

12. H. Ziegenspeck: Lassen sich Beziehungen zwischen dem Gehalte an Basen in der Asche und dem Stickstoffgehalte der Pflanzen aufstellen, die einen Rückschluß auf die Ernährungsart und die Excretion gestatten?

(Eingegangen am 20. Oktober 1921. Vorgetragen in der Dezembersitzung.)

Zu dieser Arbeit wurde ich durch die Beobachtung meines verstorbenen Lehrers STAHL angeregt, daß mykotrophe Pflanzen oft einen auffallend geringen Aschengehalt aufweisen¹⁾. Der Ausgangspunkt war die Erwägung, daß die selbständig lebenden Pflanzen den Stickstoff fast ausschließlich in Form von salpetersauren Salzen beziehen. Wenn man also den Stickstoffgehalt der Pflanze auf das Basenäquivalent umrechnet, so muß sich ein Maßstab ergeben für die Art der Stickstoffaufnahme oder für den Grad der Salzexcretion im Sinne STAHLs. Ich rechnete den Stickstoffgehalt auf K um. Bei den Basen mußte ich dann denselben Fehler begehen, um die Zahlen miteinander vergleichen zu können. Am richtigsten wäre es gewesen, die Basen einzeln zu bestimmen und das auf sie kommende Äquivalent N zu errechnen. Der Vorteil meiner Methode liegt aber in der Abkürzung der Analysen und dadurch der Möglichkeit, mehr Pflanzen zu untersuchen.

Die eine Zahl wollen wir kurz als „Stickstoffäquivalent“ bezeichnen. Die in den Pflanzen vorhandene Sulfat- und Phosphatmenge zu bestimmen unterließ ich, als Versuche zeigten, daß ihre Menge zu gering ist, um wesentlich ins Gewicht zu fallen, ja die Beurteilung von Ausnahmen erhält dadurch eine gewisse Sicherheit, die die Analysenfehler ausgleicht. Den Stickstoff bestimmte ich, wenn nicht flüchtige Stoffe (Senföle) vorlagen, in der Trockensubstanz mittels Quecksilber, Schwefelsäure-Verbrennung (nach KJELDAHL). Bei Gegenwart flüchtiger N-Verbindungen (Cardamine) mußte die frische Substanz genommen werden. Zeigte die Voruntersuchung der Pflanze NO_3 -Gehalt, so wurde Benzoesäure zugegeben, wie das ja bei Stickstoffbestimmungen üblich ist.

1) E. STAHL, Jahrb. f. wiss. Bot. 1900. 34. S. 39.

Zusammenstellung der Resultate, auf Trockengewicht berechnet.

