

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

1941. Heft II/III

Sitzungen Juli-Dezember

München 1941

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung



Über dynamische Faktoren in einigen Pflanzen.

Von Friedrich Boas in München.

Mit 1 Abbildung.

Vorgetragen in der Sitzung vom 15. November 1941.

Unter dynamischen Faktoren verstehe ich die in den Pflanzen liegenden Wirkungs- und Beeinflussungsmöglichkeiten der Umwelt gegenüber. Diese von der Pflanze ausgehenden Wirkungen können sich in verschiedenartigen Wirkungskreisläufen auf den Gesamtbereich des Lebens ausdehnen. Diese theoretische Grundlage ist nicht zu bestreiten, denn die Pflanze ist als lebendes Wesen gegeben; ihr Stoffwechsel mit seinen zahlreichen Wirkstoffen ebenfalls. Theoretisch ist die Annahme von Wirkungskreisläufen selbstverständlich. Wieviele wir einwandfrei nachweisen können und wieviele im Kreislauf des Lebens eine größere Bedeutung erhalten, ist eine zweite, teilweise auch eine praktische Frage, erschüttert aber unsere Grundannahme nicht. Die Tatsache der Wirkungskreisläufe wird auch dadurch nicht berührt, daß sich eine romanhafte oder wundergläubige Scheinbiologie gerne mit diesen z. T. noch in der Entwicklung befindlichen Fragen befaßt und unkritisch auf diesem mit vielen Fehlermöglichkeiten behafteten Gebiet betätigt.

Molisch untersuchte im Jahre 1937 die Wirkung von Pflanzen aufeinander, er prägte den Begriff Allelopathie. Weil es nun aber gar nicht richtig ist, daß die Pflanzen nur voneinander etwas erleiden, wie das Wort „pathie“ andeutet, so ersetze ich die Bezeichnung Allelopathie durch den weiteren Begriff Allelobiologie. Etwas vor der Arbeit von Molisch über Allelopathie erschien 1937 meine „dynamische Botanik“. Beide Bezeichnungen decken sich inhaltlich ziemlich. In beiden Gedankengängen erscheint die Pflanze als wirkendes Wesen, das auf die Umwelt verschiedenartige, wichtige und unwichtige Einflüsse ausüben kann. Durch die Erforschung dieses Gebietes wird die

Botanik erweitert, ebenso der Inhalt einer allgemeinen Biologie. Auch bereitet sich auf diese Weise ein neues botanisches Wissenschaftsideal vor: Die Pflanze ist mehr als Objekt der reinen oder angewandten Forschung; sie ist wirkendes Wesen im Gesamtbereich des Lebens. Dadurch wird die allgemeinbiologische Seite der Botanik stärker hervorgehoben als dies sonst der Fall ist. Molisch hat in seinen Untersuchungen besonders die gasartigen Ausscheidungen, wie Gerüche, Düfte, behandelt und die über die abgegebenen Gase entstehenden Fernwirkungen studiert. Aus der großen Zahl der Wirkstoffe und Wirkungsmöglichkeiten greife ich die besonders auffallenden Einflüsse einzelner Wuchsstoffe heraus. Daneben gehe ich auf die teilweise gleichzeitig vorhandenen Wirkungen eines weitverbreiteten Glukosids ein. Von den Wuchsstoffen greife ich den Teilungs- und Hefewuchsstoff, das Biotin heraus, von den Glukosiden das in der Heidekrautfamilie weitverbreitete Arbutin.

Wuchsstoffe vom Typus des Biotin regen noch in sehr großer Verdünnung das Wachstum einzelner Zellen an, besonders bekannt ist die Tatsache, daß Hefe noch in der Verdünnung 1 : 400 Milliarden gefördert werden kann. Es ergibt sich nun die Frage, ob dieses Biotin in Pflanzen, Pflanzenteilen und den verschiedenen Pflanzenstämmen einigermaßen gleichmäßig verbreitet ist oder ob große, vielleicht phyletisch bemerkenswerte Unterschiede vorhanden sind. Da weiter beim Absterben der Pflanzen Biotin auf andere Organismen vorteilhaft einwirken kann (z. B. Nils Fries), so erkennt man sofort die Möglichkeit verschiedenartiger Wirkungskreisläufe. Sollte sich weiter ein verschiedener Gehalt an Biotin bei einzelnen Pflanzen ergeben, so würde man je nach der Pflanze einen biologisch verschiedenen Wert erhalten, d. h. man käme zu einer biologischen Wertungslehre der Pflanzen. Diese Wertungslehre kann ökologisch eine Bedeutung gewinnen, sie kann auch praktisch in der Land- und Forstwirtschaft zur Geltung kommen.

