

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 144 (1993)
Heft: 5

Artikel: Ursachen floristischer und ökologischer Vorgänge in Waldbeständen
Autor: Kuhn, Nino
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767098>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ursachen floristischer und ökologischer Vorgänge in Waldbeständen¹

Von Nino Kuhn

FDK 181.4: 182.1: 902

1. Der ökologische Bezug der Landschaftsveränderungen

So wie jeder Waldbestand – jeder naturnahe Pflanzenbestand überhaupt – als einzigartiges und einmaliges Ergebnis des Zusammenwirkens verschiedener Faktoren zu werten ist, hat jede Kombination von Einflussfaktoren eine andere Wirkung auf den Waldbestand. Deshalb ist jede Ursache von Krankheitserscheinungen, jedes Verlichten von Baumkronen aus der individuellen Betrachtung des Waldbestandes zu diagnostizieren. Eine Pauschal-diagnose des Gesundheitszustandes für «den Schweizer Wald» wird immer nur für einen – vermutlich kleinen – Teil des Waldareals zutreffen.

Diskussionen um den Gesundheitszustand des Waldes sind schon längst nicht mehr auf Fachkreise beschränkt – im Gegenteil, sie werden in einer breiten Öffentlichkeit geführt. Diese Basisverbreiterung des Interesses am Wald hat auch dazu geführt, dass ganz andere als forst- und allenfalls naturwissenschaftliche Kreise sich ernsthaft mit der Bedeutung und der Zukunft des Waldes befassen. Das «Waldsterben» – dieses Wort ist kaum mehr auszutilgen – ist ausser einem technischen und naturwissenschaftlichen zu einem gesellschaftlichen und landeskulturellen Problem geworden, das nach wie vor weit von einer Lösung entfernt ist. Jede Forschungsrichtung, sei sie nun naturwissenschaftlich, biologisch, technisch oder sozialethisch ausgerichtet, bringt sozusagen wieder eine neue Dimension mit sich. Je breiter die Wissensbasis, desto mehr kreuzen sich die Aussagen, von denen jede einen Wahrheitsgehalt aufweist.

Wenn heute von Immissionen als Bedrohungen des Waldes gesprochen wird (*Christ, 1990*), so muss gleichzeitig auch daran erinnert werden, dass dies nur eine Gruppe der Umweltfaktoren ist. Die anderen Faktoren werden

¹ Überarbeitete Fassung eines Referates, gehalten im Rahmen des Forums für Wissen vom 28./29. Januar 1992 an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf.

deswegen in ihrer Wirkung nicht eingeschränkt. Zu den Faktoren, welche den Waldzustand beeinflussen, gehören auch die Bewirtschaftung und die landschaftliche Entwicklung.

Unter der landschaftlichen Entwicklung ist eine Reihe von Aktivitäten des Menschen subsumiert, welche wohl kaum je – oder nur in speziellen Fällen – als Standortsveränderungen des Waldes wahrgenommen worden sind, weil sie nicht alle gleichzeitig, sondern in langen Zeiträumen durchgeführt wurden und ihre Wirkung zudem verzögert, sozusagen unmerklich eintrat: die mit den Meliorationen und Gewässerkorrekturen verbundenen Entwässerungen und damit Grundwasserabsenkungen. Die Gewässerkorrekturen hatten zunächst einen Einfluss auf die unmittelbar betroffene Auenvegetation, von der schliesslich klägliche Reste übriggeblieben sind (*Kuhn und Amiet, 1988*). Ihr langfristiger Einfluss erfasst jedoch weit grössere Räume, so dass zum Beispiel intensivere Landwirtschaft schon in normal mit Niederschlägen versorgten Vegetationsperioden ohne Bewässerungen nicht mehr auskommt. Zudem sind mit den flächig wirksamen linearen Elementen im Tief- und Grundbau (Strassen, Bahnen, Erdleitungen und andere) unzweifelhaft Wasserhaushaltsveränderungen der Landschaft einhergegangen, die nicht ohne Einfluss auf die Vegetation – auch auf die Wälder – geblieben sind. Der Ausbau und die Verdichtung der Waldstrassennetze hat den Wasserhaushalt der Wälder ebenfalls schleichend verändert. Die Auswirkungen waren, wenn überhaupt, meist erst nach Jahrzehnten bemerkbar geworden.

Ein Einfluss der Bewirtschaftung auf die «neuartigen» oder «unerklärten Waldschäden», Kronenverlichtungen, Blatt- und Nadelverluste usw. wurde in den anfänglichen «Waldsterbe»-Diskussionen Mitte der achtziger Jahre kategorisch in Abrede gestellt. Die Forstleute hatten dabei vor allem die aktuellen waldbaulichen Eingriffe im Kopf, bei denen sie sich wohl zu Recht keinerlei Schuld falschen Handelns bewusst waren. Dass aber einer konsequenten Hochdurchforstung positive Einflüsse auf Nadel- und Blattverlust nachgewiesen werden konnte (*Keller und Imhof, 1987*), wurde nur widerwillig zur Kenntnis genommen.

Auf entschieden drastische Einflüsse früherer, weit zurückreichender Nutzungsformen des Waldes hat jedoch das Teilprogramm Nr. 6 des Programms Sanasilva 1984 bis 1987 schliessen lassen (*Kuhn, 1990*). Davon soll hier die Rede sein.

2. Vegetationskundliche Ansätze zur Feststellung von Veränderungen der Waldvegetation

Die wenigen hier genannten Zusammenhänge der Landschafts- und Standortsveränderungen sowie die überwältigende Literatur zum Gesund-

heitszustand der Wälder rufen nach integrierter Betrachtungsweise und Forschung auf immer breiter werdender Basis und höheren Ebenen.

Als eine der synthetischen Forschungsrichtungen wurde die forstliche Vegetationskunde in das Programm Sanasilva 1984 bis 1987 einbezogen. Im Gegensatz zu manchen forstwissenschaftlichen Disziplinen ist in der Vegetationskunde vom Wald nicht nur der Baumbestand Gegenstand der Betrachtung. Vielmehr wird der gesamte Waldbestand mit Baum-, Strauch-, Kraut- und Mooschichten und dazu sogar der Wurzelraum der Gewächse mit den für deren Wachstum bedeutsamen Bodeneigenschaften beachtet.

Aus diesem Ansatz heraus ist die Unterscheidung von Waldgesellschaften entstanden, von denen es in der Schweiz 70 bis 80 gibt. Doch werden diese ihrerseits wieder unterteilt. Die Unterscheidung ist durch Verschiedenheiten der Artenkombination möglich. Die Ursache liegt jedoch in Unterschieden der Standortfaktorenkombination begründet, die in jeder Gesellschaft zu einer anderen gesamtstandörtlichen Wirkung führt. Diese drückt sich auch in der Bonität aus (Keller, 1978), die als Höhe der 100 stärksten Bäume pro Hektare im Alter von 50 Jahren definiert ist.

Durch die vielen Waldbestandesaufnahmen, die nie ohne Beachtung der wesentlichen Standortfaktoren stattfinden, deren lückenlose Vergleiche, die Bildung von Waldgesellschaften, der Integration der vielen bodenkundlichen, meso- und mikroklimatologischen Befunde sowie schliesslich der aus der pflanzenphysiologischen, pflanzensystematischen und autökologischen Forschung übernommenen Wuchs-, Wachstums-, Verbreitungs- und vielen anderen Eigenschaften der Pflanzenarten sind die Waldpflanzen und vor allem



Abbildung 1.
Aus dem Beziehungsgefüge der Verbreitung, Vergesellschaftung und den Lebensbedingungen sind die Zeigerwerte der Pflanzenarten abgeleitet worden.

ihre Gruppierungen zu gesicherten Standortsindikatoren geworden (*Abbildung 1*). Mit der skalierten Bewertung der Waldpflanzenarten bezüglich wesentlicher primärer Standortfaktoren haben *Ellenberg* (1974) und *Landolt* (1977) sowohl der ökologischen Praxis als auch der Forschung ein überaus handliches und vielfältig anwendbares Hilfsmittel zur Verfügung gestellt. Sie werden Zeigerwerte der Pflanzenarten genannt. So gibt es eine Reaktionszahl (R), welche den Reaktionsbereich einer Pflanzenart angibt, in dem sie in der Natur ihren Verbreitungsschwerpunkt hat. Entsprechende Zahlen gibt es für die Nährstoffansprüche (N), Feuchtigkeitsbedingungen (F), Lichtverhältnisse (L) und andere (*Abbildung 2*).

ZEIGERWERTE			
<u>ELLENBERG 1974 / 79</u>		<u>LANDOLT 1977</u>	
Lichtzahl	L	Lichtzahl	
Temperaturzahl	T	Temperaturzahl	
Kontinentalitätszahl	K	Kontinentalitätszahl	
Feuchtezahl	F	Feuchtezahl	
Reaktionszahl	R	Reaktionszahl	
Stickstoffzahl	N	Nährstoffzahl	
	H	Humuszahl	
	D	Dispersionszahl	
1...9	Skalenbreite	1...5	

Reaktionszahl R	Stickstoffzahl N
1 Starksäurezeiger	1 stickstoffärmste Standorte
3 Säurezeiger	3 stickstoffarme Standorte
5 Mässigensäurezeiger	5 mässig stickstoffreiche Standorte
7 Schwachsäurezeiger	7 stickstoffreiche Standorte
9 Basen- und Kalkzeiger	9 übermässig stickstoffreiche Standorte
Lichtzahl L	Feuchtezahl F
1 Tiefschattenpflanze	1 Starktrockniszeiger
3 Schattenpflanze	3 Trockniszeiger
5 Halbschattenpflanze	5 Frischezeiger
7 Lichtpflanze	7 Feuchtezeiger
9 Vollichtpflanze	9 Nässezeiger

Abbildung 2.
Aus der synökologischen Forschung sind skalierte Zeigerwerte der Pflanzenarten hervorgegangen, die zum nützlichen Instrument der angewandten Vegetationskunde geworden sind.

