

Pathologische Veränderungen der Artenstruktur in Waldökosystemen als Folge von Schadstoffeinwirkungen *

Einleitung

Wälder sind komplexe Ökosysteme. Schadstoffe wirken auf alle Kompartimente, auf Destruenten genauso wie auf Primärproduzenten etc., und damit direkt oder indirekt auf das gesamte Artenspektrum. In irgendeiner Form werden sie in allen Organismengruppen früher oder später manifest. Dies gilt auch für die Moos- bzw. Sproßpflanzensynusien des Waldbodens, auf die im folgenden eingegangen werden soll. Gräser und Kräuter sind wie Bäume wurzelnde Pflanzen und erschließen den Boden unterschiedlich. Ihre Abhängigkeit von physikalischen und chemischen Bodenfaktoren hat schon früh dazu geführt, den Arten, besonders aber ganzen Artengruppen eine bestimmte Zeigerfunktion zuzuweisen. Zeigerpflanzen haben seit langem Eingang in die forstliche Standortslehre gefunden, mit den Zeigerwertlisten von Ellenberg (1979) sind heute dem Ökologen weitreichende Auswertmöglichkeiten in die Hand gegeben. Die Artengarnitur und deren Zeigerwerte für einen Flattergras-Buchenwald sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Daß eine enge Beziehung

zwischen mittlerem Zeigerwert eines Waldes und dem tatsächlich im Boden gemessenen besteht, beweist Abbildung 1. Zeigerwerte und pH-Werte von Laubwäldern sind in Form einer Exponentialfunktion miteinander korreliert. Dasselbe gilt für Nadel- und Nadelmischwälder. Diese enge Beziehung von Pflanzenbestand inklusive Baumartengarnitur und Waldboden drängt im Zusammenhang mit der Waldsterbensproblematik folgende Fragestellung auf:

1. In welchem Ausmaß können luftschadstoffbedingte Bodenveränderungen die Artengarnitur umstellen, und lassen sich pflanzensoziologische Analysen nutzen, um solche Veränderungen nachzuweisen?
2. In welchem Ausmaß können Düngemaßnahmen, die der Bodensanierung gelten, den Artenbestand eines Waldes nachhaltig umstellen? Inwiefern kann durch großflächigen Einsatz solcher Mittel das in vielen Gebieten Österreichs noch weitgehend naturnahe Waldbild nivelliert werden?

Beide Fragenkomplexe werden im folgenden ausführlich erörtert.

Zeigerwertanalysen

Die Pflanzen des Waldbodens oder der Strauchschicht reagieren nicht nur auf

* Einige der zitierten Forschungen wurden im Rahmen des Projektes »Waldökosystemforschung – Waldmelioration in Vorarlberg« im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung durchgeführt.

unterschiedlichen Bodenchemismus, sondern wie die Bäume direkt auf Luftschadstoffe. Begasungsexperimente, bei denen Realsituationen in Form von Belastungsspitzen simuliert wurden, erbrachten deutliche Unterschiede hinsichtlich Empfindlichkeit. Bei empfindlichen Arten wie Bärlauch (*Allium ursinum*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*) und Feigwurz (*Ranunculus ficaria*) nimmt die Blühfreudigkeit, die Zahl der zur Samenreife gelangenden Individuen und das Tausendkorngewicht ab (Steubing et al., 1986). Weniger empfindlich sind Flatter-

gras (*Milium effusum*) und Efeu (*Hedera helix*). Die Schwefelgehalte nach Begasung sind höher, ebenso die Peroxidaseaktivität, die als Indikation für Streßbelastung gilt.

Schwermetallbelastung wirkt sich oft in einer Anreicherung aus, wozu vor allem Moose neigen. Triebe von *Mnium hornum* beispielsweise besitzen im Bereich des Stammabflusses von Buchen wesentlich höhere Bleigehalte (Clement und Wittig, 1987). Pflanzen mit solchen Eigenschaften können als »Monitororganismen« eingesetzt werden. Durch die Ana-

TABELLE 1: Charakteristische Artenkombination von einem Flattergras-Buchenwald (*Milio-Fagetum*) einschließlich Zeigerwerte (verändert aus Wittig und Werner, 1986).

