ed.) Handbook of vegetation science. Part V. - Dr. W. Junk, The Hague: 53-73.
- ZERBE, S., 1991: Zur Notwendigkeit von vegetationskundlich-ökologischen Untersuchungen zur Stabilität und Dynamik bodensaurer Hainsimsen-Buchenwälder (*Luzulo-Fageten*). - Ber. Ökol. Forsch. 4: 293-297.

ZERBE, S., 1993: Fichtenforste als Ersatzgesellschaften von Hainsimsen-Buchenwäldern. *Vegetation, Struktur und Vegetationsveränderungen eines Forstökosystems*. - Ber. Forschungszentr. Waldökosyst. Reihe A, 100:173S.

Adresse

Dr. Stefan Zerbe, Institut für Ökologie, TU Berlin, Schmidt-Ott-Str. 1, D-12165 Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [23_1994](#)

Autor(en)/Author(s): Zerbe Stefan

Artikel/Article: [Vegetaüons- und Strukturveränderungen in Fichtenforsten im Vergleich zu Hainsimsen-Buchenwäldern als Ausdruck ökologischer Instabilität 191-196](#)