Name	Ernährungsart	Zeit	Stickstoff-äquivalent	Basen-äquivalent	Nicht als NO_3^- Salz aufgenommener N	Basenüberschuß	Guttationswirkung
1. <i>Orchis morio</i>	mykotroph	März	6,991	2,162	69,08		
<i>Orchis morio</i> . . . . .	..	Mai	6,812	3,0011	55,80		
Wurzel u. Knolle allein	..	..	0,414	1,659		75,01 (viel Fe)	
2. <i>Orchis</i> der <i>Dactyloorchis</i> - gruppe, ohne ober- irdische Organe . . . . .	..	März	3,123	3,275		4,62 (viel Fe)	
3. <i>Orchis incarnatus</i> . . . . .	..	Mai	6,462	3,439	46,81		
Wurzel u. Knolle allein	..	..	4,986	2,681	46,34		
4. <i>Orchis militaris</i> . . . . .	..	..	4,998	3,465	30,67		
Wurzel u. Knolle . . . . .	..	..	3,016	4,14		27,15 (viel Fe)	
5. <i>Orchis ustulatus</i> . . . . .	..	..	6,366	3,628	43,01		
Wurzel u. Knolle . . . . .	..	..	3,312	3,210			
6. <i>Ophrys aranifera</i> + <i>fuciflora</i> . . . . .	..	März	8,766	3,976	51,12		
7. <i>Listera ovata</i>	kaum mykro- troph	Juni	6,905	7,617		9,35	vorhanden
8. <i>Epipactis palustris</i>	kaum mykro- troph	..	4,260	4,532		6,00	vorhanden
9. <i>Epipactis violacea</i>	mykotroph	Aug.	6,985	5,143	26,37		
10. <i>Spiranthes autumnalis</i> . . . . .	..	Oktbr.	8,901	6,025	32,30		
11. <i>Neottia nidus avis</i> . . . . .	..	Juni	7,921	2,985	62,32		
12. <i>Coralliorrhiza innata</i> . . . . .	..	..	6,251	3,352	46,38		
13. <i>Gagea lutea</i> . . . . .	..	April	9,653	6,153	36,26		
14. <i>Gentiana acutis</i> . . . . .	..	..	3,064	1,359	55,65		
15. <i>Erythraea centaurium</i>	wenig myk.	Aug.	3,631	3,043	16,20		vorhanden
16. <i>Menyanthes trifoliata</i>	autotroph	..	7,587	7,120			stark
17. <i>Aspidistra spec.</i>	wenig myk.	März	4,252	4,058	4,56		
18. <i>Polygala Chamaeburns</i>	mykotroph	April	3,837	0,9913	74 14		
19. <i>Euphorbia verrucosa</i> . . . . .	..	Mai	9,601	5,809	39,50		fehlt
20. <i>Euphorbia cyparissias</i> . . . . .	..	..	7,844	5,605	28,54		fehlt
21. <i>Vaccinium uliginosum</i> . . . . .	..	Juli	2,248	1,812	19,40		
22. <i>Vaccinium myrtillus</i> . . . . .	..	..	3,376	2,432	27,84		
23. <i>Monotropa hypopitys</i> . . . . .	..	..	3,166	3,369	6,02		
24. <i>Mollinia caerulea</i> . . . . .	..	..	4,649	1,945	58,16		vorhanden
25. <i>Linum catharticum</i>	schw. aum.	..	3,611	3,640		0,800	fehlt
26. <i>Secale</i>	autotroph	..	1,799	1,052			42,49
27. <i>Triticum</i> . . . . .	..	..	2,351	1,270			45,97
28. <i>Avena</i> . . . . .	..	..	2,476	1,576			36,35
29. <i>Hordeum</i> . . . . .	..	..	3,116	1,684			45,95
30. <i>Spergula arvensis</i>	autotroph NO_3 i. d. Pfl.	Oktbr.	9,659	10,382		10,820	stark
31. <i>Saponaria</i>	autotroph	Juli	3,116	3,116			fehlt
32. <i>Adoxa moschatellina</i> . . . . .	..	April	4,126	7,394		44,20	vorhanden
33. <i>Chlorophytum spec.</i> . . . . .	..	März	5,210	7,767		32,91	fehlt
34. <i>Phyllocactus spec.</i> . . . . .	..	..	7,254	11,617		37,24	fehlt
35. <i>Sedum aere</i> . . . . .	..	Juni	2,931	6,226		52,92	fehlt
36. <i>Lithospermum officinale</i> . . . . .	..	..	4,585	6,189		25,32	fehlt
37. <i>Papaver rhoeas</i> . . . . .	..	..	4,179	7,604		45,04	vorhanden
38. <i>Cardamine pratensis</i> auf frische Pflanze wegen Senföl	..	Mai	1,848	0,990			46,43