Schicht	Bedeckung	Art	Stetigkeitskl.*	L T K F R N Zeigerwerte*
Baumschicht	90–95%	<i>Fagus sylvatica</i>	V	(3) 5 2 5 x x
		<i>Quercus robur</i>	III	(7) 6 x x x x
Strauchschicht	5%			
Krautschicht	10–50%	<i>Milium effusum</i>	V	4 x 3 5 5 5
		<i>Oxalis acetosella</i>	V	1 x 3 6 4 7
		<i>Athyrium filix-femina</i>	V	4 x 3 7 x 6
		<i>Hedera helix</i>	V	(4) 5 2 5 x x
		<i>Dryopteris carthusiana</i>	IV	5 x 3 x 4 3
		<i>Rubus rudis</i>	IV	7 5 2 5 6 6
		<i>Anemone nemorosa</i>	III	x x 3 x x x
		<i>Deschampsia caespitosa</i>	III	6 x x 7 x 3
		<i>Poa nemoralis</i>	III	5 x 5 5 5 3
		<i>Polygonatum multiflorum</i>	III	2 5 5 5 6 4
		<i>Viola reichenbachiana</i>	III	4 5 4 5 7 6
		<i>Luzula pilosa</i>	III	2 x 3 x 5 4
		Moosschicht	5%	<i>Mnium hornum</i>

Mittlere Reaktionszahl (Beispiel: 5,25)

* Häufigkeit des Auftretens einer Art (z.B. »I« heißt, in 0 – 20% aller untersuchten Bestände des Typs vorkommend).

** Aus Ellenberg (1979): L=Lichtzahl, T=Temperaturzahl, K=Kontinentalitätszahl, F=Feuchtigkeitszahl, R=Reaktionszahl (z.B. *Viola reichenbachiana* hat RZ 7, das heißt basische Böden anzeigend, RZ 1 hieße extrem saure Böden anzeigend).

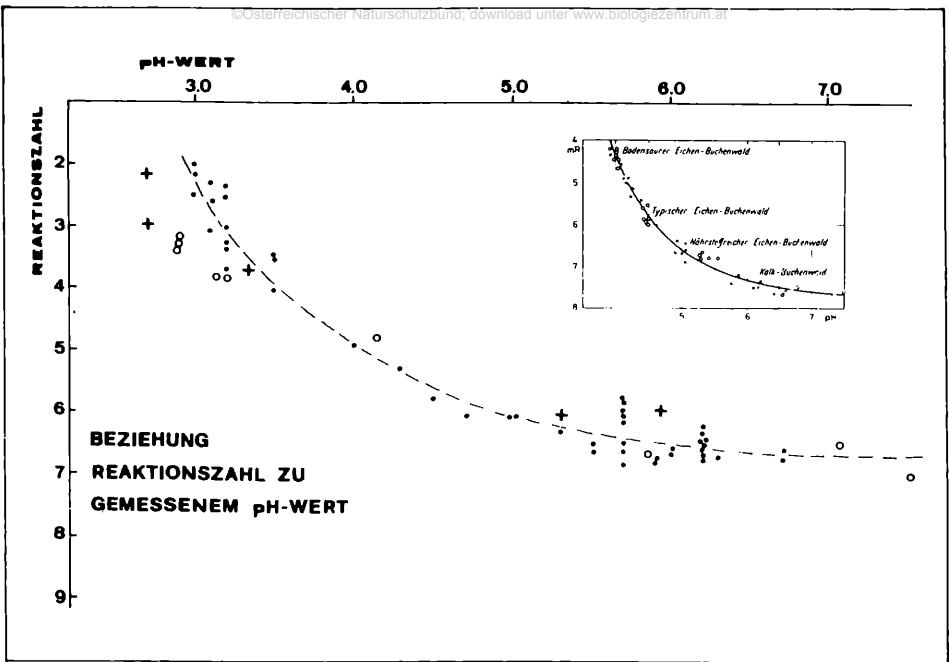


Abbildung 1: Beziehung zwischen Bodenreaktion und über den Pflanzenartenbestand berechneter Reaktionszahl in Nadel- und Nadelmischwäldern in Vorarlberg. Kleines Diagramm aus ELLENBERG.

lyse des Schwermetallgehaltes etc. können bereits Belastungen nachgewiesen werden, bevor dies an der Pflanze sichtbar wird, geschweige bevor sich die Artenzusammensetzung ändert.

