

Die physikalischen Säurekonstanten und ihre Nachwirkung nach Neutralisation auf die Nitrifikation und gesamte Stickstoffbindung in natürlich und künstlich sauren Böden, unter besonderer Berücksichtigung der Waldböden

Von H. VOSS und ZIEGENSPECK, Königsberg (Pr.)

Einleitung

Die Arbeit von FUCHS und ZIEGENSPECK (1) hat das Vorkommen von Hemmungsstoffen im Rohhumusboden, die sich gegen die Nitrifizierer geltend machen, wahrscheinlich gemacht. Sie fanden, obwohl die Böden mit Kalziumkarbonat und Magnesiumkarbonat versetzt waren, in diesen keine Nitrifikation aus beigegebenem $MgNH_4PO_4$. Dieses letztere ist seit STUTZER als die beste Quelle für die Nitrifikation bekannt. Auf diese an etwas verborgener Stelle veröffentlichten Untersuchungen sei hier kurz hingewiesen: Ein Gemenge von steril entnommenen Böden aus einem Niedermoor und einem Moorwalde, der *Sphagnum*, *Pinus montana* und Ericaceen beherbergte, wurde mit Nitritbakterien beimpft. Als NH_4 -Quelle diente $MgNH_4PO_4$. Dieses bindet einen Teil der Säure und wirkt stark puffernd auf den Boden. Es ließ sich nur eine sehr schwache Nitrifikation nachweisen. Zum Vergleich nahmen FUCHS und ZIEGENSPECK eine gute Ackererde, in der unter gleichen Bedingungen reichlich Nitrit und Nitrat gebildet wurde. Ferner verwendeten sie einen Hochmoorboden, indem sie denselben einmal mit $MgNH_4PO_4$ allein, das andere Mal mit $MgNH_4PO_4$, $MgCO_3$ und $CaCO_3$ zusammen versetzten und dann in beiden Versuchen *Nitrosomonas*-Rassen einimpften. Die Karbonate waren als Präzipitate verwendet worden. Es ist bekannt, daß diese immer freie Basen einschließen. Die Säure war so sicherlich in dem einen Falle beseitigt. Dennoch konnte keine Spur von Nitrifikation gefunden werden, obwohl die verschiedenartigsten Reaktionen angestellt wurden.

Der gleiche Versuch wurde auch unter fraktionierter Sterilisation mit Ätherdämpfen durchgeführt, um die in den Moorböden herrschende besondere Lebewelt auszuschalten. Aber auch hier konnte keinerlei Wirkung der nach Verjagung der Ätherdämpfe eingeimpften Bakterien festgestellt werden.

Ergänzend ist noch hinzuzufügen, daß es sich um oftmals ungeimpfte Sammelkulturen der Nitrifizierer handelte. Die Isolierung der Nitrifizierer aus Einzelindividuen bzw. Rassen war absichtlich unterblieben, da doch die potentielle Möglichkeit bestand, daß es verschiedenartige Nitrifizierer bzw. Rassen gäbe, die sich physiologisch verschieden verhalten könnten. Die Ausgangskultur ging daher nicht nur von einem guten Ackerboden, sondern auch von einer „angesäuerten“ Wiese aus, in der eine Nitrifikation eben noch nachzuweisen war. Es handelte sich also sicher um „säurefeste“ Rassen.

Da sich bei der fraktionierten Sterilisation immer noch einige sehr resistente „Antagonisten“ hätten erhalten können, so wurden die Versuche ebenfalls mit chemisch „isolierten“ Humussäuren“ durchgeführt. Diese waren aus Torf durch Auswaschen mit Salzsäure im Perkolator von allen Verunreinigungen leicht löslicher Natur befreit worden. Danach wurden sie durch Ammoniak in erschöpfender Perkolation aus dem Boden ausgezogen. Die tiefbraune Brühe wurde nun mit Säuren unter Zugabe von etwas Chlorkalzium gefällt. Die Gallerte war vor dem Trocknen durch Auswaschen zunächst mit salzsäure-, dann mit chlorkalziumhaltigem Wasser von löslichen Stoffen befreit worden. Die Zugabe von Chlorkalzium war sehr gering. Sie bezweckte eine Ausfällung der Gele. Die Säure wurde nun an freier Luft eingetrocknet und das restliche Wasser bei gewöhnlicher Temperatur über Chlorkalzium im Exsikkator entzogen.

Diese Humussäure wurde in eine völlige STUTZER-Lösung gegeben und sterilisiert. Eine andere Probe wurde genau so angesetzt, nur fehlten die Karbonate.

Auch in diesen Humussäurenährböden war die Nitrifikation unterblieben.