N a m e	Ernährungs- art	Zeit	Stick- stoff- äqui- valent	Basen- äqui- valent	Nicht als NO ₃ Salz aufge- nom- mener N	Basen über- schuß	Gutta- tions- wirkung
39. <i>Equisetum arvense</i>	autotroph	Mai	7 524	8,314		9,50	stark
40. <i>Equisetum palustre</i> ....	..	..	7,737	6,879			11,09
41. <i>Equisetum silvaticum</i> ..	..	..	6,670	5,316			20,30
42. <i>Trifolium montanum</i> ..	Bakterien- symbiose	Juni	5,981	6,331		6,32	
43. <i>Viscum album</i>	Nährsalz- parasit	Juni	4,955	5,008		0,86	
44. <i>Rhinanthus major</i> .....	..	..	5,129	6,056		15,22	
45. <i>Pedicularis silvestris</i> ..	..	Mai	6,568	7,004		6,27	
46. <i>Thesium linifolium</i> ....	..	Juni	5,970	5,585	5,20		
47. <i>Orobanche spec.</i>	Vollparasit	..	3,830	2,10	45,18		
48. <i>Lycopodium clavatum</i> .. (Caspary fehlt hier)	(NH ₃ Pflanze)	April	2,693	1,188	54,60		fehlt
49. <i>Drosera rotundifolia</i> u. <i>longifolia</i>	Insektivor	Juli	3,701	3,557 (viel Fe)	4,16		stark
50. <i>Pinguicula vulgaris</i> ....	..	Juni	5,562	3,600	35,28		stark

Das „Basenäquivalent“ bestimmte ich durch Abrauchen mit Flußsäure und Schwefelsäure in der vorsichtig veraschten Trockensubstanz. Die Zahlen wurden mit $\frac{K_2}{K_2SO_4}$ multipliziert. Als Fehlerquelle kommt hier einerseits die PO₄ in Frage, doch ist der Faktor $\frac{K_2}{K_2SO_4}$ nahezu gleich dem Faktor $\frac{K_3}{K_3PO_4}$, so daß für so geringe Mengen keine Störung eintreten kann. Wesentlich mehr kann jedoch das Fe stören. Es dringt als Hydrosol nur bis zum Caspary der Wurzel vor, kommt also doch in die Asche, ohne daß es infolge der Hydrolyse Säuremengen zu binden imstande wäre. Doch trägt auch dieser Fehler eher zur Sicherheit bei, da er die Basenzahl erhöht.

Die Differenz beider Zahlen wurde dann in ‰ in der größeren gleich 100 umgerechnet und gibt so den „Basenüberschuß“, „den nicht als NO₃ Salz aufgenommenen N“, „die Guttationswirkung“ der Tabelle. Zur Untersuchung wurden ganze Pflanzen genommen, und zwar Vertreter von ausgesprochener Ernährungsart, wie mykorrhizale Pflanzen ohne Guttation, solche mit derselben, Bakteriosymbionten, Insektivore. Besonderes Gewicht wurde darauf gelegt, möglichst Pflanzen derselben Standorte zu verwenden. Die Böden wurden dann ebenfalls untersucht.

I. Selbständig lebende Pflanzen (Autotrophe).

A. 1. Auf normalen Böden steht ihnen der Salpeter zur Verfügung. Sie nehmen diesen vornehmlich zur Eiweißsynthese, daher wird bei ihnen, sofern keine Guttation stattfindet, der Stickstoffgehalt die Basenzahl decken (*Saponaria*), wenn nicht gar durch die Bicarbonate, Biphosphate, die durch die Säureabscheidung entstehen, die Basenzahl überwiegt: *Sedum acre*, *Lithospermum officinale*, *Phyllocactus*.

2. Anders werden sich die Verhältnisse gestalten, wenn Guttation vorliegt.

- a) Es gibt hier einerseits Fälle, in denen die Basen trotzdem noch überwiegen: *Adoxa moschatellina*, *Papaver rhocas*.
- b) Diesen stehen Fälle gegenüber, bei denen trotz der Säureproduktion der Wurzeln die Basenmenge deutlich herabgedrückt ist: *Equisetum arvense*, *Spergula arvensis*.
- c) Ja das Überwiegen des Stickstoffs über die Basen findet statt. Es ist das ein Beweis dafür, daß die Salzexcretion stattfindet und im Getriebe des Stoffwechsels wirklich eine Rolle spielt: *Secale*, *Triticum*, *Hordeum*, *Avena*, *Equisetum silvestre*.