In unseren Wäldern, vorzugsweise in den Kieferwäldern der Sandgebiete, finden sich Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Heidel- und Preiselbeere (*Vaccinium*), von den Moosen besonders das Weißzahnmoos *Leucobryum* und *Polytrichum*. Der Forstmann sieht in diesen Pflanzen teilweise Anzeiger der Unfruchtbar-

keit.¹ Neben den genannten Pflanzen untersuchte ich ein Lebermoos, *Plagiochila*, das in humösen Fichtenwäldern vorkommt, und ein Torfmoos (*Sphagnum*). Als Vergleichspflanze mit hohem Biotingehalt dienten teils die Blütenköpfe der Kamille, teils die Blätter der Heidelbeere, also Pflanzen sehr verschiedener systematischer Stellung und verschiedener ökologischer Haltung. Für alle Versuche wurden gleichmäßig getrocknete, gut zerkleinerte Pflanzen im Verhältnis 1 : 100 mit Leitungswasser heiß extrahiert. Die entkeimten Auszüge dienten als Biotingeber.

Weiter habe ich in den Kreis der Untersuchung Blätter der Maiblume, *Convallaria majalis*, und des roten Fingerhutes, *Digitalis purpurea*, gezogen. Beide sind weitverbreitete Waldpflanzen. *Convallaria* hat bei der Unterwasserprobe ein ganz auffallendes Verhalten gezeigt, *Convallaria* zeigte auch bei der Biotinprobe, wie weiter unten ausgeführt wird, eine besonders große Wirkung.

Zuerst eine Übersicht über die Biotinwirkung unserer wichtigsten Nadelhölzer Kiefer, Tanne, Fichte und Lärche. In die Nährlösung,² d. h. in 40 ccm Nährlösung, wurden 0 ccm (Kontrolle), 1 ccm (Höchstgabe), 0,5 ccm und 0,1 ccm Nadelauszug gegeben. Die Impfung erfolgte mit sehr wenig Hefe, es wurden 90 Zellen eingepflegt. Zum Vergleich diente ein Auszug aus Kamille. Die Wachstumsanregung ergibt sich aus folgenden Erntezahlen:

Versuch 1³

Pflanze	Zellenzahl in 1 ccm nach 6 Tagen	
Kamille	295 (1 ccm Extrakt)	169 (0,5 ccm Extrakt)
Kiefer	108	57
Tanne	65	46
Lärche	54	45
Fichte	37	22
Kontrolle	2,5 (0 ccm Extrakt)	—

¹ Man darf nicht bloß sagen, der Boden ist unfruchtbar; auch in den Pflanzen können Faktoren der Unfruchtbarkeit liegen!

² Die Nährlösung hatte folgende Zusammensetzung: 1000 ccm Leitungswasser; 50 g Rohrzucker (Handelsware); auch Dextrose (Dextropur) ist geeignet; 1,5 g KH_2PO_4 ; 1,5 g Ammonsulfat als N-Quelle; 1,0 g Magnesiumsulfat; je 0,5 g NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 ; 0,005 g FeCl_3 ; je 0,002 g Borsäure, Mangan- und Zinksulfat.

³ Die tatsächliche Zahl ist mit 50000 zu vermehren. Man denke daran, daß 1 ccm dickbreiige Hefe etwa 300 Millionen Zellen enthält.

Es ergibt sich also hier die doppelte Tatsache:

1. Die 4 untersuchten Nadelhölzer stehen hinsichtlich ihres Biotinwertes erheblich hinter dem der Kamille zurück.
2. Die Nadelhölzer lassen sich deutlich in folgender Reihe abnehmenden Biotinwertes anordnen.

Kiefer; Tanne; Lärche; Fichte

Anordnung nach fallendem Biotinwert

Ob sich in dieser Reihe etwa auch der Gehalt an hemmenden Stoffen wie Terpentin ausdrückt, lasse ich dahingestellt. Jedenfalls deckt diese Reihe den im Vergleich mit der Kamille sehr niedrigen Biotinwert auf, vielleicht auch einen vorerst nicht weiter studierten Hemmungswert der Fichte.

Da unsere Nährlösung für die Eiweißbildung als Stickstoffquelle Ammonsulfat enthält, so läßt sich die Wachstumsgröße auch an dem zunehmenden Säuregrad (p_H) der Lösungen feststellen, darauf hat z. B. auch K. Rippel hingewiesen.