An diese Arbeiten schloß sich die Behandlung und Untersuchung von Trockentorf-Böden aus einem Buchenwald durch MATTERN (2) an. Es wurde hier an einem auf alle biologischen Vorgänge genauest geprüften Laubwaldboden unter anderem die Nitrifikation untersucht. Hierbei fand sich unter anderem die merkwürdige Tatsache, daß die Nitrifikation im Anfang gehemmt sein kann, um dann nach längerem Stehen des Bodens mit der Nährlösung nachgeholt zu werden. Aus den Böden ließen sich Extrakte gewinnen, welche diese Hemmungswirkungen verursachten. Diese hemmenden Stoffe fanden sich hauptsächlich in der oberen Krume

des Trockentorfes, im Untergrunde waren sie gar nicht oder nur in sehr geringen Mengen zugegen. Es handelte sich hier um Stoffe, die den SCHEINERSchen Dihydroxystearinsäuren nahestehen. Auch künstlich erzeugte Dihydroxystearinsäuren hatten diese hemmenden Wirkungen, auch wenn man die Wasserstoffionen-Konzentration durch Kalzium- und Magnesiumkarbonat abstumpfte. Das allmähliche Verschwinden der Hemmungsstoffe ist auf andersartige Mikroorganismen zurückgeführt worden, welche diese Stoffe zerstören. Ob zu ihnen vielleicht auch *Azotobacter* gehört, der durch diese Stoffe stimuliert wird, ist nicht ganz außer Frage zu stellen.

Nach diesen Vorarbeiten stellten wir uns die Aufgabe, die Untersuchungen vergleichend auf breiterer Basis zu erweitern.

Liste der zu den Versuchen verwendeten Böden

Boden A. Moorboden, entnommen steril aus einem unbewachsenen Waldweg im Moditter Wald. Wassergehalt 55%, Humusgehalt 18,18%, PH (H₂O) 3,844, PH (KCl) 2,855, Austausch-säure 49,6, hydrolytische Säure 72,25.

Boden B. Mineralboden unter der Humusschicht eines Laubwaldes bei Bad Bertrich in der Eifel, ca. 250 m Höhe, vulkanische Asche. Wassergehalt 2,3%, Humusgehalt 7,51%, PH (H₂O) 4,771, PH (KCl) 3,99, Austausch-säure 48,65, hydrolytische Säure 27,3.

Boden C. Heideboden aus der Kaporner Heide. Bewachsung: Ericaceen, Strauchbirken, Kieferschonung. Wassergehalt 1,84%, Humusgehalt 4,79%, PH (H₂O) 4,788, PH (KCl) 3,837, Austausch-säure 22,75, hydrolytische Säure 27,0.

Boden D. Moorboden, Rieselfeldgebiet, Moditter Wald, mitten im Walde. Bewachsung: Schilf. Wassergehalt 80,72%, Humusgehalt 14,87%, Austausch-säure 0,44, PH (H₂O) 6,531, PH (KCl) 5,598, hydrolytische Säure 7,75.

Boden E. Heideboden aus der Kaporner Heide. Bewachsung: Ericaceen, Strauchbirken, Kieferschonung. Wassergehalt 1,78, Humusgehalt 7,15, PH (H₂O) 4,350, PH (KCl) 3,505, Austausch-säure 18,37, hydrolytische Säure 31,5.

Boden F. Sumpfboden aus dem Moditter Wald, Rieselfeldgebiet. Moorgraben. Bewachsung: Wasserpest und Sumpfräser, kein Schilf. Wassergehalt 76,0%, Humusgehalt 18,1%, PH (H₂O) 5,40, Austausch-säure 0,00, PH (KCl) 2,855, hydrolytische Säure 14,5.

Boden G. Haffsumpfboden, von Haffwasser ziemlich stark ausgewaschen, mit Schilf bewachsen, Rieselfeldgebiet bei Holstein. Wassergehalt 42,47, Humusgehalt 5,41, PH (H₂O) 6,073, PH (KCl) 5,6, Austauschsäure 0,00, hydrolytische Säure 6,5.

Boden H. Vulkanische Erde aus Bad Bertrich in der Eifel, ca. 250 m Höhe, Mineralbodenschicht unter einem Tannenwald. Wassergehalt 10,02%, Humusgehalt 6,14, PH (H₂O) 5,653, PH (KCl) 4,584, Austauschsäure 1,12, hydrolytische Säure 19,82.

Boden I. Wiesenboden aus dem Botanischen Garten Königsberg. Wassergehalt 3%, Humusgehalt 6,56%, PH (H₂O) 7,317, PH (KCl) 7,284, Austauschsäure 0,35, hydrolytische Säure 1,03.

Boden K. Laubbeetboden aus dem Botanischen Garten. PH (H₂O) 6,9, PH (KCl) 6,570, Wassergehalt 9,62, Humusgehalt 18,81, Austauschsäure 1,12, hydrolytische Säure 4,3.

Boden L. Ackerboden aus Dommelkeim. Wassergehalt 1,56%, Humusgehalt 3,56%, PH (H₂O) 5,467, PH (KCl) 4,346, Austauschsäure 17,5, hydrolytische Säure 14,26.

Boden M. Rosenbeetboden aus dem Botanischen Garten. Wassergehalt 2,91%, Humusgehalt 7,42, PH (H₂O) 7,385, PH (KCl) 6,842, Austauschsäure 0,56, hydrolytische Säure 1,6.

Boden N. Boden aus einer Chausseeegrabenböschung bei Bad Bertrich in der Eifel, am Fuß der Falkenlay (vulkanischer Aschenkegel). Wassergehalt 2,46%, Humusgehalt 6,13%, PH (H₂O) 6,299, PH (KCl) 5,416, Austauschsäure 0,63, hydrolytische Säure 7,8.