Der Beweis durch den geringen Aschengehalt, den STAHL erbringt, ist sicher nicht so schlagend wie diese Zahlen¹⁾.

B. Auf sauren Böden findet einerseits bekanntlich keine starke NO_3 -Bildung statt, andererseits sind die Denitrifizierungsprozesse, sofern der Boden feucht ist, besonders lebhaft. Im wesentlichen wird die autotrophe Pflanze auf das NH_4 angewiesen sein. Das ist sicher bei *Lycopodium clavatum* der Fall.

Ob bei *Cardamine pratensis*, *Equisetum palustre* und *Menyanthes* nicht auch noch die NH_4 -Aufnahme mitwirkt bei dem Herabdrücken der Basenzahl durch die Guttation, möge dahingestellt bleiben.

II.

Die Parasiten lassen die allmähliche Zunahme des Eiweißparasitismus deutlich erkennen. Die typischen Salzparasiten (*Rhizanthus*, *Pedicularis*) haben einen Basenüberschuß oder *Viscum album* einen Ausgleich beider Komponenten.

Thesium linifolium scheint schon Eiweiß zu naschen. Bei *Orobanche* sind die Zahlen eindeutig.

1) E. STAHL, Flora 1919, Band XI, Neue Folge, Heft 1.

III.

Der nur geringfügige Aschenüberschuß bei *Trifolium montanum* kann bei einem Bakteriosymbionten nicht verwundern.

IV.

Auch bei den Insectivoren (*Drosera*, *Pinguicula*) hat sich das Gleichgewicht auf die Seite des Stickstoffes verschoben. Die Zahlen für *Drosera* sind durch den starken Eisengehalt getrübt. Das im Moorboden reichlich vorhandene Eisenhydrosol dringt, wie in einer Arbeit gezeigt wurde¹⁾, bis zum Caspary der Wurzeln vor. In dieser 3wertigen Form vermag es wegen der Hydrolyse kaum Säuren zu binden.

V.

Der Hauptzweck der Arbeit sollte aber sein, die Verhältniszahlen bei einigen Mykotrophen zu untersuchen. Ich will hier eine Reihe für die Orchideen aufstellen, die uns deutlich das Anschwellen des Stickstoffäquivalentes mit der Zunahme der Mykorrhizie zeigt.

	1. <i>Listera ovata</i>	2. <i>Epipactis palustris</i>	3. <i>Epipactis violacea</i>
<i>Mykorrhiza</i>	±	±	+ +
Stickstoff- überschuß	— 9,35	— 6,00	+ 26,37
	4. <i>Orchis militaris</i>	5. <i>Spiranthes autumnalis</i>	6. <i>Orchis ustulata</i>
<i>Mykorrhiza</i>	+ +	+ + +	+ + +
Stickstoff- überschuß	+ 30,67	+ 32,30	+ 43,01
	7. <i>Orchis incarnata</i>	8. <i>Coralliorrhiza</i>	9. <i>Ophris aranifera</i>
<i>Mykorrhiza</i>	+ + +	(+ + +)	(+ + +)
Stickstoff- überschuß	+ 46,81	+ 46,38	51,12
	10. <i>O. Morio</i>	11. <i>Neottia nidus avis</i>	
<i>Mykorrhiza</i>	(+ + +)	(+ + +)	
Stickstoff- überschuß	55,80	62,32	

Auch die Gentianeen geben eine schöne Kette:

	1. <i>Menyanthes trifoliata</i>	2. <i>Erythraea centaurium</i>	3. <i>Gentiana acaulis</i>
<i>Mykorrhiza</i>	—	+ +	+ + +
Stickstoff- überschuß	— 6,16	+ 16,20	55,65

1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1921.

Die anderen Mykotrophen paßten sich ebenfalls ganz gut in das Bildnis ein; wie: *Vaccinium uliginosum*, *Myrtillus*, *Gagea lutea*, *Euphorbia cypurissias*, *E. verrucosa*, *Polygala Chamaebuxus*. Die gering verpilzten *Linum catharticum* und *Aspidistra* hatten auch entsprechend geringe Zahlen. Völlig aus dem Rahmen fiel nur *Monotropia hypopitys*, bei der ein geringer Basenüberschuß vorhanden war, 6,02 %.

