

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREErfassung der Stickstoffverfügbarkeit durch
Ellenberg-Zeigerwerte der Waldbodenvegetation
Recording of nitrogen availability by Ellenberg
indicator values of forest ground vegetation

VDI 3959

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Grundlagen	4
2.1 Wald	4
2.2 Ökologische Gradienten	4
2.3 Ellenberg-Zeigerwerte	4
3 Grundlage des Verfahrens	6
3.1 Anwendung des Verfahrens auf Waldökosysteme	6
3.2 Aussagekraft des Verfahrens	6
4 Durchführung des Verfahrens	7
4.1 Planung der Stichprobe	7
4.2 Lokalisierung und Markierung	9
4.3 Vegetationsaufnahme	10
4.4 Zuordnung der N-Zeigerwerte nach <i>Ellenberg</i>	11
4.5 Bestimmung der N-Verfügbarkeit in den Aufnahmen	11
5 Qualitätssicherung	16
6 Dokumentation	17
Schrifttum	18

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Fundamentals	4
2.1 Forest	4
2.2 Ecological gradients	4
2.3 Ellenberg indicator values	4
3 Fundamentals of the procedure	6
3.1 Application of the procedure to forest ecosystems	6
3.2 Informative value of the procedure	6
4 Execution of the procedure	7
4.1 Sampling frame	7
4.2 Location and marking	9
4.3 Vegetation survey	10
4.4 Assignment of N-indicator values according to <i>Ellenberg</i>	11
4.5 Determination of N availability in surveys	11
5 Quality assurance	16
6 Documentation	17
Bibliography	18

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltqualität

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissions-Werte

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Stickstoffverfügbarkeit (im Folgenden wird Stickstoff als „N“ abgekürzt) ist einer der wichtigsten Standortfaktoren, der die Funktionen und die Artenzusammensetzung der Vegetation maßgeblich steuert. Von Natur aus begrenzte sie im temperierten Klima die Produktivität der meisten terrestrischen Ökosysteme. Aufgrund von Emissionen aus Landwirtschaft und Verbrennung übertreffen die aus der Luft eingetragenen N-Verbindungen seit Längerem die aus dem natürlichen Kreislauf bereitgestellten Mengen. So werden in Deutschland im Mittel 20 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bis 40 kg N ha⁻¹ a⁻¹ eingetragen, durchschnittlich zu etwa gleichen Teilen in Form oxidierter (NO₃⁻, NO₂) und reduzierter (NH₄⁺, NH₃) Verbindungen, wobei der Trend in Richtung höherer Anteile reduzierter N-Verbindungen geht. Das N-Überangebot erhöht die Produktivität bislang N-limitierter Systeme. Diesem in Land- und Forstwirtschaft willkommenen Effekt steht ein umfangreiches Bündel von Gefahren für Mensch und Umwelt gegenüber [1; 2]. Neben direkten Gewebes Schäden, die nur direkt in Emittentennähe unter akuter Belastung zu erwarten sind, sind Bodenversauerung, erhöhter NO₃⁻-Austrag ins Grundwasser und erhöhte Spurengasemissionen (N₂O) großflächige Folgen. N-Übersorgung macht Waldbäume für Herbivoren und Parasiten attraktiver und kann Mangel an anderen Nährstoffen (P, K, Mg) induzieren.

Ein anhaltendes N-Überangebot führt zum umfassenden Umbau der Lebensgemeinschaften zu Lasten der an N-Mangel angepassten Tier- und Pflanzenarten hin zu konkurrenzkräftigen, nitrophilen Arten. Flechten und Moose reagieren besonders empfindlich auf NH₃-Konzentrationen der Luft [3]. Diese Eutrophierung ist eine Hauptgefährdung der biologischen Vielfalt in Industrieländern: Mehr als 53 % aller in Deutschland bedrohten Gefäßpflanzenarten der Roten Liste sind N-Mangelzeiger,

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

Introduction

Nitrogen availability (nitrogen is abbreviated as “N” in the following text) is one of the principal habitat factors determining the functioning and the species composition of vegetation. In natural systems it limited the productivity of most terrestrial ecosystems in the temperate zone. Owing to emissions from agriculture and combustion the amounts of airborne N compounds have long exceeded supplies from the natural cycle. Thus, in Germany the average input lies between 20 kg N ha⁻¹ a⁻¹ and 40 kg N ha⁻¹ a⁻¹ and is made up of approximately equal amounts of oxidised (NO₃⁻, NO₂) and reduced (NH₄⁺, NH₃) compounds; the current trend is towards greater proportions of reduced N compounds. The excessive supply of N enhances the productivity of hitherto N-limited systems. Although welcome in agriculture and forestry, this effect entails an extensive set of hazards for humans and the environment [1; 2]. Apart from direct tissue damage, which is to be expected only on acute exposure in the immediate vicinity of the emitter, widespread consequences include soil acidification, increased NO₃⁻ release into groundwater, and increased trace gas emissions (N₂O). N oversupply makes forest trees more attractive for herbivores and parasites and can induce deficiencies in the supply of other nutrients (P, K, Mg).