Blütenpflanzen eignen sich hingegen als Monitororganismen in nur beschränktem Maße. Als Zeigerarten für bereits massive Umstellungen des Bodenchemismus sind sie aber bestens geeignet. Es ist auch festzuhalten, daß wohl erst von einer nachhaltigen Beeinflussung des Gesamtökosystems gesprochen werden kann, wenn sich der Artenbestand der bestimmten Primärproduzenten ändert. Allerdings muß eine solche Änderung nicht a priori negativ sein und ist in manchen Fällen reversibel.

Veränderungen im Artenbestand können entweder durch direkten Vergleich ver-

schieden alter Aufnahmen erfolgen, oder durch den Vergleich verschieden geschädigter Bestände der gleichen Waldgesellschaft. Gute Vergleichsflächen stehen aber nur selten zur Verfügung. Oft haben sich auch in der Zwischenzeit die Nutzungsformen geändert. Dennoch liefern gerade solche Direktvergleiche am meisten Sicherheit, oft mit überraschenden Ergebnissen. Untersuchungen von Kuhn et al., 1987, an Eichen-Mittelwäldern bzw. Niederwäldern bei Genf zeigten fast durchwegs eine Erhöhung der Reaktionszahl der Gesamtbestände und damit eine »Entsauerung« der Standorte in den letzten 40 Jahren. Der Grund liegt hier im Ausbleiben der Extremnutzung in Form des Nieder- und Mittelwaldbetriebes, was zu einer Regenerierung des Waldes geführt hat. Andererseits fanden

Wittig und Werner (1986) eindeutige Hinweise auf zunehmende Versauerung der Flattergras-Buchenwälder in der Westfälischen Bucht von 1976 – 1983. Als Beispiel für den Vergleich unterschiedlich belasteter Waldgesellschaften seien einige Untersuchungen angeführt (Grabherr und Mucina, 1989). Auf Basis der Waldzustandserhebung von Vorarlberg durch das ÖIR (Zirm et al., 1985) wurden Gebiete mit gleichen Standortbedingungen aber unterschiedlicher Vitalität ausgewählt. Pathologische Veränderungen im Artenbestand müßten dann bei gering vitalen Wäldern nachweisbar sein. Die Auswertung der 128 Vegetationsaufnahmen erfolgte, indem sie nach einem mathematisch-statistischen Verfahren entsprechend der Ähnlichkeit gruppiert wurden. Ähnliche Aufnahmen stehen nebeneinander. Die Gruppen konnten auch mit altbekannten Typen identifiziert werden, z.B. entsprach eine Gruppe dem schon in den 30er Jahren beschriebenen Peitschenmoos-Fichtenwald (*Bazzanio-Piceetum*), für den auch damals schon pH-Werte zwischen 3,0 und 3,5 angegeben wurden, zu einer Zeit, wo noch nicht von einer Bodenversauerung gesprochen werden konnte. Die weitere Auswertung geht von der Hypothese aus, daß bereits pathologisch veränderte Waldgesellschaften außerhalb der »gesunden« liegen müßten. Wie sich aber zeigte, sind Aufnahmen mit unterschiedlicher Vitalitätszahl bunt gemischt. Das heißt, daß sich das Artenspektrum der Vorarlberger Wälder noch nicht pathologisch verändert hat.

Gerade die letzte Studie hat gezeigt, daß von einer katastrophalen Situation hinsichtlich Bodenveränderung in den österreichischen Gebirgswäldern noch keine Rede sein kann. Mit dieser Studie konnte jedenfalls das Ergebnis der Vorarlberger Bodenzustandserhebung (Husz, 1986),

nach der mehr als 30% der Böden als stark geschädigt eingestuft wurden, relativiert werden. Für Walddüngungen grossen Stils zur Rettung des Bergwaldes gibt es derzeit keine Anhaltspunkte und Rechtfertigungen.

Wirkung von Düngung auf die Waldbiozöosen

Veränderungen im Bodenchemismus bewirken nachhaltige Umstellung im Artengefüge. Dies ist bereits seit Jahrzehnten bekannt. Beispielsweise untersuchte Grabherr (1942, zit. in Ellenberg, 1978) bei Hannover Düngungsversuche in bodensauren Buchenwäldern und fand noch nach 13 Jahren signifikante Unterschiede im Artenbestand nach einmaliger Düngung. Dies mag ein Beweis dafür sein, daß durch die geringe Nährstoffentnahme im Wald Nährstoffzugaben im Stoffkreislauf lange wirksam bleiben.