Diese Zahlen dürften also wohl berechtigen, die Regel aufzustellen (MIEHE äußert sich ähnlich)¹⁾: Die mykotrophen Pflanzen nehmen ihren Stickstoff nicht in Form von Salzen der Salpetersäure auf, sondern in Form von Ammonverbindungen mindestens, wenn nicht gar aus den Aminosäuren des Bodens. Ja man kann sogar teilweise das Stickstoff-Basenverhältnis für einen Maßstab für die *Saprophytie* im Sinne des Stickstoffes halten. Inwiefern auch der Kohlenstoff von seiten der Mykotrophen nicht nur bei den fast oder ganz chlorophyllfreien aus den Humussubstanzen bezogen wird, das fällt aus dem Rahmen dieser Arbeit. Doch vermute ich das auch für manche chlorophyllhaltigen. Auf jeden Fall kann man die Mykotrophen in der Art ihres Stickstoffgewinnes mit den anderen Stickstoffheterotrophen wie Bakteriosymbionten, manchen Parasiten und den Insektivoren vergleichen.

Man könnte auch an die Aufnahme von atmosphärischem Stickstoff denken. Doch konnte das BURGEFF²⁾ nicht für die Orchideenpilze nachweisen. Dagegen zeigten alle seine Pilze auf ammonsalzhaltigen Substraten gutes Gedeihen bei Gegenwart einer Kohlenstoffquelle. Auf Aminosäure oder gar peptonhaltigen Substraten war das Wachstum noch üppiger, wie ich für verschiedene isolierte Orchideenpilze bestätigen kann.

Es wären zu guter Letzt noch die Böden zu untersuchen, ob in ihnen tatsächlich viel N in anderer Form als in NO_3 oder den Pflanzen allenfalls zugänglichem NH_4 vorliegt. Zu diesem Zwecke wurden solche Rohhumusböden mit 1 % Schwefelsäure 12^h lang ausgezogen, dann wurde das darin gelöste NH_3 (oder auch Diamino-N und Säureamid-N) durch Destillation mit NaOH bestimmt. Da sich die Diphenylaminreaktion wegen des in Sumpfböden häufigen $\text{Fe} \dots$ als irreführend erwies, wurden die Auszüge mit KOH eingedämpft (Austreiben des NH_3), dann filtriert und im Filtrate nach ULSCH³⁾ das NO_3 als NH_3 nach Reduktion mit Eisenpulver

1) MIEHE, Flora 1918, XI, Neue Folge, 431. Mir war diese Arbeit erst nach Vollendung dieser Untersuchungen zugänglich.

2) BURGEFF, Orchideenpilze.

3) Siehe BÖTTGER, Nahrungsmittelchemie, Kapitel Wasser.

durch Destillation bestimmt. Die Böden waren das Substrat der untersuchten Pflanzen; ich nahm die Untersuchung im Herbst vor. Eine Düngung der Böden hatte, wie beobachtet wurde, seit 5 Jahren nicht stattgefunden.

Berechnung auf Frischgewicht.