A persistent N oversupply leads to far-reaching modification of biotic communities in favour of competitive nitrophilic species at the expense of animal and plant species adapted to N-deficient habitats. Lichens and mosses react especially sensitively to NH₃ concentrations in air [3]. Such eutrophication poses a major threat to biodiversity in industrialised countries: More than 53 % of all the endangered vascular plant species on the red list in Germany are N-deficiency indicators; among the

unter den gefährdeten Waldpflanzen sind es sogar 69 % [4]. N-limitierte Waldökosysteme wie Sandkiefernwälder gehören zu den am stärksten gefährdeten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas [5] und beherbergen neben gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen zahlreiche stenöke Tier- und Pilztaxa [6]. Das Verschwinden von Extremstandorten und die Angleichung der Habitate auf einem Niveau hoher N-Versorgung vermindert die Beta-Diversität und fördert die biotische Homogenisierung auf Landschaftsebene [7].

Während Einträge, Verfügbarkeit und Austräge von Stickstoff mit hohem Aufwand nur in punktuellen Fallstudien bestimmbar sind, bietet sich die Zusammensetzung der Pflanzendecke als Ausdruck der N-Verfügbarkeit an. Zahlreiche Freilanduntersuchungen und Expositionsexperimente belegen die positive Korrelation zwischen der Höhe der N-Deposition und den N-Gehalten in pflanzlichen Geweben. Die artspezifischen N-Gehalte in Blättern kommen in den für alle Farn- und Blütenpflanzen Mitteleuropas von *Ellenberg* [8] definierten N-Zeigerwerten zum Ausdruck. Schließlich ist durch eine Reihe von Feldstudien belegt, dass die natürliche Vegetation auf N-Deposition mit Veränderungen im Zeigerwertspektrum reagiert [9; 10; 11]. Bei einer statistischen Betrachtung der vorliegenden Daten ist es wahrscheinlich, dass neben einem Zusammenhang zwischen den mittleren N-Zeigerwerten und C/N-Verhältnis und Basensättigung auch ein positiver partieller Zusammenhang zum N-Eintrag besteht [12].

1 Anwendungsbereich

Die Auswertung der N-Zeigerwerte von Pflanzenarten ist als Nachweis von erhöhter N-Verfügbarkeit in Waldökosystemen besonders geeignet, weil in Wäldern

- aufgrund der großen aerodynamischen Rauigkeit besonders viel N aus der Luft eingetragen wird,
- die N-Verfügbarkeit – außer bei Kompensationskalkungen – nicht gezielt durch Düngung gesteuert wird,
- die Bodenvegetation nicht gezielt durch Saat, Pflanzung, Mahd, Beweidung oder Pflanzenschutzmittel verändert wird und
- störende Eingriffe durch Ernte und Befahrung in relativ geringer Frequenz erfolgen.

Die Vorgaben der Richtlinie zur Bestimmung der N-Verfügbarkeit sind auf Wälder anzuwenden, deren Merkmale in Abschnitt 2.1 dieser Richtlinie festgelegt werden.

endangered forest plant species the figure is even higher at 69 % [4]. N-limited woodland ecosystems such as pine forests on sand number among the most endangered plant communities of Central Europe [5] and are home not only to endangered ferns and flowering plants but also to numerous stenocious animal and fungal taxa [6]. The disappearance of extreme sites and the tendency of habitats towards a uniform level of high N supply reduces beta diversity and promotes biotic homogenisation at the landscape level [7].

Whereas inputs, availability, and losses of nitrogen can only be determined with considerable effort in selected case studies, the composition of the vegetation cover provides a good picture of N availability. Numerous field studies and exposure experiments confirm the positive correlation between the level of N deposition and N contents in plant tissues. The species-specific N contents of leaves are expressed by the N indicator values defined by *Ellenberg* [8] for all ferns and flowering plants of Central Europe. Finally, a series of field studies have demonstrated that the indicator value spectrum of natural vegetation changes in reaction to N deposition [9; 10; 11]. Statistical evaluation of the available data indicates that, in addition to a relationship between the mean N-indicator values, C/N ratio and base saturation, a positive partial relationship also exists with the N supply [12].

1 Scope

Evaluation of N-indicator values of plant species is particularly suitable for the detection of increased N availability in forest ecosystems because, in forests

- particularly large amounts of N enter from the air owing to the pronounced aerodynamic roughness,
- N availability is not specifically controlled by application of fertiliser – apart from compensatory liming,
- the ground vegetation is not specifically modified by sowing, planting, mowing, grazing, or plants protection agents, and
- disruptive interventions such as harvesting and passage of vehicles are relatively infrequent.

The stipulations of the standard for determination of N availability are applicable to forests with characteristics as defined in Section 2.1 of this standard.

Die Methode eignet sich zum Nachweis von räumlichen Gradienten und zeitlichen Änderungen im N-Angebot, z.B. im Rahmen von Umweltbeobachtungsprogrammen wie Bundeswaldinventur, Bodenzustandserhebung oder der ökologischen Flächenstichprobe.

The method is suitable for the detection of spatial gradients and temporal changes in N supply, e.g., within the framework of environmental observation programmes such as the German federal forest inventory, soil surveys, and ecological area sampling.