Boden O. Vulkanische Asche aus der Mineralbodenschicht unter der Humuskrume eines Buchenwaldes, Bad Bertrich in der Eifel. Wassergehalt 5,44%, Humusgehalt 2,47%, PH (H₂O) 6,146, PH (KCl) 4,771, Austauschsäure 0,35, hydrolytische Säure 5,38.

Boden P. Strauchbeet aus dem Botanischen Garten. Wassergehalt 5,91%, Humusgehalt 7,21%, PH (H₂O) 7,165, PH (KCl) 7,182, Austauschsäure 0,53, hydrolytische Säure 1,25.

Boden Q. Heideboden aus der Kaporner Heide. Bewachung: Strauchbirken, Ericaceen, am Rande eines Kiefernhochwaldes entnommen. Wassergehalt 5,74%, Humusgehalt 4,73%, PH (H₂O) 4,807, PH (KCl) 3,682, Austauschsäure 30,17, hydrolytische Säure 33,75.

Es folgen die Böden U—V, die wir von Herrn Dr. NEHRING erhalten haben. Sie sind in fortlaufender Reihe angeordnet, so wie

sie künstlich angesäuert sind. Das PH (H_2O) fängt an mit 3,33 und schließt mit 7,92. Das PH (KCl) fängt an mit 3,74 und schließt mit 6,44. Die Austauschsäure zeigt die Werte von 57,25 bis 0,00. Die hydrolytische Säure beginnt mit 26,10 und endet mit 2,50. Die Humusbestimmung schwankt zwischen 4 und 5%. Die Wasserbestimmung hält sich bei 1,8 bis 2,3%.

Die weiteren 5 Böden, die jetzt folgen, sind unter peinlichster Sterilität entnommen, während die vorhergehenden Böden nicht aseptisch entnommen waren:

Ra. Boden aus einer Chausseeböschung steril entnommen, Eichenmischwald, Hauptpflanze: *Peltigera*. PH (H_2O) 4,4, PH (KCl) 3,17.

Rb. Boden aus einem *Picea*-Mischwald steril entnommen. Unter einem dichten Rasen von *Polytrichum juniperinum*. PH (H_2O) 3,14, PH (KCl) 2,62.

Rc. Boden aus einem Eichenmischwald aus der Nähe eines Waldtümpels steril entnommen. PH (H_2O) 3,36, PH (KCl) 2,82.

Rd. Boden aus einem Mischwald von Eichen, Kiefern und Birken steril entnommen. Hauptbodengewächs: *Dicranum undulatum*. PH (H_2O) 2,42, PH (KCl) 2,42.

Re. Boden aus einem *Picea*-Hochwald aus der obersten Humusschicht steril entnommen. PH (H_2O) 3,54, PH (KCl) 2,89.

Die Säureempfindlichkeit der Nitrifizierer

Es ist zum Vergleich vielleicht wertvoll, zu erfahren, daß die Nitrifizierer gegen die Wasserstoffionen-Konzentration an und für sich gar nicht sehr empfindlich sind. Nach den Angaben von SELMAN A. WAKSMAN (3) (Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung S. 858) findet eine Nitrifikation noch bei PH 4 statt. Wir möchten gleich einige Gedanken dieses Autors einfügen. Viel wesentlicher als die Wasserstoffionen-Konzentration ist die Pufferwirkung. „Selbst eine begrenzte Säurebildung wird die Reaktion von schwach gepufferten Medien rapid ändern.“ Wenn wir also die Wasserstoffionen-Konzentration ausschalten wollen, dürfen wir nicht nur neutralisieren, sondern müssen Puffersubstanzen zugeben. Sehr wesentlich ist die Angabe: „Es muß die Tatsache berücksichtigt werden, daß die Wasserstoffionen-Konzentration nicht der einzig wirksame Faktor beim Wachsen von Mikroorganismen ist, sondern daß auch die Natur des undissoziierten Teiles des Säuremoleküls

von Wichtigkeit ist.“ Auch auf das Zusammenleben von Mikroorganismen ist Rücksicht zu nehmen.

Es war vielleicht einmal wertvoll, die Säureempfindlichkeit der Nitritbildner in Böden von bekanntem PH zu untersuchen, wenn Magnesiumammoniumphosphat zugegen war. Dadurch wurde doch infolge der puffernden Wirkung die Wasserstoffionen-Konzentration etwas herabgedrückt.