Dies zeigt die folgende Übersicht:

Versuch 2

Nr.		p _H -Werte nach		
		6 Tagen	8 Tagen	12 Tagen
1	(Kontrolle ungeimpft) p _H	6,20	—	—
2	(Kontrolle geimpft)	5,75	5,75	—
3	Kamille 1 ccm	3,80	3,16	2,96
4	Kamille 0,5 ccm	4,06	3,16	
5	Kamille 0,1 ccm	4,70	3,30	3,72
6	Tanne 1 ccm	5,52	4,36	
7	Tanne 0,5 ccm	5,75	4,75	
8	Fichte 1 ccm	5,70	4,48	3,80
9	Fichte 0,5 ccm	5,90	4,94	
10	Fichte 0,1 ccm	5,90	5,34	
11	Kiefer 1 ccm	5,51	3,34	3,10
12	Kiefer 0,5 ccm	5,60	3,76	
13	Kiefer 0,1 ccm	5,75	4,84	
14	Lärche 1 ccm	4,86	3,44	3,38
15	Lärche 0,5 ccm	5,48	3,91	
16	Lärche 0,1 ccm	5,75	4,52	

Nach diesen Säuregradzahlen ergibt sich für 1 ccm Extrakt die Reihe:

Kiefer, Lärche, Tanne, Fichte

Abnahme der Biotinwirkung genau so wie nach den Erntezahlen.

Für 0,5 ccm Extrakt ergeben sich folgende Säuregrad-Wachstumswerte nach 8 Tagen:

Kiefer p_H	3,76	↓ Abnahme des Wachstums
Lärche	3,91	
Tanne	4,75	
Fichte	4,94	

Der Wert der Kamille (p_H 2,96 nach 12 Tagen) wird bei den Nadelhölzern nicht erreicht. Ob in dem geringeren Wachstum nun ein innerer Hemmungswert oder nur ein niederer Biotin-gehalt vorliegt, bleibt vorerst unentschieden. Biologisch bleibt das Ergebnis dasselbe. Die Biotinwirkung ist bei vier untersuchten Nadelhölzern viel geringer als bei der Kamille. Der Wirkungswert beträgt, wenn wir 0,5 ccm Extrakt zugrunde legen:

Wirkungswert (nach 6 Tagen):

Kamille	1
Kiefer	0,34
Tanne	0,27
Lärche	0,27
Fichte	0,13.

Die Erscheinung, daß die Fichte eine Art biologischer Endstellung bei unseren Versuchen einnahm, veranlaßte uns auch Heißwasserauszüge aus gleichalten Nadeln unserer Nadelhölzer der Selbstinfektion zu überlassen und in diesen Auszügen die Entwicklung von Bakterien zu beobachten. Das Ergebnis war wieder eine auffallende Sonderstellung der Fichte. 1. War die maximal im Kubikzentimeter erreichte Bakterienzahl mit 400000 sehr gering im Vergleich mit den anderen Nadelhölzern,

2. trat nach etwa 17 Tagen bereits eine starke innere Entkeimung ein, so daß nach etwa 30 Tagen die Säfte nahezu völlig steril waren. Die Sonderstellung der Fichte trat auch hier klar hervor.

Nach der Stärke der Bakterienentwicklung lassen sich unsere 4 einheimischen Nadelhölzer in folgender Reihe anordnen:

Kiefer, Tanne, Lärche, Fichte.

Abnahme der Bakterienzahl in 1 ccm in Säften. →

Die in diesem Versuch mitverwendete Weymouthskiefer zeigte einen langsamen Keimanstieg, erreichte dann aber wie die Kiefer sehr hohe Keimzahlen, es handelt sich also bei der Weymouthskiefer um einen zeitlich verschobenen Kiebertypus.

Auffällig ist die Beobachtung, daß in den einzelnen Säften die Bakterientätigkeit sich meist wochenlang auf großer Höhe hält und erst dann langsam absinkt. Nur in den Fichtenauszügen bleibt die Lebenstätigkeit der Bakterien nur kurze Zeit, nämlich etwa 10 Tage, bestehen, dann tritt schnelle Selbstreinigung (Entkeimung) ein. Die Zeit intensiver Bakterientätigkeit beträgt nach Versuchen von Dr. G. Schulz:

Maximale Bakterienzahl in 1 ccm

Fichte etwa 10 Tage	400 000
Tanne etwa 35 Tage	12×10^6
Lärche etwa 37 Tage	185×10^6
Kiefer etwa 40 Tage	285×10^6 . ¹

Man findet also immer wieder dieselben biologischen Reihen, wenn man die dynamischen Faktoren dieser 4 Nadelhölzer untersucht; außerdem läßt auch dieser einfache Versuch die Verschiedenheit der dynamischen Faktoren in den Nadeln unserer Nadelhölzer deutlich erkennen.