Um Veränderungen in der Pflanzendecke feststellen zu können, sind Zustandserhebungen der Artenzusammensetzung der gleichen Waldbestände zu verschiedenen Zeitpunkten notwendig.

Waldvegetationsaufnahmen verschiedener Gegenden aus früheren Zeiten liegen in fast beliebiger Anzahl vor. Nur ein Teil der Aufnahmeorte ist jedoch so gut beschrieben, dass sie für eine Wiederholung wiederaufgefunden werden konnten.

Es handelt sich um Aufnahmen von früheren Mitarbeitern der WSL sowie von *Frehner* (1963). Sie sind in der Aufnahmemethodik *Braun-Blanquet* (1964) verpflichtet. Mit dieser Methode bzw. kompatiblen Verfahren wurden in den Jahren 1984 bis 1987 Zweitaufnahmen durchgeführt.

Von all den verschiedenen Aufnahmeverfahren, Auswertungen und Resultaten kann hier nur eine kleine Auswahl dargestellt werden. Für Details und umfassendere Information sei auf die entsprechenden Publikationen von *Kissling et al.* (1988), *Kissling* (1989), *Kuhn et al.* (1987) sowie *Kuhn* (1990) verwiesen.

3. Ergebnisse der Analysen und Synthesen

3.1 Die Beurteilung der Vegetationsveränderungen im schweizerischen Mittelland

Zur Ermittlung von Vegetationsveränderungen wurden Waldbestände zur Zweitaufnahme verwendet, die erstmals von *Etter* (1943, 1947), *Etter und Morier-Genoud* (1963) und von *Frehner* (1963) aufgenommen worden waren (*Abbildung 3*). Die Aufnahmen erfolgten jeweils einige Jahre vor dem Publikationsdatum. Bei *Etter* gehen sie teilweise in die dreissiger Jahre zurück. In dem von *Frehner* (1963) erstmals bearbeiteten fünften aargauischen Forstkreis konnte *Städler* (1990) in einer Diplomarbeit nicht mehr in direktem Vergleich gleicher Aufnahmestellen arbeiten, weil fast alle ursprünglichen Bestände verjüngt waren. Er ist jedoch auf methodisch abweichenden Wegen zu ähnlichen Ergebnissen gelangt. Aufnahmewiederholungen wurden sonst von *N. Hufschmid* und *R. Amiet* durchgeführt. Zur ökologischen Charakterisierung der Bestände sowie der Veränderungen wurden die Zeigerwerte nach *Ellenberg* verwendet. Auswertungen erfolgten zunächst an zehn Beständen des schweizerischen Eichen-Birkenwaldes (*Quercus-Betuletum helveticum* *Etter* 1943) auf Deckenschottern zwischen Zürich und Schaffhausen sowie an neun etwa vergleichbaren Beständen des pfeifengrasreichen Eichen-Hainbuchenwaldes (*Galio-Carpinetum molinietosum* *Etter und Morier-Genoud* 1963) des Genfer Beckens.

Für den Überblick der floristischen Zusammensetzung dieser Bestände vergleiche man die *Tabelle 1*.

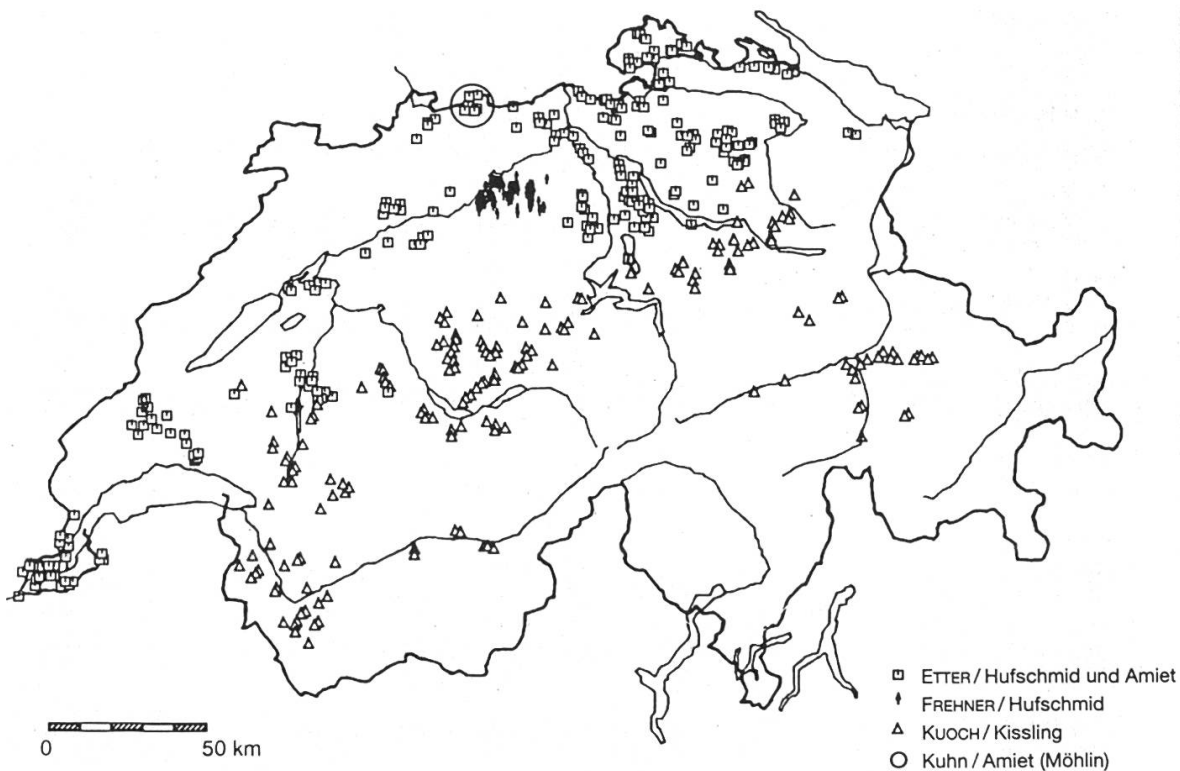


Abbildung 3. Geographische Verbreitung wiederholter Vegetationsaufnahmen von *Etter* (1943, 1947) und *Etter* und *Morier-Genoud* (1963)/*Hufschmid* und *Amiet* (1984 bis 1985), *Frehner* (1963)/*Hufschmid* (1984 bis 1985) und *Kuoch* (1954)/*Kissling* (1986, 1987).

Zur Darstellung der gesamten floristischen Zusammensetzung wäre die Tabelle viel umfangreicher und vor allem für den Laien unübersichtlich. Deshalb sind nur diejenigen Arten aufgeführt, die in mindestens der Hälfte aller Bestände der einen oder anderen Einheit auftreten. Bei den Begleitern wurden sogar nur jene Arten erwähnt, die in allen Beständen bei der einen oder anderen Einheit gefunden worden waren.

Bei den Veränderungen können am gleichen Datenmaterial floristische und ökologische Verschiebungen festgestellt werden. Die floristischen Veränderungen schlagen vor allem in den Beständen der Nordschweiz in Verminderungen der Artenzahlen zu Buche, und zwar in allen Bestandeschichten und in der Mehrheit der Bestände (*Abbildung 4*). Nur in der Baumschicht der Genfer Bestände resultiert im Mittel eine leichte Zunahme der Artenzahl, basierend auf einer gleichbleibenden Zahl oder einer minimalen Zunahme in einer schwachen Mehrheit der Bestände. In der Mooschicht resultiert trotz gleichbleibender oder zunehmender Artenzahlen in einer schwachen Mehrheit der Bestände im Mittel eine Verminderung.

Die ökologischen Veränderungen – anhand der Zeigerwerte der Pflanzenarten ermittelt – spielen sich vor allem im Beziehungsfeld von Licht- und Stickstoffwert ab (*Abbildung 5*). Wir stellen eine eindeutige Abnahme der Lichtwerte (L) bei gleichzeitiger ebenso deutlicher Zunahme der Stickstoffwerte

Tabelle 1. Übersicht der Artenzusammensetzung von Waldgesellschaften des schweizerischen Mittellandes (nach *Etter*, 1943, und *Etter und Morier-Genoud*, 1963, stark vereinfacht).