Im folgenden möchten wir an einigen Zahlenkurven den Verlauf unserer Versuche zeigen. Als Vergleichsgrößen sind die Milligramm Stickstoff eingetragen, die der Versuch ergab; als Bezugsgrößen die Wasserstoffionen-Konzentration. Der Versuch dauerte etwa zehn Tage. Der Ansatz der Versuche geschah nach einer Art REMYScher Methode. In einen sterilisierten Kolben gaben wir eine STUTZERSche Nährlösung unter Zugabe von Magnesiumammoniumphosphat und Magnesiumkarbonat. Die Säure war somit abgestumpft und die eingepflichten Nitrifizierer hatten, von der Einwirkung etwa hemmender Stoffe (außer Säuren) abgesehen, ein günstiges, gut gepuffertes Substrat. Es ergab sich nun folgendes mit den vorhergehenden Angaben übereinstimmendes Resultat, daß — obgleich die Säure doch abgestumpft war — in den Böden unter PH 4 keine Nitrifikation nachzuweisen war, weder qualitativ noch quantitativ. Da nur wenig Magnesiumammoniumphosphat in Lösung geht, so kann man durch Abfiltrieren des Bodens die Ammoniumquelle fast völlig beseitigen. Die Kolloide des Bodens lassen sich sehr leicht durch etwa ein Gramm granuliertes, sicher stickstofffreies Chlorkalzium entfernen, wodurch die Filtration erleichtert wird. Da weder Nitrite noch Nitrate im Boden absorbiert werden, so sind die etwa gebildeten Körper in der nun fast humusfreien Lösung enthalten. Durch Vordestillieren mit Natronlauge wurde das Ammonium und der leicht aus Humusverbindungen abspaltbare Stickstoff eliminiert. Nach dem Erkalten gibt man etwa 5 g Magnesiumchlorid zu und destilliert mit DEVARDascher Legierung. Die Nitrate und Nitrite werden in vorgelegter Schwefelsäure aufgefangen und durch Titration mit Natronlauge bestimmt.

In einem Parallelversuch, den wir in gleicher Art ansetzten, nur ohne vorher Bakterien einzupflegen, konnten wir feststellen, daß die Nitrifikation erst über PH 4 einsetzt, obgleich doch die Säure abgestumpft war. Aber in diesem Falle wirkten ja nur die Nitrifizierer, die der natürlichen Bodenflora entstammten. Die Nitrifikation setzte zwar schon bei Böden mit dem auch von

WAKSMAN angegebenen PH-Wert ein, doch finden sich bei den Proben auch Böden mit verhältnismäßig gutem PH, die trotzdem kaum eine Nitrifikation aufweisen. Es müssen also noch andere Stoffe im Boden vorhanden sein, die eine Hemmungswirkung auf die Nitrifizierer ausüben, gleichgültig, ob der Boden sauer, normal oder alkalisch ist. In stark sauren Böden verhindern sie die Wirkung und vielleicht auch das Leben dieser Organismen.

Wie eben angedeutet, haben wir die Ergebnisse der Versuchsreihe in Zahlenkurven zusammengefaßt. Die folgende Zahlenkurve zeigt uns das Bild der Versuchsreihe, in der wir eine völlige STUTZER-Lösung benutzten, welcher nur das Magnesiumkarbonat fehlte. In diese wurden pro 100 ccm 10 g Erde eingepflegt, zusammen mit einer hochgezüchteten Kultur stark virulenter Nitritbakterien. Diese „Reinmischkultur“ war auf Alabaster-Magnesiumkarbonat-Magnesiumammoniumphosphatplatten isoliert und dann etwa 25 bis 30mal umgepflegt worden. In einer Anhäufungs-Reinkultur war die Wirkung dieser Bakterien einfach fabelhaft. Bei der Zugabe von Säuren traten infolge der starken Nitritbildung nach 5—6 Tagen schon in der Kälte Stickoxyde auf.

Kurve ⇒	Bez.	PH(H ₂ O)	+ MgCO ₃	- MgCO ₃	Kurve ⇒	Bez.	PH(KCl)	+ MgCO ₃	- MgCO ₃
		Bezugsgröße	I	II			Bezugsgröße	III	IV
Abnahme der Säuerung ↓	A	3,844	0,00	0,00	↓	A	2,855	0,00	0,00
	E	4,350	3,0 ◇	—		E	3,505	3,0 ◇	—
	B	4,771	2,0	1,7 ◇		Q	3,682	2,5	0,7
	C	4,788	2,6 ^	—		C	3,857	2,6	—
	Q	4,807	2,5	0,7		B	3,990	2,00	1,7
	F	5,405	3,0	2,8 ◇		L	4,346	4,5 ◇	—
	L	5,467	4,5 ◇	—		H	4,584	3,1	2,4
	H	5,653	3,1	2,4		O	4,771	5,8 ◇	5,0 ◇
	G	6,073	3,0	1,0		F	5,036	3,0	2,8
	O	6,146	5,8 ◇	5,0 ◇		N	5,416	5,5 ◇	1,5
	N	6,299	5,5	1,5		G	5,598	3,0	1,0
	D	6,531	2,8	2,2		D	6,213	2,8	2,2
	K	6,893	4,5	4,8 ◇		K	6,570	4,5 √	4,8 ^
	P	7,165	5,8 ◇	3,1		M	6,842	4,8	5,1 ◇
J	7,317	3,4	4,0	P	7,182	5,8 ◇	3,1		
M	7,385	4,8 ◇	5,1 ◇	I	7,284	3,4	4,0		

Kurve ➔	Bez.	PH (H ₂ O)	+ Mg CO ₃	- Mg CO ₃	Kurve ➔	Bez.	PH (KCl)	+ Mg CO ₃	- Mg CO ₃
		Bezugs- größe	I	II			Bezugs- größe	III	IV
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	U	3,990	6,1 ∇	6,97 ∇	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	U	3,739	6,1 ∇	6,97
	V	4,530	5,6	—		V	4,031	5,1	—
	W	5,260	5,0	6,2		W	4,652	5,0	6,2
	X	5,859	5,3 ^	6,66 ^		X	4,788	5,3	6,66
	Y	6,757	7,1 ◇	6,55 ∇		Y	5,623	7,1 ◇	6,55
	Z	7,921	5,3	6,22		Z	6,440	5,3	6,22

U—Z künstlich gesäuerte Böden. A—T natürliche Böden. I—IV mg N als Nitrat.
Kurve I Vergleich von PH (H₂O) mit Nitrifikation unter Abstumpfen der Säure.