Es kann somit davon ausgegangen werden, daß Applikationen von Düngern oder Bodenhilfsstoffen das Ökosystem Wald nachhaltig beeinflussen. Dies wirkt sich einmal in der Nivellierung kleinstandörtlicher Unterschiede aus und könnte im Extrem zum Verlust ganzer Waldtypen führen, die nicht den Richtlinien für einen »gesunden« Wald entsprechen.

Abbildung 2 zeigt die Veränderung der Stickstoffzahl entlang eines 80 m langen Gradienten in vier verschiedenen Waldtypen. Obwohl sich die Baumartenzusammensetzung nicht ändert, weist der Unterwuchs in einigen Wäldern auf sehr unterschiedliche Bodenbedingungen hin. Durch Düngung werden solche Unterschiede ausgeglichen und ein wesentliches Charakteristikum naturnaher Wälder, nämlich das fein differenzierte Standorts- und Vegetationsmosaik, wird vernichtet. Eine Zusammenstellung für die Wälder

Stickstoffzahl entlang eines 80 m langen Gradienten in verschiedenen Waldtypen Vorarlbergs.

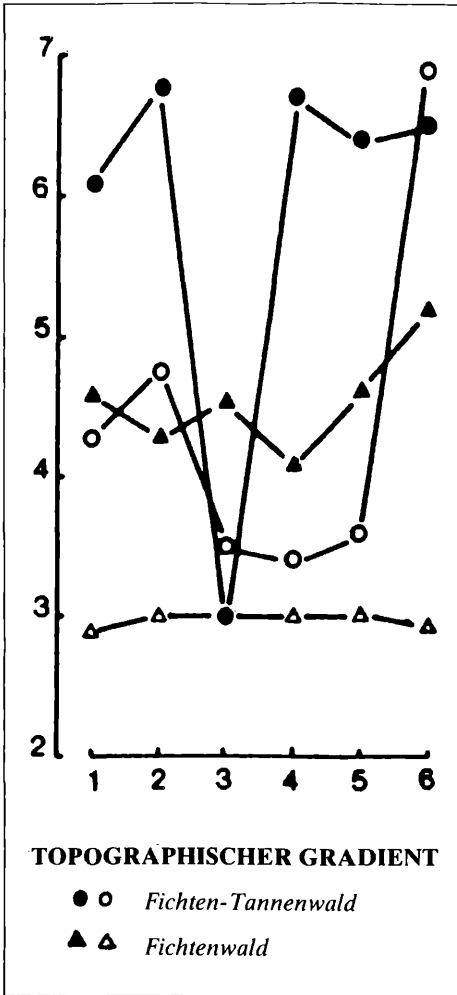


Abbildung 2: Veränderung der Stickstoffzahl entlang eines topographischen Gradienten in unterschiedlichen Waldstandorten Vorarlbergs. Wie das Diagramm zeigt, können die Bodenverhältnisse auf kurzer Distanz wechseln (PETER und GRABHERR, unpublizierte Daten).