Waldgesellschaft	1	2	Waldgesellschaft	1	2
Kennarten der Klasse Querceto-Fagetea (Reichere Laubwälder).....			Kennarten des Verbandes Carpinion (Hagebuchen- Mischwälder).....		
Anemone nemorosa		o	Carpinus betulus	+	+
Corylus avellana		o	Potentilla sterilis		o
Convallaria majalis		+	Galium silvaticum		o
Crataegus oxyacantha		+	Festuca heterophylla		+
Lonicera xylosteum		+	Prunus avium		+
Brachypodium silvaticum		+	Kennarten der Klasse Quercetea robori-petraeae (Saure Eichenmischwälder).....		
Poa nemoralis		+	Melampyrum pratense	o	+
Kennarten der Ordnung Prunetalia (Waldmantelgebüsch).....			Teucrium scorodonia	o	+
Crataegus monogyna		o	Lathyrus montanus	+	+
Prunus spinosa		+	Lonicera periclymenum		o
Cornus sanguinea		+	Hypericum pulchrum	o	
Kennarten der Ordnung Fagetalia (Edellaub-Mischwälder).....			Kennarten der Klasse Nardo-Callunetea (Zwergstrauch-Heiden).....		
Viola silvestris	+	o	Luzula multiflora		+
Rosa arvensis		o	Carex pilulifera		+
Polygonatum multiflorum		+	Begleitarten *).....		
Primula vulgaris		+	Quercus petraea	o	o
Phyteuma spicatum		+	Hieracium silvaticum	+	o
Acer pseudoplatanus		+	Atrichum undulatum	+	o
Kennarten des Verbandes Fagion (Rotbuchenwälder).....			Frangula alnus	o	+
Rubus spec.	o	+	Pteridium aquilinum	o	+
Fagus silvatica	o		Hedera helix		o
Luzula luzuloides	o		Pinus silvestris	o	
Prenanthes purpurea	o		Deschampsia flexuosa	o	
			Vaccinium myrtillus	o	
			Picea abies	o	

1 Querceto-Betuletum helveticum ETTER (1943)

2 Galio-Carpinetum molinietosum ETTER & MORIER-GENOUD 1963)

- *) wichtige Begleitarten (Präsenz 100%
in mindestens einer Einheit
+ Präsenz höher als 50%
o Präsenz 100%, nicht dominant
O Präsent 100%, dominierend
(Deckungswert grösser als 50%)

(N) fest. Dies ist umso merkwürdiger, als die eigentlichen Stickstoffzeiger unserer Flora zu den lichtbedürftigen Pflanzen gehören. Die Abnahme der Lichtwerte zeigt nun aber, dass mit Entschiedenheit keine allgemeine Verlichtung in den Untersuchungsbeständen stattfand, wie dies etwa bei Verjüngungen der Fall wäre. Dies wird ja auch durch die Verminderung der Artenzahlen bestätigt, die im Baumbestand auf Konkurrenz, im Unterwuchs aber zusätzlich auf Lichtmangel zurückzuführen ist. Hingegen ist bekannt, dass bei

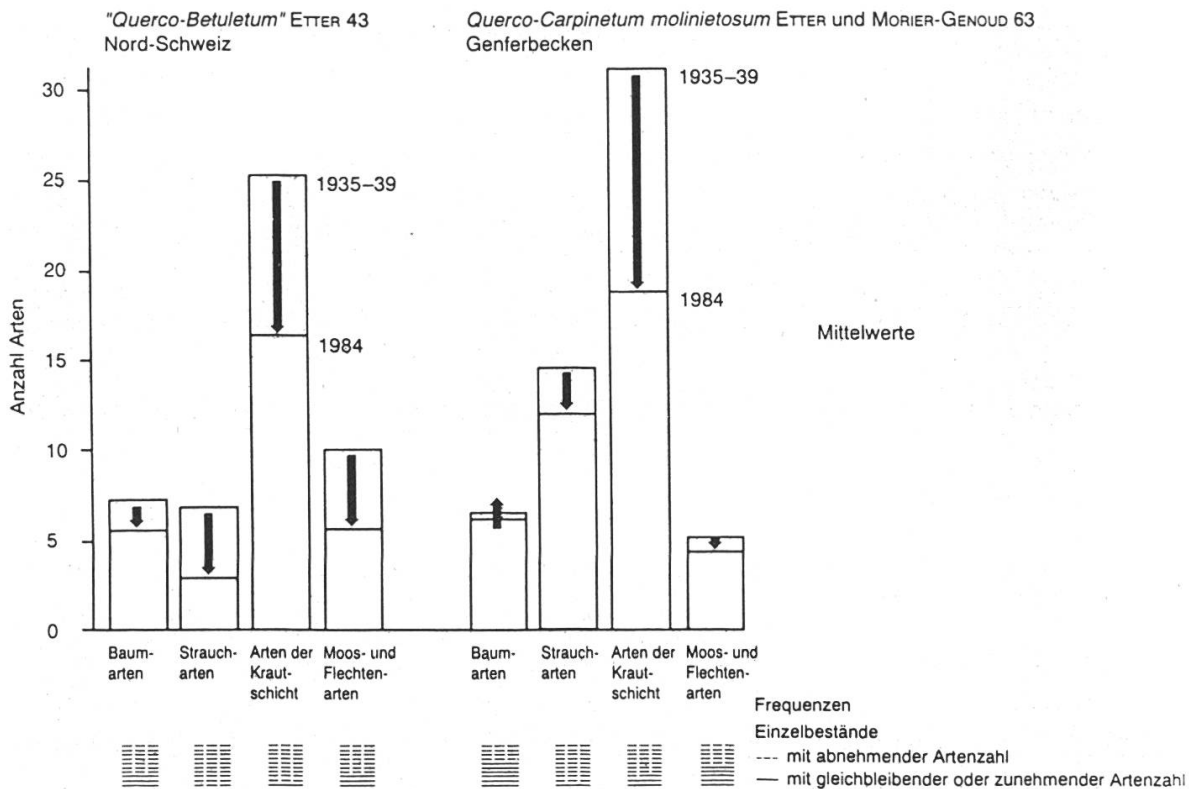


Abbildung 4. Veränderungen der Artenzahlen in Baum-, Strauch-, Kraut- und Moos-Schichten von nährstoffarmen Beständen ehemaliger Mittelwälder der Nordschweiz (*Quercus-Betuletum helveticum* Etter 1943) sowie von ehemaligen Niederwäldern des Genfer Beckens (*Quercus-Carpinetum molinietosum* Etter und Morier-Genoud 1963). Mit einer Ausnahme ist die Artenzahl in allen Straten beider Gesellschaften und in der Mehrheit der Bestände rückläufig.

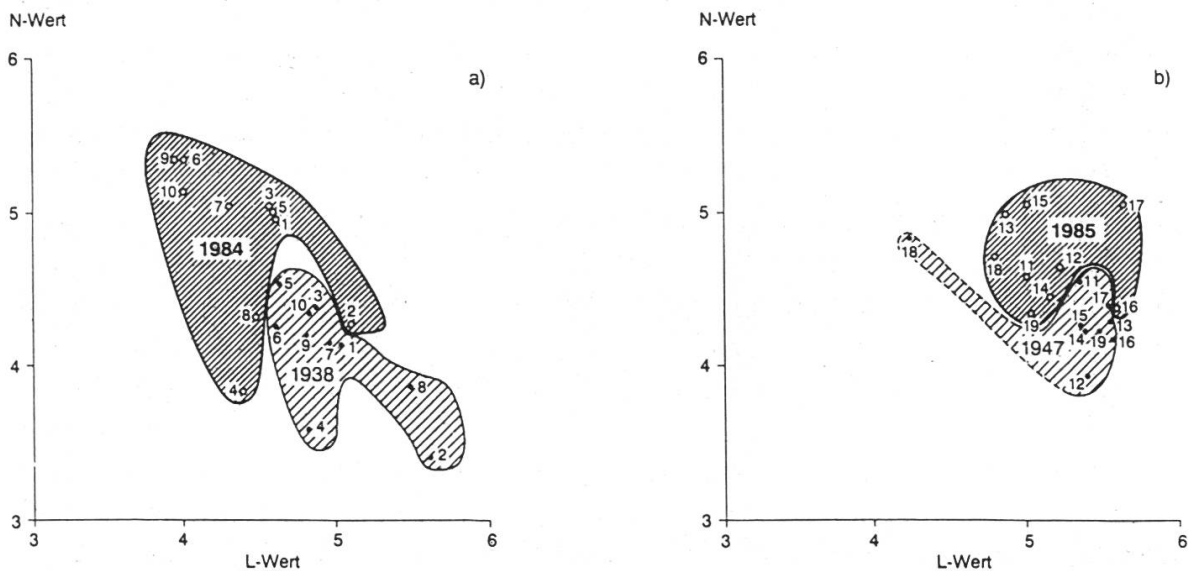


Abbildung 5. Veränderungen der Licht- und Stickstoffwerte (ökologische Zeigerwerte nach Ellenberg, 1979) für

a) zehn ehemalige Mittelwaldbestände des *Quercus-Betuletum helveticum* Etter 1943 (Nordschweiz) zwischen 1935/39 und 1984 sowie

b) neun ehemalige Niederwaldbestände des *Quercus-Carpinetum molinietosum* Etter und Morier-Genoud 1963 (Genfer Becken) zwischen 1942/47 und 1985.

Verjüngungen von Waldbeständen durch höheren Licht-, aber auch Strahlungs- bzw. Wärmegenuss des Bodens eine erhöhte Stickstoffmineralisation aus angereicherter organischer Substanz stattfindet. Dies bewirkt die typische, als Schlagflur bekannte Vegetationsform.

In den untersuchten Beständen hat aber im Gegenteil bei verstärkter Beschattung eine Stickstoffzunahme (genauer: eine Zunahme des Stickstoffwertes der Zeigerpflanzen!) stattgefunden. Soll diese Erscheinung etwa durch Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre bedingt sein? Diese Stickstoffeinträge sind ohne Zweifel ein Tatbestand, denn sie wurden an vielen Orten gemessen (*Stadelmann, 1988; Flückiger, 1988*). Aus diesem Grunde wurde der Stickstoffeintrag als durch die Veränderungen der floristischen Zusammensetzung nachgewiesen erachtet.

Die späteren Ergebnisse aus montanen und subalpinen Waldbeständen der Alpen zwangen jedoch, sich erneut mit den Erklärungen der Befunde im Mittelland zu befassen. Und da muss man sich an den Ursprung der Bestände erinnern, die Gegenstand der Vergleiche waren. Es handelt sich fast samt und sonders um ehemalige Niederwälder (Genfer Becken) bzw. ehemalige Mittelwälder (Nordschweiz), die schon bei der Erstaufnahme von Etter so bezeichnet worden sind, also vermutlich vor der oder um die Jahrhundertwende die letzten Schläge der Hauschicht über sich ergehen lassen mussten.