- II	"	"	"	"	ohne	"	"	"
- III	"	"	PH (KCl)	"	unter	"	"	"
- IV	"	"	"	"	ohne	"	"	"

(Wir haben aus Ersparnis beim Druck eine Darstellung nach Art einer Zahlenkurve vorgenommen. Die Abnahme der Wasserstoffionen-Konzentration, also das steigende PH, sowie die sinkenden Säurekonstanten haben wir in immer dicker werdenden Zahlen wiedergegeben. Ebenso verfahren wir beim Anstieg der Ausschläge durch Dickerwerden der Zahlen. Durch Zugabe eines Pfeiles vor der Bezugsgröße der Abszisse und durch Crescendo-, Decrescendo- und Gipfelzeichen haben wir es versucht, die Zahlenreihen so plastisch als eine Zeichnung zu machen.)

Obleich wir es nun mit äußerst günstigen Bedingungen für die Nitrifizierer zu tun hatten, sehen wir an Hand der Kurve I, daß in manchen Böden so gut wie keine Nitrifikation eintrat, selbst wenn das PH verhältnismäßig günstig lag (S, Q und G). Als Hemmungsmoment konnte bei diesen letzteren wohl kaum das PH in Frage kommen, sondern es mußten andere Stoffe vorhanden sein, welche die Nitrifikation unterbanden. Von Doppelversuchen haben wir in die Kurve immer den höheren Wert eingetragen, so daß wir mit einer gewissen Sicherheit die Hemmung nachgewiesen haben. Daß das PH als Hemmungsmoment nicht in Frage kommen konnte, haben wir durch U—Z-Kurve, die sich zwischen 6 und 7 Milligramm bewegt, also von PH 3,9 bis PH 7,921 die höchsten Werte zeigt, nachgewiesen. Diese Böden, die wir von Herrn Dr. NEHRING (Assistent am Agrikulturchemischen Institut, Königsberg) für unsere Versuche zur Verfügung gestellt bekamen, waren künstlich mit Schwefelsäure auf diese PH-Werte gebracht worden. Es konnte

also hier nur das reine PH, nicht etwa in der Natur vorgebildete Hemmungsstoffe, als einwirkend betrachtet werden. Wie wir aus dem Verlauf der Kurve sehen, hat dieses PH durchaus keinerlei Einfluß ausgeübt.

Die nächste Kurve (II) zeigt uns nun ein ganz eigenartiges Ergebnis. In den Versuchen, welche die Zahlen lieferten, gaben wir zu der STUTZERSCHEN Nährlösung außer Magnesiumammoniumphosphat auch noch Magnesiumkarbonat zu, schalteten also das PH vollständig aus. Merkwürdig ist es nun, daß sich die ganze Kurve in ihren Werten etwas hebt. Die Schwankungen im Verlauf der Kurve blieben im Grunde genommen dieselben. Auch hier sehen wir, daß sich in den Böden unter PH 3,8 keine Nitrifikation nachweisen ließ, weder qualitativ noch quantitativ. Unterhalb dieses Bereiches ließ sich also die hemmende Wirkung trotz Ausschaltung des PH nicht beseitigen.

Diese Erscheinung läßt verschiedene Erklärungen zu. Entweder waren die Hemmstoffe in zu großer Menge da, oder die vorher saure Reaktion des Bodens unterband auch das Leben derjenigen Mikroorganismen, die bei einigermaßen günstiger Wasserstoffionen-Konzentration imstande sind, hemmende Stoffe zu beseitigen. Endlich besteht noch die Möglichkeit, daß die Stoffe überhaupt ganz anderer Art waren.

Im ganzen ist der Verlauf der Kurve wieder ansteigend. Man erkennt das an der Größe und Druckart der Zahlen. Daß die ganze Kurve sich in höheren Werten bewegt, ist vielleicht so zu erklären, daß durch das alkalisierende Magnesiumkarbonat ein Teil der hemmend wirkenden Stoffe ausgefällt wird und so nicht mehr in diesem Sinne zur Geltung kommen kann. Aus dem ansteigenden Verlauf der Kurve fallen vor allem die Böden B, H, G und D heraus. Wie wir sehen, sind diese alle stark humushaltig oder sonst an organischen Stoffen reich.