Reaktion des Bodens		Mineral- substanz in ver- dünnter HCl löslich	Was- ser- gehalt	Sand +F ₂ O ₃	Ge- samt- N	NH ₃ bzw. Dia- mino- N	NO ₃ -N	Ver- brenn- bare Sub- stanz
sauer	1. Waldmoorboden Mödishofen (<i>Ericaceen</i>), <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Myrtillus</i> , <i>Mollinia</i>		66,42		0,0619	0,0049		31,85
neutral	2. Einmähdige Wiese bei Langweid (<i>Spiranthes autumnalis</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>O. morio</i> , <i>militaris. ustulata</i> , <i>Gentiana acaulis</i> , <i>Euphorbia cyparissias</i> , <i>verrucosa</i>); daneben aber auch Autotrophe: Gramineen, <i>Trifolium montanum</i>				0,0288		0,0044	
sauer	3. <i>Dactylorhiza</i> -Sumpfmödishofen (<i>Orchis incarnata</i> , <i>latifolia</i> , <i>Equisetum palustre</i> , <i>Menyanthes</i>	2,44	86,23	1,65	0,0294	0,0017		9,78
sauer	4. Trockener Rohhumus Mödishofen (<i>O. morio</i> , <i>ustulata</i> , <i>militaris</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>acaulis</i>)	12,69	52,89	5,20	0,1178	0,0048		29,37
neutral	5. <i>Neottia</i> -Horizont des Waldes Siebentisch bei Augsburg	41,96	62,42	41,96	0,0364	0,00214	0,0021	17,49
neutral	6. <i>Monotropa hypopitys</i> -Horizont Siebentisch	19,22	22,46	10,84	0,0484	0,0017	0,0017	30,68
neutral	7. Mittelige Wiese in der Nähe des Siebentischwaldes, noch nicht gedüngt	33,18	11,77	44,74	0,0488	0,0021	0,0042	10,29

Die Böden 2-7 wurden am selben Tage entnommen, können also unmittelbar verglichen werden.

Der Wassergehalt wurde durch 12stündiges Trocknen bei 105° bestimmt.

Der Sand und der Hauptteil des Fe₂O₃ war in kalter 10% HCl unlöslich.

Wir sehen also, daß sich in sauren Böden keine NO₃ bildet in nachweisbaren Mengen, wohl aber NH₄. Auf solchen Böden haben die autotrophen Pflanzen einen schweren Stand.

Sie haben sehr großes Wurzelwerk. Die Mykotrophen besitzen auf nicht zu trockenen Substraten dagegen ein schlechtes Wurzelwerk. (Orchideen, Gentianen.) Nur auf besonders trockenem Boden müssen auch sie ein starkes Wurzelwerk entwickeln, weil die Wasserversorgung sie dazu zwingt. Interessant ist da vor allem die Gegenüberstellung der Ericaceen verschiedener Standorte. *Pirola* wurzelt im mehr oder minder feuchten Walde, ist auch mykotroph, hat aber ein schlechtes Wurzelwerk. Die die Blätter abwerfende *Arctostaphylos alpina* hat ein wenig verzweigtes Wurzelwerk gegenüber den immergrünen Ericaceen desselben Standortes. Die autotrophen Pflanzen, auch der Standorte der *Pirola* haben ein gutes Wurzelwerk. Es wird eben die weite Wurzelverzweigung durch das Wasser und den Nährsalzerwerb beeinflusst.

Die Mykotrophen sind also besonders auf sauren Rohhumusböden den autotrophen Pflanzen gegenüber im Vorteil, weil sie den Stickstoff in einer Form zu gewinnen imstande sind, der den anderen unzugänglich ist. In den sauren Böden liegt der Stickstoff, wie JODIDI u. a. nachgewiesen haben, in Form von Aminosäuren und anderen organischen Stoffen vor. Da eine gute Zusammenstellung der hier einschlägigen Literatur von Dr. HANS WIESSMANN: Die Biologischen Vorgänge im Boden, Naturwiss. Wochenschrift 1921, Nr. 34, S. 489, aus neuester Zeit vorhanden ist, so soll hier auf eine Zusammenstellung verzichtet werden.

Bei der Sammlung der Pflanzen und auch sonst hat dem Verfasser in zuvorkommendster Weise Herr Oberamtsrichter FUCHS, Augsburg, geholfen, wofür ihm der schuldige Dank hiermit abgestattet sein möge.

Augsburg, 15. Oktober 1921.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Ziegenspeck Hermann

Artikel/Article: [Lassen sich Beziehungen zwischen dem Gehalte an Basen in der Asche und dem Stickstoffgehalte der Pflanzen aufstellen, die einen Rückschluß auf die Ernährungsart und die Excretion gestatten? 78-85](#)