Man ist sich heute – bald ein Jahrhundert nach den letzten Nieder- bzw. Mittelwaldschlägen – kaum mehr bewusst, auf welche Art und Weise diese Bestände früher genutzt worden waren. Darüber wurde jedoch in den letzten Jahren forstgeschichtlicher Forschung wieder einiges bekannt. Diese Bestände wurden ja nicht nur für Brennholz (Hauschicht, Kahlschlag alle 15 bis 25 Jahre) und Bauholz (Oberständer) gebraucht (*Abbildung 6*). Sie gehörten zur Allmend und wurden beweidet, besonders nach den Schlägen, als viele Stockausschläge ein enormes, eiweissreiches Futterangebot darstellten. Zudem wurden Stockloden für die Winterfütterung geschneitelt. Herbstliche Laubstreu wurde als Matratzenfüllung und Stallstreu zusammengereicht oder als Düngung direkt auf den Acker gebracht. Schliesslich muss auf die Eichel- und Bucheckernmast der Schweine hingewiesen werden (*Küchli, 1987: Auf den Eichen wachsen die besten Schinken*).

Alle diese Nutzungen fanden während Jahrhunderten statt und beeinträchtigten das Nährstoffpotential der Nieder- und Mittelwälder erheblich. Dies hat sich ganz besonders auf den von Natur aus nährstoffarmen Standorten bemerkbar gemacht, wozu ohne Zweifel die untersuchten Gesellschaften gehören. Als die nährstoffzehrenden Nebennutzungen aufgegeben waren und die Überführung in Hochwälder eingeleitet war, konnte sich in diesen Beständen sukzessive ein Nährstoffpotential aufbauen, wie es ihrer Natur entspricht. Dieses Nährstoffpotential ist in der lebenden und toten organischen Substanz gebunden, aus der laufend genügend Nährstoffe, vor allem Stickstoff, in pflanzenverfügbarer Form mineralisiert werden. Den Prozess des

Mittelalterliche Nutzungen der Nieder- und Mittelwälder

- Brennholz (Hauschicht)
- Bauholz (Oberständer)
- Rebstickel, Zaunmaterial
- Gerbrinde
- Weide, insbesondere nach Schlägen (Stockausschläge mit reichhaltigem Futterangebot)
- Schneitelbetrieb nach Schlägen für die Winterfütterung
- Laubstreu für Laubsäcke (Matratzen)
- Stallstreu
- Laubstreu als Ackerdünger
- Eichel- und Bucheckernmast der Schweine
- Waldheu

Abbildung 6.
Mittelalterliche Nutzungen der Nieder- und Mittelwälder.

Nährstoffaufbaues haben wir mit zwei weit auseinanderliegenden floristischen Zustandserhebungen notdürftig erfasst. Die Anreicherung an Stickstoffzeigern, die wir heute feststellen, ist deshalb sehr wahrscheinlich zu einem guten Teil auf Bewirtschaftungs- bzw. Nutzungsänderungen zurückzuführen.

Ein Einfluss von Einträgen aus der Atmosphäre kann zwar nicht ausgeschlossen werden, doch sind wir aufgrund der floristisch-ökologischen Auswertungen nicht in der Lage, die Anteile der verschiedenen Herkünfte zu bestimmen. Auf den Stickstoffkreislauf kann hier nur hingewiesen werden (Ellenberg, 1977). Aus ihm geht hervor, dass es sich beim Stickstoff um ein sehr mobiles Element handelt, das in Riesenmengen in der obersten Erdschicht und vor allem in der Luft der Atmosphäre vorhanden ist, von dem aber nur zwei Formen, Nitrat und Ammonium, für die Pflanzenernährung in Frage kommen. Genau diese Formen sind jedoch Minimumfaktoren des Pflanzenwachstums. Auch Mikroorganismen des Bodens haben einen Stickstoffbedarf, doch ist ihre Verwertungspalette – obwohl bei jeder Art spezifisch – im Gesamten gesehen viel breiter. Manche Bakterienarten sind zum Beispiel gar nicht so sehr am Stickstoff des Nitrats als vielmehr am Sauerstoff interessiert, so dass der Stickstoff als Stickstoffmolekül an die Atmosphäre abgegeben wird. Andere Mikroorganismen wie etwa Blaualgen, Strahlenpilze (bei Erlenarten) oder die Knöllchenbakterien der Leguminosen sind in der Lage, Luftstickstoff zu assimilieren.

Was mit Ammonium- und Nitratstickstoffeinträgen aus der Atmosphäre in Waldbestände geschieht – ob sie in den Nährstoff- und Lebenskreislauf eingebaut oder als Luftstickstoff wieder an die Atmosphäre zurückgegeben werden – wird in allererster Linie von der Mikroorganismenwelt des Bodens bestimmt. Erst in zweiter Linie, mittelbar, kommen die höheren Pflanzen damit in Kontakt.

3.2 Entwicklungen und Voraussetzungen in den Voralpen und Alpen

Aus den Voralpen und Alpen hat *Kuoch* (1954) hervorragend dokumentiertes vegetationskundliches Datenmaterial hinterlassen. Mit den Aufnahmewiederholungen hat sich P. Kissling befasst. Nach den ersten Aufnahmewiederholungen hatte er erkannt, dass die Waldbestände zufolge waldbaulicher und anderer Änderungen sehr viel heterogener waren, als er sich bei freier Wahl in der üblichen pflanzensoziologischen Arbeit gewohnt war. Ein sogenanntes «merocoenotisches Aufnahmeverfahren» (Merocoenose = Teilgemeinschaft) sollte die Vergleichbarkeit mit den ursprünglichen Beständen gewährleisten (vgl. Kissling *et al.*, 1988).

Nach diesem Verfahren, auf welches auch die Auswertung ausgerichtet werden musste, wurden in neun verbreiteten Waldgesellschaften der Alpen 257 Bestände bearbeitet (vgl. *Abbildung 3*). Für die ökologischen Auswertungen wurden in diesem Falle die Zeigerwerte nach Landolt (1977) verwendet, und zwar deswegen, weil hier eine Humuszahl angeboten wird.

Einen Überblick der floristischen Zusammensetzung der ursprünglichen, von *Kuoch* beschriebenen Gesellschaften gibt die *Tabelle 2*. Zur ökologischen Charakterisierung können Reaktionswerte und Nährstoffversorgung herangezogen werden (*Abbildung 7*). Die Assoziation mit den sauersten und zugleich nährstoffärmsten Bedingungen ist das *Sphagno-Pinetum*, eine auf Hochmooren verbreitete Bergföhrengesellschaft. Am andern Ende der Darstellung findet sich das «*Fagetum silvaticae*» mit den im Buchenwald der Voralpen am wenigsten sauren, mitunter neutralen Standortsgegebenheiten und der höchsten Nährstoffzahl. Alle andern untersuchten Waldgesellschaften nehmen Plätze zwischen diesen beiden Extremen ein. Mit einer Ausnahme befinden sich alle auf einer nahezu ausgeglichenen Kurve. Die Ausnahme macht das *Carici-Abietetum*, also «die zentralalpine Parallele zu dem im Jura und in den nördlichen Randalpen vorkommenden *Carici albae-Fagetum*», wie sich Ellenberg und *Klötzli* (1972) ausdrückten. *Kuoch* (1954) nannte diese Gesellschaft allerdings *Abietetum melampyretosum* und wies darauf hin, dass keine engen Beziehungen zu anderen Gesellschaften bestehen. Die Position im Reaktions-Nährstoff-Ökogramm bestätigt diese Aussage. Das dürfte damit zusammenhängen, dass neben vielen Säurezeigern einige Basenzeiger (zum Beispiel *Carex alba*, *Carex digitata*) vorkommen, die nicht zugleich Nährstoffzeiger sind.

Tabelle 2. Übersicht der Artenzusammensetzung von Waldgesellschaften der Voralpen und Alpen (nach Kuoch, 1954, stark vereinfacht).

Waldgesellschaft	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kennarten der Ordnung Vaccinio-Piceetalia (Saure Nadelwälder).....									
Homogyne alpina	+	o	+	+	+				
Vaccinium vitis-idaea	o	o							
- uliginosum	o								
Lycopodium annotinum	+	+							
Melampyrum silvaticum	+				+				
Listera cordata	+								
Kennarten des Verbandes Vaccinio-Piceion (Fichtenwälder).....									
Picea abies	+	o	o	o	o	o	o	o	+
Blechnum spicant	+	+	+						
Rhododendron ferrugineum	o								
Calamagrostis villosa	+								
Kennarten der Klasse Oxyocco-Sphagnetea (Hochmoore und Moorheiden).....									
Eriophorum vaginatum	o								
Sphagnum magellanicum	o								
Polytrichum strictum	+								
Kennarten der Klasse Nardo-Callunetea (Zwergstrauchheiden).....									
Calluna vulgaris	o								
Nardus stricta	+								
Gentiana purpurea	+								
Carex pilulifera		+							
Begleitarten torfmoosreicher Föhren und Fichtenwälder *)									
Vaccinium myrtillus	o	o	o	o	+	+	+	+	+
Dicranum scoparium	+	o	+	o	+	+	+	+	+
Pleurozium schreberi	o	o	+						
Sphagnum nemoreum	o	+							
Molinia caerulea	o								
Cladonia rangiferina	o								
Kennarten der Klasse Querco-Fagetea (Reichere Laubwälder).....									
Carex silvatica		+	o	+	+				
Brachypodium silvaticum									+
Aegopodium podagraria									+
Hepatica triloba					+				