Um sich ein Bild von dem Inhalt der Auszüge zu machen, wurde Trockensubstanz und Aschengehalt bestimmt, auf Amino-

¹ In einem Kubikzentimeter können 10^{12} Bakterien bei dichter Packung und bei einem Durchmesser von 1μ untergebracht werden.

säuren wurde mit der Ninhydrinprobe geprüft, mit Fehlingscher Lösung auf reduzierende Substanzen (Traubenzucker). Die Säfte selbst wurden so hergestellt, daß eine bestimmte Menge zerkleinerter gut lufttrockener, möglichst gleichalter Nadeln 2 Stunden lang bei etwa 75° C mit Leitungswasser extrahiert wurde.

Es enthielten:

Kiefernadelauszug	7,2 mg Trockensubstanz je 1 ccm,	
	0,7 mg Asche,	
	Aminosäuren: fraglich,	
	Traubenzucker positiv,	
Tannennadelauszug	8,2 mg ..	} Ninhydrinprobe negativ, Fehling positiv.
	0,47 mg Asche ..	
Lärchenauszug	10,6 mg ..	
	0,65 mg Asche ..	
Fichtenauszug	11,3 mg ..	}
	0,34 mg Asche ..	

Die Biotinprobe ergab auch in diesem Versuch die Reihenfolge Kiefer, Tanne, Fichte.

Es wurde verwendet z. B. 1 Tropfen¹ Extrakt = $\frac{1}{20}$ ccm. Nach 11 Tagen wurden folgende p_H-Werte festgestellt:

Kontrolle	5,61,
1 Tropfen Fichtenauszug	5,05,
1 Tropfen Tannenauszug	4,86,
Kiefernuszug	4,13,
Kamillenauszug	3,05.

In diesem Versuch wurde bereits mit sehr geringen Extraktmengen (1 Tropfen) gearbeitet. Es erhebt sich nun noch die Frage nach der noch wirksamen Minimalmenge. Bei dem folgenden Versuch wurde als Vergleichspflanze neben der Kamille, die ja im Wald nicht vorkommt und die ökologisch, pflanzensoziologisch und physiologisch einen ganz anderen Typus darstellt als die Waldpflanzen, die Heidelbeere, *Vaccinium Myrtillus*, gewählt.

¹ Die Oberflächenspannung der Säfte ist, wie Versuche zeigten, nicht sehr unterschiedlich, man kann also es wagen, einen Tropfenversuch miteinander zu vergleichen.

Versuch 3

Zuerst die Erntezahlen in einem ccm.

	Erntezahl	Zuwachsgröße
Kontrolle	28 ¹	1
Kamille 0,1 ccm	108	3,7
0,01 ccm	50	1,8
Kiefer 0,01 ccm	68	2,4
0,05 ccm	39	1,4
0,02 ccm	37	1,3
0,01 ccm	25 ¹	(kein Zuwachs mehr)
Lärche 0,1 ccm	79	2,8
0,05 ccm	37	1,4
0,01 ccm	31 ¹	(kein Zuwachs)
Heidelbeere 0,1 ccm	278	10
0,05 ccm	139	5
0,01 ccm	100	3,6

Auch hier sieht man, daß Kamille (0,01 ccm) und Heidelbeere (0,01) die Nadelhölzer Kiefer und Lärche wesentlich übertreffen. Die geringere Biotinwirkung dieser Pflanzen steht also fest.