Die Kurve der künstlich angesäuerten Böden U—V bewegt sich wieder in ihrer ganzen Ausdehnung über den Werten der übrigen Versuche. Es macht also den Eindruck, als ob die natürlichen Veränderungen der Wasserstoffionen-Konzentration durch ganz andere Vorgänge bedingt sind, als man sie künstlich erzeugen kann. Beim Gegensatz der Wald- und Humusböden ist es eben der Einfluß der gänzlich anderen Lebewelt, welche in den Rohböden die Nitrifikation stört, dadurch, daß eben wahrscheinlich Stoffwechselprodukte vergiftend auf die Nitritbakterien wirken.

Daß sich die künstlich angesäuerten Böden in den ungeimpften Versuchen auf so niedriger Basis bezüglich ihres Nitritgehaltes bewegen, liegt wohl daran, daß durch die lange Vorbehandlung, wie das Lufttrocknen (einige Wochen bei erhöhter Temperatur) und die Behandlung mit Schwefelsäure, die Lebewelt des Bodens sozusagen restlos abgetötet ist.

Wollen wir aus diesen Untersuchungen ein Resultat ziehen, so können wir folgernd bemerken:

Die hemmende Wirkung im Boden hat mit der Wasserstoffionen-Konzentration direkt nichts zu tun. Dagegen ist bei starker Säuerung eine starke Bildung von Hemmungsstoffen vorhanden, die auch nach Beseitigen der Säure durch Magnesiumkarbonat ihre Wirkung weiter entfalten.

Ein weiteres Bild dieser Art gibt uns die Betrachtung der Böden in ihrer Beziehung zu der Bestimmung der Wasserstoffionen-Konzentration in normaler KCl-Lösung. Wir haben hier in weiterem Sinne eine Vereinigung von Wasserstoffionen-Konzentration und Austauschsäure, wobei die PH-Zahl etwas herabgedrückt wird. Diese Bestimmung hat besonderen Wert bei der Mineraldüngung.

Wenn man die ungeimpften Versuche betrachtet, so fällt hier (wie auch vorher) der Heideboden E heraus. Wir haben hier eine gute Nitrifikation, obwohl der Boden gar kein sehr günstiges PH hat. Man könnte diese Tatsache vielleicht damit begründen, daß ein sandiger Heideboden bedeutend besser durchlüftet ist als ein von faulenden Blättern und anderen Humusstoffe erzeugenden Materialien bedeckter Waldboden, so daß sich hier infolge der dadurch abweichenden Lebewelt ganz andere Stoffe bilden, die keine oder nur eine geringer hemmende Wirkung zeitigen. Wieder sehen wir also die Erscheinung bewiesen, daß die Säure einen anderen Einfluß ausübt als andere Bodenbestandteile.

Von den Versuchen ohne Abstumpfen der Säure mit ein-geimpften Bakterien sowie von den Versuchen mit Bakterien und Zugabe von Magnesiumkarbonat wurden wieder die Kurven gezeichnet (Kurven III und IV).

Nehmen wir zuerst die Kurve III. Die Säure wurde nicht abgestumpft. Wir sehen wieder, wie sich die künstlich angesäuerten Böden U—Z auf einer innerhalb der unvermeidlichen Versuchsfehler geraden Linie bewegen, daß also auch hier die Wasserstoffionen-Konzentration in keiner Weise einen Einfluß

äußert. Bei den natürlich sauren Böden sehen wir ebenfalls in Parallelität mit den anderen Kurven eine aufsteigende Tendenz. Man hat also den Eindruck, als ob die im Boden vorhandenen Hemmstoffe mit dem PH langsam abklingen. Der Boden G zeigt wiederum eine auffällige Senkung. Diese Senkung ist in der nun folgenden Kurve IV über die Versuche mit abgestumpftem PH grobenteils ausgeglichen, wie man auch hier wie in Kurve II eine Hebung der ganzen Kurve beobachtet. Wieder sind es die Böden B, H, G und F, die aus der Kurve herausfallen, während unterhalb PH 4 überhaupt kein Nitrit zu finden war.

Ein weiteres Bild liefert uns die Betrachtung der Beziehungen zwischen Austauschsäure und Nitrifikation. (Kurven V und VI.) Es handelt sich hier nicht um die Wasserstoffionen-Konzentration, sondern um die Menge der titrierbaren Säure, die durch ein Neutral-salz aus dem Boden in Freiheit gesetzt wird. Besitzt also ein Boden keine freien Säuren, so hat er zwar keine niedere PH-Zahl, zeitigt aber eine stark ausgeprägte Fähigkeit, freie Säuren durch die in ihm stattfindenden Lebensvorgänge von Mikroorganismen zu bilden.

Die Austauschsäure wird bestimmt durch Schütteln des Bodens mit einer normalen Lösung von KCl im STOHMANNSchen Schüttel-apparat. Die Säure wird dann mit 1/10-normaler Natronlauge und Phenolphthalein als Indikator titriert.

Hand in Hand mit der Austauschsäure geht wieder die Nitrifikation, gleichgültig, ob wir Magnesiumkarbonat zugeben oder nicht. Immerhin ist allerdings hervorzuheben, daß bei Zugabe dieses Salzes die Resultate etwas regelmäßiger werden.