Waldgesellschaft	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kennarten der Ordnung Fagetalia (Edellaub-Mischwälder).....									
Phyteuma spicatum		+	+	+	+	+	+	+	+
Viola silvestris		+	+	+	+				+
Galium odoratum			+	+	+				o
Dryopteris filix-mas			+	+	+				
Sanicula europaea		+	o	+					+
Lamium galeobdolon s.l.						+	+		o
Paris quadrifolia							+	+	o
Epipactis helleborine		+		+					+
Neottia nidus avis						+	+	+	+
Epilobium montanum		+		+	+				+
Aruncus dioecus						+	+		+
Actaea spicata							+		+
Mercurialis perennis							+		+
Acer pseudoplatanus							+		+
Primula elatior							+		+
Lilium martagon									+
Bromus benekenii									+
Circaea lutetiana									+
Salvia glutinosa									+
Ranunculus lanuginosus								+	
Kennarten des Verbandes Fagion (Rotbuchenwälder).....									
Abies alba		+	o	o	o	o	o	o	+
Fagus silvatica		+	o	o	+	o	+	o	o
Prenanthes purpurea		+	+	o	+	o	+	+	o
Veronica latifolia			+	o	+	o	+	o	+
Petasites albus			+	+	+	+	+	+	+
Festuca altissima			+	o	+				
Luzula nivea					+	+	+		
Polystichum lobatum						+	+	+	+
Elymus europaeus							+		+
Begleitarten der Tannen und Buchenwälder *)									
Sorbus aucuparia		+	+	o	+	+	+	o	+
Hieracium silvaticum		+	o	+	+	+	+	+	o
Oxalis acetosella		+	o	+	+	+	+	+	+
Athyrium filix-femina		+	o	+	+	+	+	+	+
Dryopteris dilatata		o	o	+	+	+	+	+	+
Solidago virgaurea		+	o	+	+	+	+	+	+
Fragaria vesca							+	+	+
Knautia silvatica									o
Hylocomium splendens		o	o	+	+	+	+		
Rhytidiadelphus triqueter		+	+	o	+	+	+		
Plagiochila asplenioides		+	o	+	+	+			
Polytrichum formosum		+	o	+	+				
Thuidium tamariscinum		+	o	o					
Rhytidiadelphus loreus		+	o	+					
Eurhynchium striatum		+					+	o	

- 1 Sphago-Pinetum E&K 1972
- 2 Sphago-Piceetum E&K 1972
- 3 Bazzanio-Abietetum E&K 1972
- 4 Abieti-Fagetum luzuletosum E&K
- 5 Adenostylo-Abietetum E&K 1972

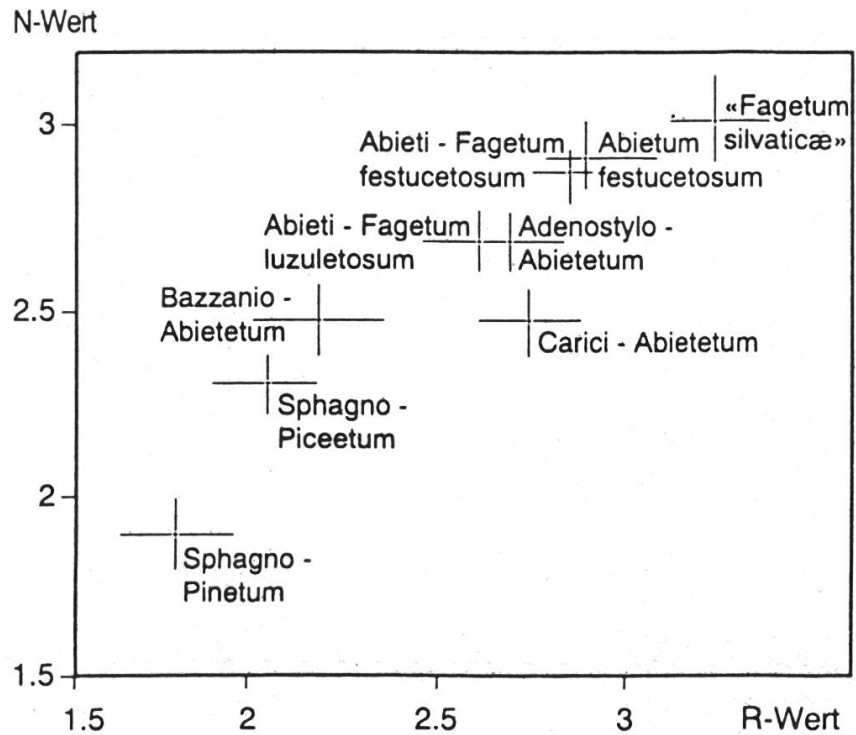
- 6 Abieti-Fagetum festucetosum Kuoch 1954
 - 7 Abietetum festucetosum Kuoch 1954
 - 8 Carici-Abietetum E&K 1972
 - 9 Fagetum silvaticae Kuoch 1954
- E&K = Ellenberg/Klötzli

*) Wichtige Begleitarten (Präsenz 100 % in mindestens einer Einheit)
 + Präsenz höher als 50 %
 o Präsenz 100 % in mindestens einer Untereinheit, nicht dominant
 O Präsenz 100 %, dominierend (Deckungswert grösser als 50 %)

In der floristischen Tabelle der Voralpen und Alpen treten diese Arten nicht auf, weil sie die hohen Stetigkeitsgrenzen zur Verminderung der Artenzahl zugunsten der Übersicht nicht erreichen.

Zur Darstellung der in den Waldgesellschaften der Voralpen und Alpen festgestellten Veränderungen dienen die Differenzen der mittleren Zeigerwerte von Aufnahmepaaren (Abbildung 8). Aus ihnen geht hervor, dass

Abbildung 7.
Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktions- und Nährstoffzahlen (nach Landolt, 1977) von neun verbreiteten Waldgesellschaften der Schweizer Alpen (Vegetationsaufnahmen von Kuoch, 1954; nur Bestände berücksichtigt, in denen eine Zweitaufnahme stattgefunden hat).



sowohl die Reaktions- als auch die Nährstoffzahlen zurückgegangen sind. Die Frage stellt sich nun, ob es zulässig sei, die Reaktionszahlabnahme (R) auf einen Säureeintrag zurückzuführen. Bei der Nährstoffzahl (N) stellt sich die Frage, ob aufgrund der Abnahme darauf geschlossen werden darf, dass kein Stickstoffeintrag stattgefunden habe. Man kann aber auch einen Blick auf das Verhalten anderer Zeigerwerte werfen, zum Beispiel Humuszahl (H), Feuchtezahl (F) und Lichtzahl (L) und stellt fest, dass mit den Reaktions- und den Nährstoffzahlen auch die Lichtzahlen abgenommen, die Humus- und Feuchtezahlen jedoch in der Regel zugenommen haben.

Sofern aus den floristischen Veränderungen auf ökologische Veränderungen geschlossen werden darf, scheint unter den kühlen Witterungsbedingungen der Voralpen und Alpen die folgende Interpretation plausibel (Abbildung 9):

Die Lichtzahlen haben in fast allen Gesellschaften abgenommen; in den untersuchten Altbeständen ist es dunkler geworden. Durch die stärkere Beschattung ist auch die Bestandesfeuchtigkeit angestiegen. Dadurch hat eine Anreicherung von Rohhumus stattgefunden, welcher naturgemäss sauer reagiert und die Ansiedelung von Säurezeigern, sogar extremen Säurezeigern, begünstigt. Die Nährstoffe, vor allem Stickstoff, werden in diesem Rohhumus fixiert und mangels genügend hoher Temperaturen in reduziertem Ausmass mineralisiert. Sie stehen damit den Pflanzen zur Ernährung nur sehr beschränkt zur Verfügung. Aus diesem Grund sind die Voraussetzungen zur Ansiedelung anspruchsvoller Nährstoffzeiger nicht gegeben.