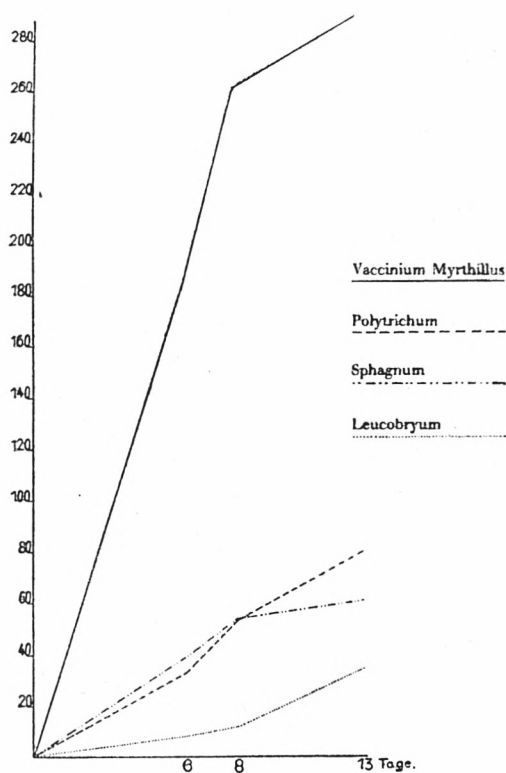
Bei den Versuchen mit einigen Moosen des Waldes wurde als Vergleichsbiotinspender ebenfalls die Heidelbeere, *Vaccinium Myrtillus*, gewählt; sie gehört ja unbedingt zu der Gesellschaft des oftmals wenig fruchtbaren Kiefernwaldes. In die Untersuchungsreihe wurde *Leucobryum*, das berühmte Unfruchtbarkeitsmoos des Kiefernwaldes, ferner *Sphagnum cymbifolium* neben *Polytrichum commune* mithereingenommen. Von allen Pflanzen wurden sorgfältig lufttrockene Pflanzen zur Auszugsherstellung benützt, der Auszug 1 : 100 wurde den bakteriologischen Methoden entsprechend sterilisiert. Die Nährlösung war auch hier die in meiner dynamischen Botanik angegebene. Geimpft wurden 40 ccm Nährlösung mit 42 Hefezellen, die Impfung war also ganz besonders gering.

¹ Derartig kleine Schwankungen müssen bei der etwas schwierigen Methodik natürlich hingenommen werden. Die Wachstumsgröße in der Kontrolle und in den Kolben mit sehr geringer Extraktmenge schwankt natürlich etwas, schon weil es schwer ist, die Einsaatmenge immer gleich groß zu erhalten.

Die Zellenzahl in einem Kubikzentimeter betrug nach

	6	8	13 Tagen
Kontrolle	etwa 2	etwa 2	etwa 2 (unsicher feststellbar)
Heidelbeere 2 ccm ...	185	261	298
Polytrichum 2 ccm ...	33	53	80
Sphagnum 2 ccm ...	39	54	61
Polytrichum 1 ccm ...	—	50	—
Leucobryum 1 ccm ...	—	12	—
Sphagnum 1 ccm ...	—	23	—
Leucobryum 2 ccm ...	8	12	35

Den erheblichen Unterschied in der Biotinwirkung erkennt man besonders anschaulich an der untenstehenden Figur.



Um die Ergebnisse mit den Moosen möglichst sicherzustellen, habe ich die Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt. Einen solchen Versuch bringe ich noch in der folgenden Übersicht:

Versuch 4 (November 1941)

	PH-Werte	Wachstumsgröße	
	Nach 5 Tagen		
Kontrolle ohne Biotin	6,20	kaum sichtbares Wachstum ...	0 ¹
Biotinträger			
Kamille (1 : 100) 0,5 ccm	2,82	sehr stark	3
Luzerne 1 ccm	2,70	etwas stärker	4
Convallaria 1 ccm	2,74	besonders stark	5 ¹
Hefe (1 : 100) 0,5 ccm	2,84	sehr stark	3
Digitalis 1 : 100) 1 ccm	4,84	schwach	2
Hypnum 1 ccm	5,48	sehr gering	1
Plagiochila 1 ccm	5,30	deutlich stärker	1-2
Sphagnum 1 ccm	5,82	sehr gering	1
Leucobryum 1 ccm	5,20	sehr gering	1
Digitalis 5 ccm	5,50	kaum Wachstum	1-0
Nach 5 Wochen			
Digitalis 5 ccm	2,72	gutes Wachstum	3

Nach 8 und 17 Tagen sind die Unterschiede die gleichen, d. h. die Proben mit den Auszügen aus den Moosen wachsen nicht mehr weiter, ihre Biotinwirkung ist erschöpft.

Eine ganz hervorragende Biotinwirkung zeigt *Convallaria majalis*. Der Auszug aus den Blättern ist stark oberflächenaktiv, vermutlich als Folge der vorhandenen Saponine. Es ist möglich, daß die Saponine die Leistung der Zelle erhöhen, was in einer saueren Lösung besonders leicht eintreten kann. Auf diese Saponinwirkung habe ich vor Jahren schon hingewiesen.

Es sieht so aus, als ob in dem Auszug aus *Convallaria* zwei Förderungssysteme vorhanden wären, Biotin und Saponine.