Ganz charakteristisch ist die Unmöglichkeit der Erzeugung der Nachwirkungen natürlich saurer Böden auf die Nitrifikation auf künstlichem Wege, also durch Ansäuern, auch wenn diese so weit geht, daß die Kolloide verändert werden. Ein Nachwirken auf die Nitrifikation ist in keinem Falle festzustellen. Der Boden besitzt bei einem natürlichen PH von meinetwegen 3,5 eben ganz andersartige Kolloide als sie bei künstlicher Säuerung entstehen. Die Eigenschaften der Bodenkolloide sind in ihrer Hemmwirkung nicht allein durch die saure Natur bedingt: denn sonst müßte das künstliche Umladen der nicht unter natürlicher Säuerung entstandenen Kolloide eines Ackerbodens nach der Neutralisation eine Depression zur Folge haben. Dies ist ein weiteres Zeichen dafür, daß man nicht nur die physikalischen Eigenschaften eines Bodens berücksichtigen

darf, sondern daß man auch die chemisch-physiologischen Eigenschaften der Stoffe in Betracht ziehen muß.

Kurve ➤	Bez.	Aus-	mg	mg	Kurve ➤➤	Bez.	Hydro-	mg	mg
		tausch-	Stickstoff	Stickstoff			lytische	Stickstoff	Stickstoff
		säure	+ MgCO ₃	- MgCO ₃			Säure	+ MgCO ₃	- MgCO ₃
		Bezugs-	V	VI			Bezugs-	VII	VIII
		größe					größe		
	A	49,6	0,00	0,00		A	72,05	0,00	0,00
	B	48,65	2,00	1,7		Q	33,75	2,5	0,7
	Q	30,17	2,5 ^	0,7		E	31,50	3,0	—
	C	22,75	2,6	—		B	27,3	2,00	1,7
	E	18,37	3,0	—		C	27,0	2,6	—
	L	17,5	4,5	—		H	19,82	3,1 ^	2,4
	K	1,12	4,5	4,8		F	14,5	3,0	2,8
	H	1,12	3,1	2,4		L	14,26	4,5	—
	N	0,63	5,5	1,5		N	7,8	5,5	1,5 ^
	M	0,56	4,8	5,1		D	7,75	2,8	2,2
	P	0,53	5,8	3,1		G	6,5	3,0 ^	1,0
	D	0,44	2,8	2,2		O	5,38	5,8	5,0
	O	0,35	5,8	5,0		K	4,0	4,5	4,8
	I	0,35	3,4	4,0		M	1,6	4,8	5,1
	G	0,00	3,0	1,0		P	1,25	5,8	3,1
	F	0,00	3,0	2,8 ^		I	1,03	3,4 ^	4,0
	U	57,25	6,1 ^	6,97		U	26,75	6,1	6,97
	V	8,75	5,6	—		V	19,5	5,6	—
	W	0,875	5,0	6,2		W	12,00	5,0	6,2
	X	0,35	5,3 ^	6,66		X	10,05	5,3	6,66
	Y	0,21	7,1	6,55		Y	5,5	7,1	6,55
	Z	0,00	5,3	6,22		Z	2,5	5,3	6,22

Abnahme der Säuerung

U—Z künstlich gesäuerte Böden. A—T natürliche Böden.

V Vergleich von Austauschsäure mit Nitrifikation unter Abstumpfen der Säure.

VI	-	"	"	"	ohne	"	"	"
VII	-	"	hydrolytische Säure	"	unter	"	"	"
VIII	-	"	"	"	ohne	"	"	"

Genau dasselbe sehen wir bei der hydrolytischen Säure. Die Bestimmung geschieht durch Schütteln des Bodens mit einer normalen Natriumacetatlösung und Titrieren der hierbei freigewordenen Säure (siehe WIESMANN, Agrikulturchemisches Praktikum). Da hier außer der Einwirkung unlöslicher und selbst schwach saurer Kolloide auf das Natriumacetat auch noch die Säure in

Betracht kommt, die durch die Hydrolyse schwacher Basen mit starken Säuren in Freiheit gesetzt wird, so handelt es sich um eine sehr komplexe Größe. Es kommen dabei auch noch Säuren in Frage, die nur ein geringes PH erzeugen können, also über 4 bleiben. Wir haben gesehen, daß ein solcher Zustand auf die Nitrifikation nur einen sehr schwachen Einfluß auszuüben imstande ist. Die Titration erfolgt daher mit Phenolphthalein, das schon bei PH 7,8 nach rot umschlägt. Da Wasser 6,9 hat, so ist immer schon eine Neigung nach der alkalischen Seite festzustellen. Es werden also auch schon sehr schwache Säuren erfaßt. Wir erkennen, von zwei der Böden (D und G) abgesehen, wieder mit Abnahme der hydrolytischen Säure ein kontinuierliches Steigen der Kurve (VII, VIII). Die künstlich sauren Böden zeigen ganz genau das gleiche Verhalten wie oben.

Es kann nicht die hydrolytische Säure sein, die den allein maßgebenden Faktor erfaßt. Das beweist wieder außer dem Herausfallen der schon vorher genannten Böden, besonders des ausgelaugten Haffbodens, der Versuch mit durch Magnesiumkarbonat abgestumpfter Säure. Im ganzen wird die Kurve gehoben, die Steigung bleibt erhalten. Dies ist genau dasselbe Bild, das wir in den anderen Kurven sahen.