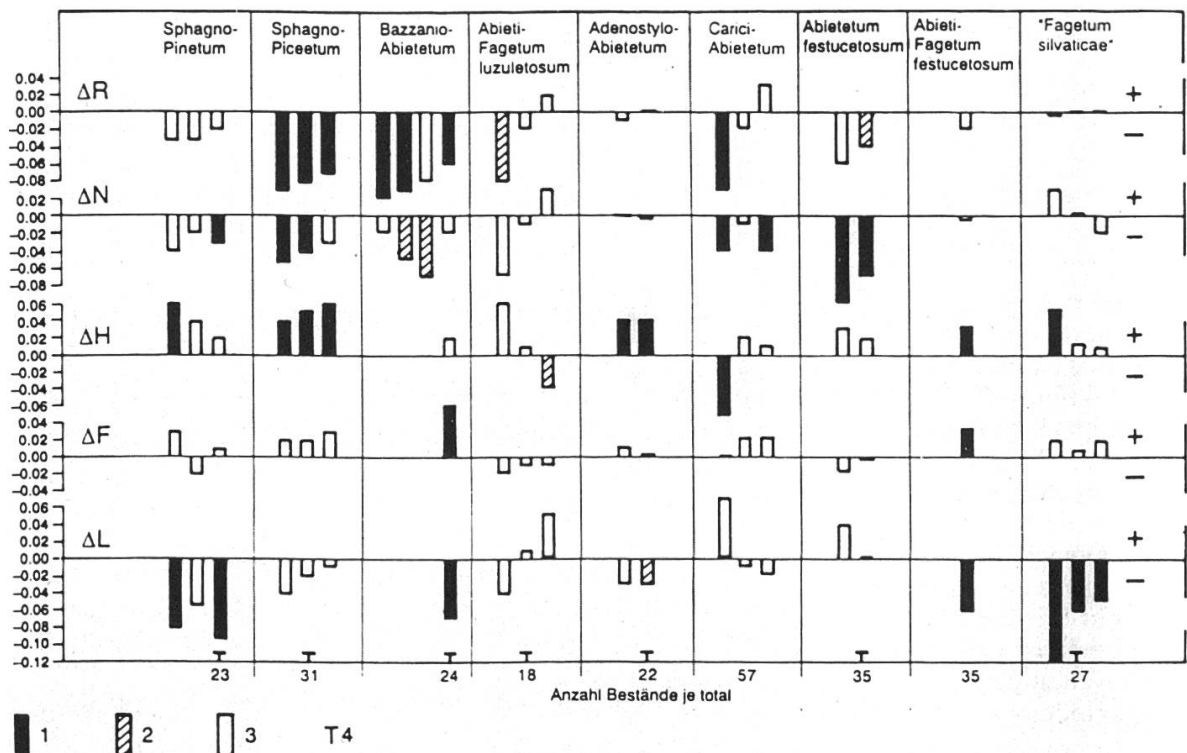


Abbildung 8. Veränderungen einiger Zeigerwerte durch Differenzbildung der R-, N-, H-, F- und L-Zahlen nach Landolt (1977) in neun verbreiteten Waldgesellschaften der Schweizer Alpen (Vegetationsaufnahmen von Kuoch, 1949/50 und Kissling, 1986/87; nach Zahlen von Kissling, 1989).

Statistische Signifikanz nach dem Wilcoxon-Rangtest für Paardifferenzen

- 1 mit 1–5 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- 2 mit 10 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- 3 mit > 10 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- 4 Gesamtheit der Aufnahmen je Gesellschaft

(«Total» gilt für alle Balken der gleichen Kolonne); die anderen Balken betreffen floristisch homogenere Untereinheiten der Gesellschaft.)

Somit sind die festgestellten Veränderungen weitgehend auf die natürliche ökologische und floristische Entwicklung von Waldbeständen unter den klimatischen Bedingungen der Voralpen und Alpen zurückzuführen. Ob die heutigen Säureeinträge – sie finden ausser Zweifel statt – die natürliche «Versauerung» beeinflussen, ist eher fraglich, denn die verschiedensten Ergebnisse der Forschung zeitigten ein beträchtliches Pufferungspotential der Waldökosysteme. Viel wahrscheinlicher scheinen auch hier Einflüsse der früheren «Bewirtschaftung» zu sein. Damit ist weniger die geregelte Forstwirtschaft des 20. Jahrhunderts als vielmehr die Landnutzung früherer Jahrhunderte gemeint. Und man erinnert sich, dass – aus der Sicht massgeblicher damaliger Forstleute beurteilt – «viele, man darf vielleicht sagen die meisten Waldungen aus dem 18. Jahrhundert und den Wirren der Helvetik und der napoleonischen Zeit in schlechter Verfassung in das 19. Jahrhundert übernommen» wurden (Wullschleger, 1985).

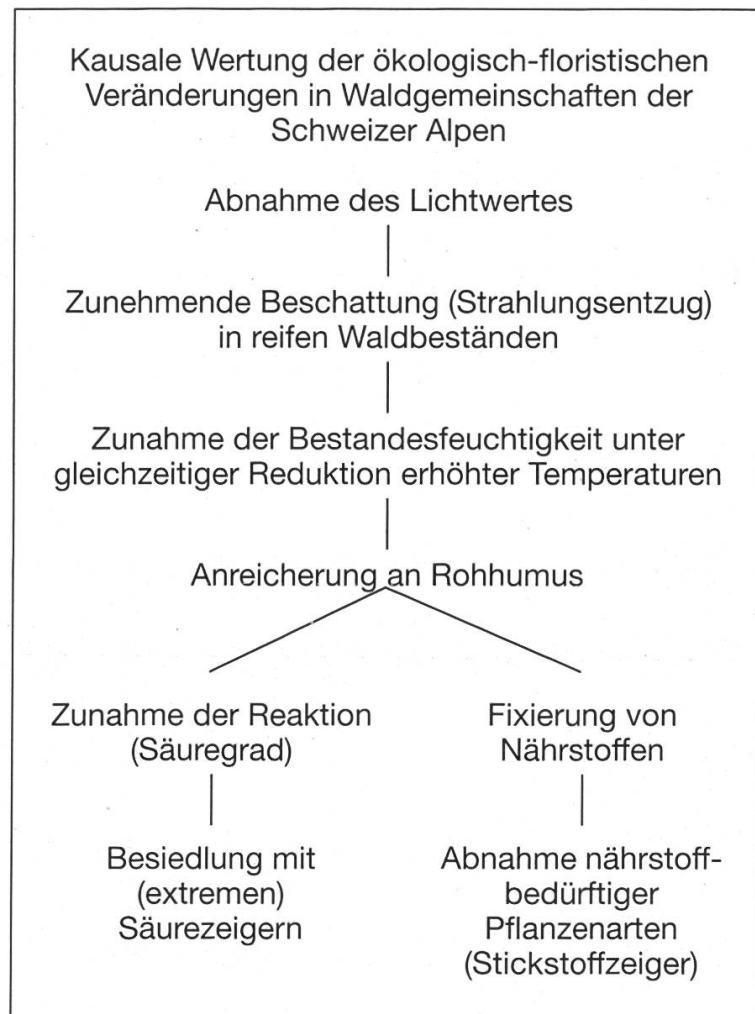


Abbildung 9.
Die hoch- und spätmittelalterliche Übernutzung oder Zerstörung der Wälder in den Alpen hat zu standörtlichen Substanzverlusten geführt. Die geregelte Forstwirtschaft unseres Jahrhunderts bedeutete eine tiefgreifende Nutzungsänderung mit ökologischen Folgen.

Der schlechte Zustand der Gebirgswälder war ja Anlass für den berühmten «Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Hochgebirgswaldungen . . . » von *Landolt* (1862) sowie Artikel 24 der Bundesverfassung seit 1874 und schliesslich das Bundesgesetz betreffend die Oberaufsicht des Bundes über die Forstpolizei im Hochgebirge 1876.

Die Ursachen des schlechten Zustandes des Gebirgswaldes können hier nicht alle genannt werden. In der Regel waren es jedoch Jahrhunderte dauernder extensiver Weidebetrieb mit unterschiedlichen Vieharten oder grossflächige Abholzungen. Die Zwecke dieser Waldverwüstungen waren ganz verschieden. In vielen Gebieten – Orts- und Flurnamen zeugen davon – wurden Glasschmelzen betrieben. Ebenso verbreitet waren Eisenhütten- und Metallschmelzen. Solche wurden in beträchtlicher Zahl in den Alpentälern betrieben, und zwar bis zum Anbruch des technischen und industriellen Zeitalters, als die Metalle mit der Eisenbahn aus dem Ausland beschafft werden konnten (*Abbildung 10*).

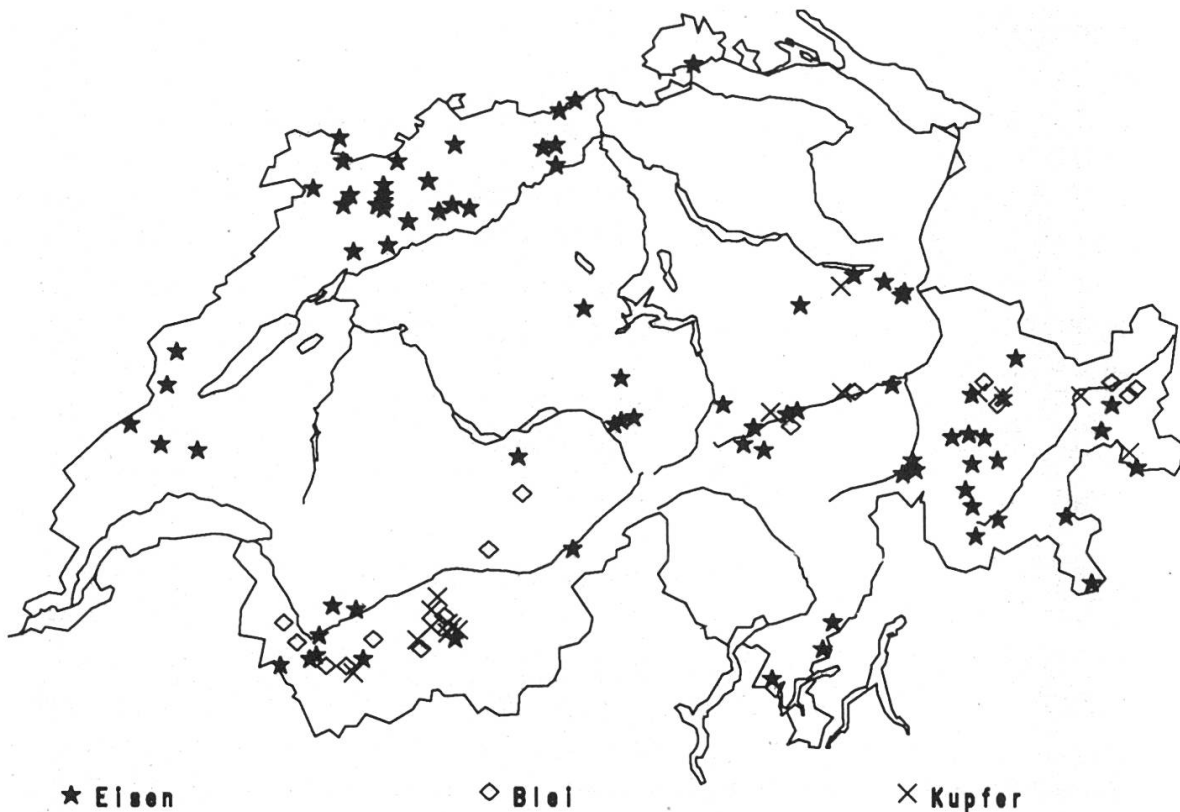


Abbildung 10. Zahlreich waren die Bergwerke der Alpentäler im ausgehenden Mittelalter bis in die vorindustrielle Zeit. Zur Verhüttung der Erze wurden holzreiche Alpentäler ausgewählt. In weiterer Entfernung von den Metallschmelzen wurde Holz vor dem Transport geköhlt, so dass der Einzugsbereich der Hochöfen heute gewaltig unterschätzt wird. Die Karte übernimmt die Angaben des geographischen Lexikons der Schweiz. Jene Karte ist aber unvollständig. So fehlt zum Beispiel das bekannte Gonzenbergwerk, wo seit 2000 Jahren Eisenerz gefördert wurde (Hugger, 1991).