Einen ganz anderen Typus stellt der rote Fingerhut, *Digitalis purpurea*, dar. Aus den Säuregradzahlen ersieht man sofort, daß schon ein Kubikzentimeter Auszug aus *Digitalis* eine starke An-

¹ 0 ist kein, 5 bedeutet bestes Wachstum.

fangshemmung entfaltet, nimmt man größere Mengen 2–5 ccm, so hält die Hemmung lange an, nur allmählich setzt Wachstum¹ der Hefe ein. Erst nach mehreren Wochen kann das Wachstum der Hefe sich entfalten. Dabei sterben viele Zellen ab, sie sind unter dem Mikroskop stark bräunlich gefärbt, gleichzeitig entfärbt sich die bräunliche Nährlösung deutlich, die toten Hefezellen haben also adsorptiv die Nährlösung teilweise entgiftet. Bei Verwendung kleinerer Mengen tritt die Biotinwirkung deutlicher hervor, weil die schädliche Digitoninwirkung schwindet. In einem Auszug aus *Digitalis* befinden sich also zwei scharf gegensätzliche Wirkungssysteme, nämlich

- a) Biotin als Hefeförderungssystem,
- b) Digitalisglukoside wie Digitonin
als negative Katalysatoren des Wachstums.

Dieses Doppelsystem läßt sich durch verschieden lange Auszugsdauer und durch Erhöhung der Temperatur des Wassers bis zum Sieden teils nach der Förderungs-, teils nach der Hemmungsseite beliebig ändern. Namentlich Digitonin ist sehr wirksam, nur in ganz kleinen Konzentrationen entwickelt es eine nennenswerte Förderung der Zelltätigkeit. Die Aufdeckung derartiger dynamischer Faktoren in Pflanzen erfordert also manchmal umfangreiche Versuche, um die Zusammenhänge übersehen zu können. Ähnliche auffallende Doppelsysteme finden sich in vielen Arten der Gattung *Ranunculus* (Boas). In dem Samen der Erbse (*Pisum sativum*) hat Rippel ebenfalls ein hemmendes und ein förderndes System nachgewiesen.

Wenn nun Pflanzenteile, Blätter beim Absterben oder aus anderen Gründen auf oder in den Boden gelangen, so können die Wirkungsfaktoren zur Geltung kommen und andere Organismen beeinflussen. Mindestens muß diese Annahme theoretisch als Arbeitshypothese aufgestellt werden. Als allgemein biologische Aufgabe ist sie ebenso wichtig wie die Festlegung der Chromosomenzahl, des Gehaltes an Eiweiß, Zucker usw.

Bei den untersuchten Pflanzen möchte ich noch auf folgende ökologische Beziehung hinweisen:

¹ Dabei spielt auch die Einsaatmenge eine deutliche Rolle.

Pflanze	Fruchtbarkeit des Standortes	Biotinwirkung
Convallaria.....	gut	sehr groß
Digitalis	gut	groß ¹
Medicago sativa	gut	sehr groß
Matricaria chamomilla	gut	groß
Vaccinium Myrtillus	gut bis mäßig	groß
Plagiochila	gut	mäßig
Leucobryum	gering	schwach
Sphagnum	gering	schwach
Hypnum	gering bis gut	schwach
Polytrichum	gering bis gut	mäßig

Ob sich von hier aus weitere ökologische Folgerungen ziehen lassen, muß durch umfangreiche Untersuchungen geprüft werden. Auffallend ist auf alle Fälle die Tatsache, daß Moose des wenig fruchtbaren Bodens eine recht geringe Biotinwirkung entfalten.

Bei der Heidelbeere (Versuch 3) beginnt makroskopisch sichtbares Wachstum trotz der sehr geringen Einsaat am 3. Tage, bei den Moosen erst am 6. Tag, die geringere Biotinwirkung ist also auch zeitlich sehr auffällig. Am geringsten ist die Biotinwirkung bei dem Unfruchtbarkeitsanzeiger, bei *Leucobryum*. Diese Erscheinung wurde bei verschiedenen Nachprüfungen dieser Beobachtung immer wieder bestätigt. Der Biotineinfluß (muß nicht identisch mit dem Biotingehalt sein) bei einigen Moosen läßt sich in folgender Reihe fallenden biologischen Wertes anordnen:

Plagiochila asplenoides, *Polytrichum commune*, *Hypnum*,
Sphagnum, *Leucobryum*
abnehmende Biotinwirkung.

→

Bei der Heidelbeere kommt als wichtiger dynamischer Faktor neben Biotin₁ Vitamin B₁ noch das Glukosid Arbutin vor. Es findet sich in der Heidelbeere zu etwa 1,12%, in der Preiselbeere ist der Gehalt an Arbutin 3,76%, an Methylarbutin 2,19% und bei *Herba ericae* 0,60% Arbutin bzw. 1,11% Methylarbutin.