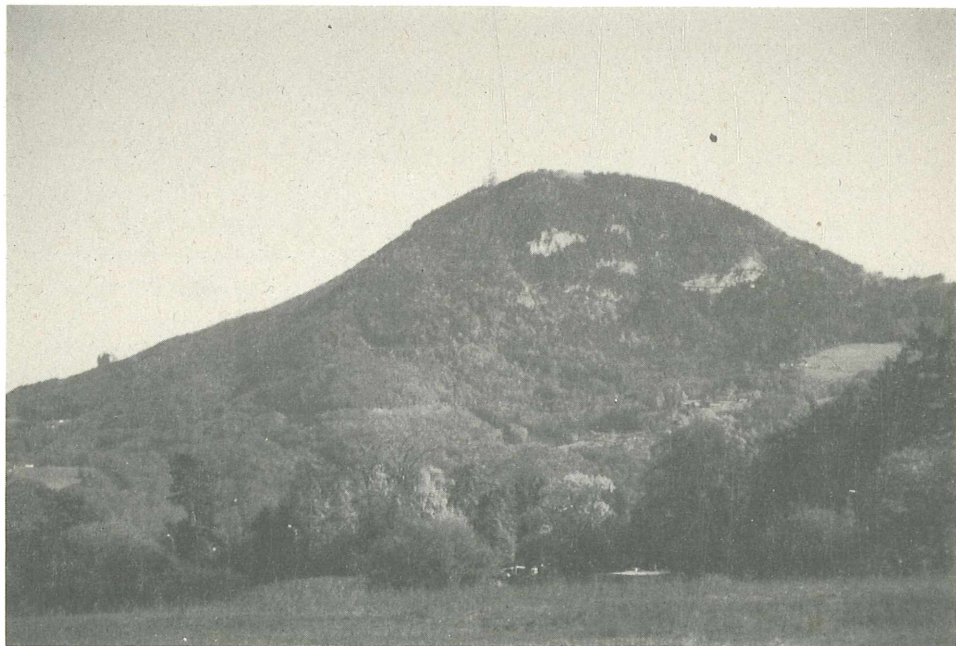
Vorarlbergs zeigt auch, daß manche Waldgesellschaften eher von Düngung »bedroht« sind als andere. Nicht aber alle Wälder werden gleich nachhaltig beeinflusst. Tatsache ist jedenfalls, daß derzeit in Übereinstimmung mit den Erfahrungen in der Schweiz (Greminger, 1988) eine großräumige Düngung noch nicht angezeigt ist. Geht man ferner die Liste der Vorarlberger Wälder durch, sind nicht wenige darunter, in denen die Bäume keineswegs optimal gedeihen, der Unterwuchs aber sehr vielfältig sein kann, wie beispielsweise die Erika-Kiefernwälder (*Erico-Pineten*). Sie stocken auf trockenen Dolomitschottern und stellen ausgesprochene Grenzstandorte für den Wald dar. Trotzdem sind es stabile und die artenreichsten Waldökosysteme Österreichs. Und die Frage ist zu stellen, welche Grenzwerte angelegt werden müssen, um den Boden eines Erika-Kiefernwaldes für krank zu erklären. Waldböden und ihre Vegetation sind außerordentlich vielfältig und nicht mit den Maßstäben zu messen, mit denen agrarische Böden beurteilt werden.

Literatur:

CLEMENT, M. und WITTIG, R., 1987: Heavy metal content of the moss *Mnium hornum* growing in the stem flow area of *Fagus sylvatica*. *Acta Oecologia*, 8: 257 – 264.
 ELLENBERG, H., 1978: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer, Stuttgart, 2. Auflage, 982 S.
 ELLENBERG, H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9, 122 S.
 GRABHERR, G. und MUCINA, L., 1989: Waldsterben und Waldmelioration in den Alpen aus der Sicht der Vegetationsökologie. Dargestellt am Beispiel Vorarlbergs. *Allg. Forst- und Jagdzeitung*.
 GREMINGER, P. (ed.), 1988: *Düngung – eine Perspektive für den Schweizer Wald*. *Sanasilva – Tagungsbericht*. Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf, 113 S.

- HUSZ, G., 1987: Bodenzustandserhebung Vorarlberg 1986. Lebensraum Vorarlberg. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz, 111 S.
- KUHN, N., AMIET, R. und HUFSCHEID, N., 1987: Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre. Berichte der Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf 195: 77 – 84.
- STEUBING, L., FANGMEIER, A., FISCHER, A., und GNITTKE, J., 1986: Immissionssituation der Waldbodenvegetation: Sensitivität gegenüber SO₂ am natürlichen Standort. Allgemeine Forstzeitschrift 21: 526 – 528.
- WITTIG, R. und WERNER, W., 1986: Beiträge zur Belastungssituation des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht – eine Zwischenbilanz. Düsseldorf: Geobot. Kolloquium 3: 33 – 70.
- ZIRM, K., FIBICH, F., HACKL, J., MALIN, H., MAUSER, H., WEINWURM, M., 1985: Erhebung der Vitalität des Waldes in Vorarlberg. Österr. Bundesinstitut f. d. Gesundheitswesen, Wien, 80 S.

(Anschrift des Verfassers: Univ. Prof. Dr. Georg Grabherr, Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung, Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien.)



Schwer geschädigt: Der Gaissberg bei Salzburg.

Foto: H. Augustin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Land \(vormals Blätter für Naturkunde und Naturschutz\)](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [1989 3-4](#)

Autor(en)/Author(s): Grabherr Georg

Artikel/Article: [Pathologische Veränderungen der Artenstruktur in Waldökosystemen als Folge von Schadstoffeinwirkungen 92-97](#)