Die Existenz vieler Hochöfen, Edel- und Buntmetallschmelzen war noch anfangs unseres Jahrhunderts wohlbekannt (Schardt, 1908, S. 273). Einige davon waren seither Gegenstand eingehender historischer Untersuchungen. Auch in der forsthistorischen Forschung fehlen sie nicht. Im Bewusstsein der Forstleute haben sie aber nie eine grosse Rolle gespielt. Man nahm wohl an, dass so weit zurückliegende Ereignisse auf den Wald unseres Jahrhunderts keinen Einfluss mehr haben können. Ihr Einfluss wurde indessen gewaltig unterschätzt: Im 17. Jahrhundert wurde allgemein zur Herstellung einer Tonne Roheisens mit einem Bedarf von 7 bis 8 Tonnen Holzkohle gerechnet, wozu 30 Tonnen, das sind 50 bis 80 m³, Holz benötigt worden sind (Grossmann, 1972). Selbstverständlich wurden die Hochöfen dort aufgebaut, wo Eisenerz gewonnen werden konnte, doch wurde auch auf zu erwartende Holzvorräte geachtet. Unter Umständen wurden längere Transportwege für das Erz in Kauf genommen. Holz abgelegener Gebiete wurde an Ort und Stelle verkohlt und als Holzkohle zu den Eisenhütten transportiert, so dass der Einzugsbereich der Schmelzöfen weit über die unmittelbare Umgebung hinausging.

Der Schmelzofen von Zweilütschinen beschäftigte 54 Arbeitskräfte, darunter 32 Holzhacker und Köhler, so dass 1691 die Wälder im ganzen Lauterbrunnental fast vernichtet waren (*Michel*, 1970). Das Lauterbrunnental steht hier als Beispiel. An Forschungsergebnissen für andere Alpengebiete fehlt es nicht: *Winkler* (1933), *Hess* (1940), *Wider* (1980), *Forster* (1983) und viele andere (vgl. auch Literatur bei Grossmann, 1972).

Die grossflächigen Abholzungen erzeugten zunächst grossflächige Erosionen, Verzehr der organischen Bodenhorizonte, dann grossflächig gleichaltrige und gleichförmige Waldbestände, die sich bis heute so weiter fortgepflanzt haben. Die meisten Bestände enthalten die Bäume der ersten oder zweiten Generation nach den Kahlschlägen. Vielerorts sind jedoch nach den Kahlschlägen keine Waldbestände mehr entstanden, sondern Triftweiden. Diese sind erst zufolge der eidgenössischen Forstgesetzgebung Ende des letzten oder aber in diesem Jahrhundert aufgeforstet worden. Auf Einflüsse von Aufforstungen wie natürliche Bewaldung oder Wiederbewaldung auf die Bodenbedingungen hat in Schweden auch *Malmer* (1974) sehr eingehend hingewiesen: «Es ist keine Übertreibung zu sagen, dass sie zu den radikalsten Änderungen seit dem Rückzug der Gletscher gehören. Alle diese Änderungen sind mit Landnutzungsänderungen verbunden, die durch technologischen Fortschritt und veränderte Sozialstrukturen bedingt sind . . . Die bodenkundlichen Effekte als Folge der Veränderungen im biotischen Teil des Ökosystems schlossen erhöhte Stratifikation wegen verminderter Durchmischung von organischen und mineralischen Bodenbestandteilen ein . . . Alle diese Einflüsse tragen zu einem Säure-Basenzustand mit niedrigerem pH-Wert und einer verminderten Metallionen-Sättigung bei.»

4. Folgerungen:

Vorgänge im Wald beobachten und beschreiben – der Umgang mit Qualitäten

Die floristisch-ökologische Dynamik von Waldbeständen ist gross. Floristische Analysen allein genügen aber nicht, um Ursachen von Veränderungen ausserhalb der Bestände von deren Eigendynamik zu trennen. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen können Auswirkungen von Stickstoff- und Säureeinträgen in Waldökosysteme mit floristisch-ökologischen Methoden weder schlüssig nachgewiesen noch ausgeschlossen werden.

Weit zurückliegende Behandlungs- bzw. Nutzungsänderungen von Waldbeständen spielen in der heutigen floristisch-ökologischen Dynamik vermutlich eine weit bedeutendere Rolle als die heutigen Immissionen. Das darf nicht dazu verleiten, die heutigen Immissionen nicht ernst zu nehmen. Ihr Einfluss wird zufolge der vielfältig vernetzten Faktoren, Beziehungen und Wirkungen

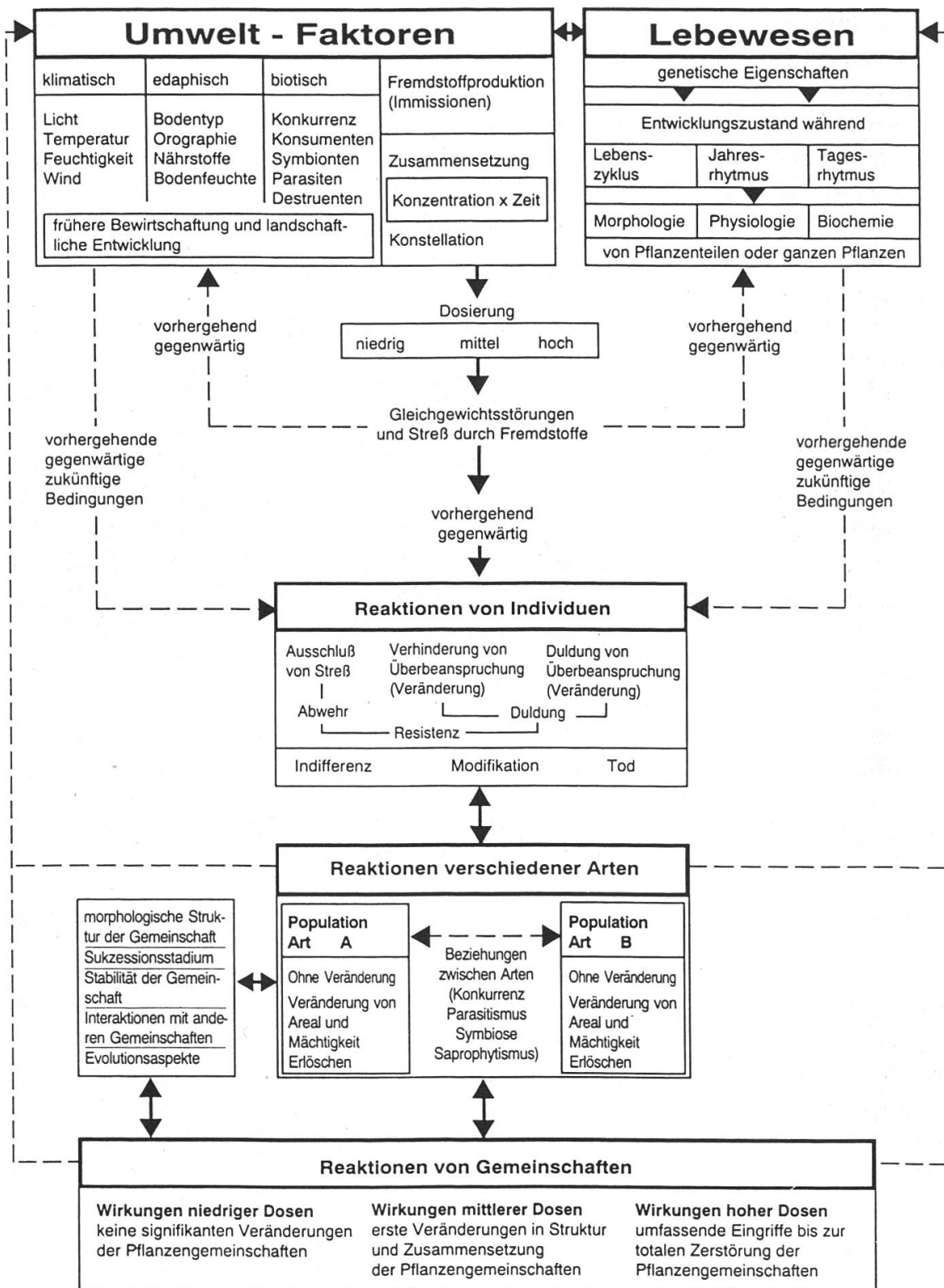


Abbildung 11. Wirkungen entscheidender Wachstumsfaktoren-Kombinationen bei Pflanzen auf Individuums-, Populations- und Gemeinschaftsebene (nach Guderian und Kueppers, 1980, verändert). Einflüsse der Umwelt und von Immissionen wirken mittelbar über Individuen und Population auf Pflanzengemeinschaften. Lebensgemeinschaften sind deshalb gepufferte Systeme. Nur katastrophale Ereignisse oder langandauernde Umweltveränderungen machen sich darin bemerkbar.

in Ökosystemen mehrfach gepuffert (*Abbildung 11*) und sich deshalb vermutlich auch erst in Jahrzehnten bemerkbar machen. Die Art und Weise, wie dies geschehen wird, vermögen wir heute mangels Kenntnissen nicht zu beurteilen.