¹ Natürlich nach Ausschaltung der Hemmungswirkung zu verstehen.

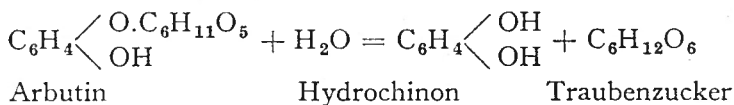
Auf Vitamin B₁ als Wirkungsfaktor soll hier nicht eingegangen werden, dagegen wohl auf Arbutin. Dieses Glukosid kann nämlich eine deutliche Hemmungswirkung entfalten. Demnach finden sich in einer Pflanze wie *Vaccinium* zwei scharfe gegensätzliche Wirkungssysteme, Biotin (fördernd) und Arbutin (hemmend). Es ist leider sehr schwer, die gegenseitigen Wirkungsmengen einigermaßen quantitativ zu erfassen, da der Biotingehalt nur geschätzt werden kann. Zur annähernden Orientierung gebe ich folgende Gegenüberstellung, wobei ich den Biotingehalt auf höchstens $\frac{1}{10\,000}$ der Trockenmasse annehme.

Vaccinium

Biotingehalt 1 : 10000 (angenommen) ¹ Förderungssystem (stark adsorbierbar)	Arbutin (Mittelwert 3%) 1 : 33 Hemmungssystem (schwach adsorbierbar)
---	---

Das Hemmungssystem ist also etwa in 300fach größerer Menge vorhanden als das Förderungssystem.

Arbutin zerfällt unter dem Einfluß von Enzymen in lebhaft braunrötlich gefärbte, schwach hemmend wirkende Körper, nämlich in Hydrochinon; vermutlich treten auch noch Chinon und Hydrochinon, vielleicht auch Chinhydron auf. Das Spaltungsschema lautet:



Diese Spaltung kann man sehr schön in der Unterwasserprobe (Boas 1941) beobachten. Man sieht dabei auch, daß die Arbutinträger (*Calluna*, *Vaccinium*, auch Blätter des Apfelbaumes) in der Unterwasserprobe keine Bakterienfäulnis veranlassen und sich auch nicht zersetzen, also Autolyse, Cytolyse

¹ Die ähnlich wirkende Pantothensäure Williams scheint etwa im Verhältnis 1 : 25000 vorzukommen.

verhindern. Daß bei der Tötung durch die Unterwasserprobe Bakterienwachstum nicht verhindert wird, sei eigens betont; aber die sonst bei der Unterwasserprobe schließlich eintretende bakterielle Zersetzung (Kartoffelblatt, Delphinium, Trifolium-arten usw.) durch Fäulnis bleibt aus. Wo also Arbutinträger in größeren Mengen absterben, kann schlechte Humusbildung aus der Unterwasserprobe erschlossen werden, das kann zu einer gewissen Förderung der Unfruchtbarkeit führen. In *Vaccinium* *Erica*, *Calluna* liegen also sehr bemerkenswerte dynamische Faktoren: Förderungs- und Hemmungssysteme.

Wenn wir nun einen wenig fruchtbaren Föhrenwald auf seine dynamischen Faktoren untersuchen, so finden wir in fast allen Vertretern ein zweiteiliges gegensätzliches Wirkungssystem, ein quantitativ nur in minimaler Menge vorhandenes Förderungssystem (Biotin, Vitamin B₁) und ein in größerer Menge vorhandenes Hemmungssystem, Arbutin bei den *Ericaceen*, Terpentin und ätherische Öle z. B. bei der Kiefer.

Wir wollen uns diese Tatsachen übersichtlich zusammenstellen:

Pinus silvestris	Förderungssystem: Biotin	F
	Hemmungssystem: Terpentin	H
	Hemmungssystem: Ätherische Öle, schlechte Zersetzung	

Wirkungserfolg in der Natur vermutlich:

$$H > F.$$

Arbutinträger:

Vaccinium Calluna	Förderungssystem Biotin (auch B ₁):	F
	Hemmungssystem: Arbutin	H
	Hemmungssystem: schlechte Zersetzung	

Wirkungserfolg in der Natur $H > F$ oder höchstens $H = F$, also kaum eine Fruchtbarkeitssteigerung zu erwarten.