Aus diesem Grunde ist es ein dringendes Erfordernis, ausgesuchte Waldbestände über längere Zeit systemgerecht und konsequent zu beobachten. Diese Dauerbeobachtung stellt eine unerlässliche Ergänzung zu den Erhebungen auf Stichprobenbasis dar. Die Auswahl von Dauerbeobachtungsbeständen muss in allererster Linie standorts- und vegetationskundlichen Kriterien genügen, weil die natürliche Baumartenzusammensetzung, die Wachstumsdynamik und viele andere Eigenschaften – darunter der Gesundheitszustand der Bäume – kausal davon abhängen.

Mit der Dauerbeobachtung ist die Erfassung einer Reihe von Eigenschaften der Waldbestände verbunden, die sich nur mit grossem Aufwand, teils indirekt, teils schwer oder überhaupt nicht messen, das heisst quantitativ ausdrücken lassen. Der Umgang mit Beobachtungen und deren Beschreibungen bereitet der heute vor allem auf Quantitäten ausgerichteten Methodologie etwelche Mühe. Der Umgang mit Qualitäten gehört nicht zum statistischen Alltag, sondern er muss erst entwickelt werden.

Résumé

Causes des changements floristiques et écologiques s'opérant dans les peuplements forestiers

Les changements de la composition végétale sont dus à diverses causes. Cette constatation a été faite, dans le cadre du programme Sanasilva 1984–1987, en comparant les divers stades de composition des essences de peuplements forestiers du Plateau suisse et des Alpes. Les dépositions atmosphériques d'acides, de composés de l'azote et d'autres substances, bien que diverses dans leur impact, exercent une influence incontestable aujourd'hui. Mais depuis le moyen-âge et pendant des siècles, les exploitations tendancieuses ou excessives (taillis, taillis sous futaie et leurs multiples produits accessoires) tout comme les vastes déboisements de forêts (destinés entre autres aux fonderies, verreries et industries métallurgiques) ont porté des atteintes tout aussi graves et durables. Il en fut de même durant la deuxième moitié du 19^e siècle, lorsque le début de l'époque industrielle a engendré de profondes modifications dans l'exploitation de la forêt.

En évaluant les changements stationnels d'un peuplement forestier, il importe de ne pas négliger non plus la multiplicité de sa dynamique. Cela signifie que la transparence des houppiers, les pertes foliaires et les phénomènes semblables devront être observés d'une manière beaucoup plus différenciée et il sera dès lors nécessaire de diagnostiquer et d'expliquer les causes d'un changement en tenant compte du développement et du passé d'un peuplement.

Lors d'une observation permanente visant à surveiller l'environnement, le recensement de la composition des espèces dans les peuplements devra s'étoffer tout d'abord d'un relevé des caractéristiques morphologiques des plantes et de leur évolution. Comme la majeure partie de ces critères sont qualitatifs, donc incalculables à l'aide de statistiques courantes, il importe d'élargir la méthode d'observation des écosystèmes forestiers en développant une statistique des qualités.

Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- Braun-Blanquet, J.*, 1964: Pflanzensoziologie. Wien 1928. 2. Aufl. Wien 1951, 631 S. 3. Aufl. 1964, 865 S.
- Christ, U.*, 1990: Anfälligkeit und Stabilität des Waldes unter dem Einfluss von Immissionen. Bern, BUWAL, 100 S.
- Ellenberg, H.*, 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scr. geobot.* 9, 122 S. 1. und 2. Aufl. 1979.
- Ellenberg, H.*, 1977: Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. *Oecol. Plant.* 12, 1–22.
- Ellenberg, H.; Klötzli, F.*, 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt.* 48, 4, 587–930.
- Etter, H.*, 1943: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an schweizerischen Laubwäldern. *Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt.* 23, 1, 3–132.
- Etter, H.*, 1947: Über die Waldvegetation am Südostrand des schweizerischen Mittellandes. *Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt.* 25, 1, 141–210.
- Etter, H.; Morier-Genoud, P.D.*, 1963: Etude phytosociologique des forêts du Canton de Genève. *Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt.* 39, 2, 113–148.
- Flückiger, W.*, 1988: Stickstoff und Stickstoffverbindungen in der Luft und ihre ökophysiologische Bedeutung. *Chimia* 42, 2, 41–56.
- Forster, B.*, 1983: Waldentwicklung in ehemals vom Bergbau genutzten Wäldern des Schams und Ferreratales. Diplomarbeit ETH Zürich, Abt. f. Forstwirtsch. Mskr. 131 S. (Unveröffentlicht).
- Frehner, H. K.*, 1963: Waldgesellschaften im westlichen Aargauer Mittelland. *Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz.* 44, 96 S.
- Grossmann, H.*, 1972: Flösserei und Holzhandel aus den Schweizer Bergen bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. *Mitt. Antiquar. Ges. Zürich* 46, 1, 1–92.
- Guderian, R.; Kueppers, K.*, 1980: Response of Plant Communities to Air Pollution. *Proc. Symp. on Effects of Air Pollutants on Mediterranean and Temperate Forest Ecosystems. Pacif. Southwest For. Range Exp. Stat. Berkley*, 187–199.
- Hess, E.*, 1940: Zur Geschichte des Waldes im Oberhasli (Berner Oberland). *Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich* 16, 136 S.
- Hugger, P.*, 1991: Der Gonzen. 2000 Jahre Bergbau. Hrsg. im Auftrag der Eisenbergwerk Gonzen AG, Sargans, 222 S.
- Keller, W.*, 1978: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. *Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt.* 54, 3–98.
- Keller, W.; Imhof, P.*, 1987: Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. 1. Teil: Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Buchen-Durchforstungsflächen der EAFV. *Schweiz. Z. Forstwes.* 138 (1), 39–54. 2. Teil: Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV. *Schweiz. Z. Forstwes.* 138 (4), 293–320.
- Kissling, P.*, 1989: Changement floristique depuis 1950 dans les forêts des Alpes suisses. *Bot. helv.* 99, 1, 27–43.
- Kissling, P.; Kuhn, N.; Wildi, O.*, 1988: Le relevé mérocénétique et son application à l'étude du changement floristique en forêt. *Bot. helv.* 98, 1, 39–75.
- Küchli, C.*, 1987: Auf den Eichen wachsen die besten Schinken. *Zehn intime Baumportraits*. Verlag im Waldgut, Frauenfeld (CH), 167 S.

- Kuhn, N.*, 1990: Veränderung von Waldstandorten. Ergebnisse, Erfahrungen und Konsequenzen mit einem Konzept für die Dauerbeobachtung von Waldbeständen. Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. 319, 47 S.
- Kuhn, N.; Amiet, R.; Hufschmid, N.*, 1987: Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre. Allg. Forst- Jagdztg. 158, 5/6, 77–84.
- Kuhn, N.; Amiet, R.*, 1988: Inventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung. Allgemeiner Teil. Eidg. Departement des Innern, Bern. 41 S., 6 Beilagen.
- Kuoch, R.*, 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt. 30, 133–260.
- Landolt, E.*, 1862: Bericht an den hohen Schweizerischen Bundesrath über die Untersuchungen der Schweiz. Hochgebirgswaldungen, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859 und 1860. Bern, Weingarh, 367 S.
- Landolt, E.*, 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel, Zür. 64, 208 S.
- Malmer, N.*, 1974: On the effects on water, soil and vegetation of an increasing atmospheric supply of sulphur. National Swed. Environm. Protection Board (Stockholm), 98 S.
- Michel, H.*, 1970: Buch der Talschaft Lauterbrunnen 1240–1949. Wengen, Verlag P. Ruch-Daulte, 499 S.
- Schardt, H.*, 1908: Mineralprodukte. In: Knapp, C.; Borel, M.; Attinger, V., 1908: Geographisches Lexikon der Schweiz. V. Band: Schweiz-Tavetsch. Neuenburg, Verlag Gebr. Attinger, 768 S.
- Stadelmann, F. X.*, 1988: N in der Landwirtschaft: Kreislauf, Probleme, Verluste, Synthese, Schlussfolgerungen. Schriftenreihe der FAC Liebefeld 7, 141–191.
- Städler, E.*, 1990: Vegetations- und Bodenveränderungen in zwei Waldgesellschaften des Forstkreises Zofingen, Kanton Aargau. Diplomarbeit ETH Zürich, Abt. f. Forstwirtsch., FB Bodenphysik, Mskr. 72 S. (Unveröffentlicht).
- Wider, Helen M.*, 1980: Der Bergbau in Nord- und Mittelbünden und seine Beziehungen zur Kulturlandschaft. Inaugural-Diss. Phil. Fak. II d. Univ. Zürich. Juris Druck und Verlag Zürich, 135 S.
- Winkler, O.*, 1933: Forstgeschichtlich bedingte Wandlungen in den Gebirgswäldern des St. Galler Oberlandes. Schweiz. Z. Forstwes. 84, 109–120.
- Wullschleger, E.*, 1985: 100 Jahre Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen 1885–1985. Teil 1: Die Geschichte der EAFV. Eidg. Anst. forstl. Vers.wes., Mitt. 61, 3–630.

Gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.