Leucobryum	Förderungssystem Biotin	F
	sehr schwach	
	Hemmungssystem: Schlechte Zersetzung? (Vermutlich)	H

Leucobryum enthält, so weit Biotin in Betracht kommt, nur ein sehr schwaches Förderungssystem. Als Hemmungssystem kann man vielleicht die sehr schlechte Selbstzersetzung erwähnen. Somit erscheint auch *Leucobryum* als negativer Fruchtbarkeitsfaktor im mageren Kiefernwald.

Ökologisch und pflanzensoziologisch ist im Kiefernwald eine Gruppe von Pflanzen mit bemerkenswerten dynamischen Faktoren vertreten. Fast alle besitzen starke Hemmungs- und Unfruchtbarkeitssysteme. Ihre vorhandenen Förderungssysteme wie Biotine können wegen ihrer äußerst geringen quantitativen Menge viel leichter im Boden wegadsorbiert werden als z. B. die Massen der Arbutine. Diese Überlegung ist durchaus berechtigt, weil die Biotine sehr leicht quantitativ adsorbiert werden. Von diesem Gesichtspunkt aus wird es verständlich, daß die Arbutinträger auf mageren Böden keine Fruchtbarkeitsträger sind und daß Pflanzen wie *Leucobryum* auch nicht als solche wirken können, sie können im Gegenteil geradezu als Katalysatoren der Unfruchtbarkeit auftreten. In einer solchen Pflanzengesellschaft wie der erwähnten, ist eine Häufung, ja eine Harmonie einseitiger Hemmung vorhanden. Es fehlt für eine biologisch bedingte Fruchtbarkeit ein grundsätzlich anders wirkender Gegenspieler. Die Einseitigkeit der Hemmung müßte durch Pflanzen mit starken Förderungssystemen aufgehoben werden. Ein biologischer Gegensatz müßte eine neue Harmonie, eine Harmonie der Gegensätze herbeiführen, wie Heraklit und in neuester Zeit A. Bier zeigte.

Durch die erwähnten dynamischen Faktoren der Pflanzen des mageren Waldes aber erscheint diese Unfruchtbarkeit geradezu von innen heraus, d. h. soziologisch, begründet zu sein.

Zusammenfassung

Mit Hilfe verschiedener Proben wurde bei einigen Pflanzen des Kiefernwaldes festgestellt:

1. Die untersuchten Nadelhölzer Kiefer, Fichte, Lärche und Tanne entfalten im Vergleich mit Heidelbeere, ferner mit gesellschaftsfremden Pflanzen wie Kamille, Luzerne, Maiglöckchen und Fingerhut eine geringe Biotinwirkung.

2. Die untersuchten Moose *Polytrichum commune*, *Sphagnum*, *Hypnum*, *Leucobryum* entwickeln eine noch geringere Biotinwirkung; nur das Lebermoos *Plagiochila asplenoides* ist etwas biotinreicher.
3. Die verwendeten Nadeln der Nadelhölzer und die untersuchten Moose scheinen weiter auch einen geringen Gehalt an Aminosäuren aufzuweisen. Ob diese Erscheinung mit an der geringeren Biotinwirkung beteiligt ist, bleibt unklar.
4. In der Flora des wenig fruchtbaren Nadelwaldes fallen Hemmungssysteme z. B. des Arbutin und der ätherischen Öle von Nadelhölzern besonders als Fruchtbarkeitsminderer ins Gewicht.
5. Mögliche Zusammenhänge zwischen Förderungs- und Hemmungssystemen und der Fruchtbarkeit im armen Kiefernwald werden als Ansätze zu einer dynamischen Soziologie (Ökologie) erörtert.

Literatur

- Boas, F.: Vom Formbild zum Wirkbild. Z. ges. Naturw. 1941.
Boas, F.: Dynamische Botanik. J. F. Lehmann, München 1937.
Fries, E.: Über die Bedeutung von Wuchsstoffen für das Wachstum verschiedener Pilze. Uppsala 1938.
Rippel, K.: Tatsachen und Gedanken zur Frage der Wuchshormone. Habilitationsschrift, Techn. Hochschule München 1938.

An den zahlreichen Versuchen der vorliegenden Arbeit beteiligten sich Herr Dr. G. Schulz und Fräulein M. Eckert. Der Forschungsdienst stellte in anerkennenswerter Weise die notwendigen Mittel zur Verfügung. Hierfür sei auch an dieser Stelle öffentlich gedankt. Ein großes persönliches Interesse brachte auch Herr Ministerialdirektor Wappes unseren Arbeiten, die das große biologische Kapitel, Fruchtbarkeit im Walde, berühren, entgegen.