Schlußfolgernd aus diesen Feststellungen möchten wir bemerken: Böden von extremer Säuerung unter PH 4 zeigen eine Unterdrückung der Salpetersäurebildung. Diese bleibt auch bestehen, wenn die Säure durch Pufferung eliminiert wird. Es müssen sich somit noch andere Faktoren an dieser Hemmwirkung beteiligen. Bei den übrigen Böden ist die Wirkung der Säure unverkennbar, die Nitrifikation wird gehemmt. Durch „Beseitigen“ der Säure kann diese Erscheinung teilweise aufgehoben werden. Ein gewisser Rest bleibt aber noch bestehen. Wenn auch dieser Rest im großen und ganzen der Wirkung der Säure sich anpaßt, so gibt es doch Fälle, wo einzelne Böden auffällig aus diesem Rahmen herausfallen (D, G). Die hemmenden Körper sind somit unter ähnlichen Verhältnissen entstanden, oder sie stellen vielleicht die Anionen der „kolloiden Säuren“ dar. Diese Körper wirken trotz der Neutralisation nach. Es scheint demnach die Hemmung der Nitrifikation im Boden nicht völlig identisch mit der Säuerung zu sein.

Ein natürlich saurer Boden zeigt immer ein anderes Verhalten wie ein künstlich angesäuerter. Ohne Magnesiumkarbonat haben

wir immer niedrigere Werte für die Nitrifikation als mit Magnesiumkarbonat in den ersteren Böden. Diese Wirkung des Magnesiumkarbonates kann auf zweierlei Weise erklärt werden: Einerseits können die Hemmungsstoffe durch einen reinen Überschuß von Magnesiumkarbonat niedergeschlagen werden, andererseits ist es denkbar, daß durch die Zugabe von Magnesiumammoniumphosphat in den Böden eine Art Austauschsäure entsteht, die dann durch weiterhin hinzugegebenes Magnesiumkarbonat neutralisiert wird.

Die Ergebnisse mit den künstlich derartig angesäuerten Böden, daß die Austausch- und hydrolytische Säure sehr hohe Werte hervorbrachte, waren derartig, daß man die letztere Ansicht wohl kaum als stichhaltig ansehen kann.

Diese Beobachtungen zeigen, daß nicht die physikalischen Momente im Boden die maßgebenden sind, sondern daß die physiologisch-chemischen Eigenschaften der Körper eine wenigstens ebenso große Rolle spielen und auf alle Fälle bei den Untersuchungen über Böden und Bodenorganismen mit zu berücksichtigen sind.

Wie erklären wir nun die Aufhebung der hemmenden Wirkung? Haben wir wirklich mit der ersten Auslegung der Erscheinung das Richtige getroffen? Möglich wäre es doch auch, daß das Einsetzen einer neuen Lebewelt in den durch Karbonate veränderten Böden Umwälzungen hervorruft, die imstande sind, die Hemmungsstoffe auf vitalem Wege zu beseitigen. Die Ergebnisse der Arbeit von MATTERN haben uns in dieser Hinsicht einige Aufklärungen gegeben, die wir auch in unsern eigenen Versuchen bestätigt gefunden haben. Impft man einen schlecht arbeitenden Boden in völliger Nährlösung, also bei Zugabe von Karbonat, mit *Nitrosomonas*, so tritt entweder überhaupt keine Nitrifikation, oder diese tritt nach einiger Verzögerung mit einem Schlage auf. Diese Beobachtungen fanden wir bestätigt an unseren Böden Ra, Rb, Rc, Rd und Re. Nehmen wir zum Beispiel den Boden Rc, so sahen wir nach einer Dauer von etwa 10 Tagen noch keine Spur von Nitrifikation. Nach diesen 10 Tagen blieb der Boden weitere 5 Tage stehen und nitrifizierte erst in den letzten 5 Tagen. Eben-
solche Erscheinung zeigte der Boden Ra.

Aus diesen Versuchen, wie aus den Arbeiten von MATTERN erkennen wir deutlich ein schlagartiges Einsetzen der Nitrifikation.

Wir müssen uns also beim Entnehmen der Böden, auch wenn wir nach der REMYschen Methode arbeiten, davor hüten, fremde Lebewesen zu einem Versuch zutreten zu lassen. Denn wir wollen

den Boden doch nicht nur in physikalischer und chemisch-physiologischer Hinsicht, sondern wir wollen ihn auch in seiner Biocönose betrachten.

Setzen wir einem Boden, der sonst diese Erscheinung nicht zeigt, etwas gute Ackererde zu, so bekommen wir auch hier die die Hemmungsstoffe beseitigenden Mikroorganismen. Diese gelangen eben mit der Infektion in den Boden und wirken sich darin dann aus. Nur ganz sterile Versuche können uns also einen Maßstab für die Biocönose des Naturbodens geben.

Folgende Versuche, in denen die Böden peinlichst aseptisch entnommen wurden und auch die Proben mit derselben peinlichen Asepsis durchgeführt wurden, zeigen uns sehr interessante Ergebnisse:

Es handelte sich bei diesen Böden um fünf Waldböden. Der eine entstammte der Nähe einer Chausseeböschung. Die Stelle, von der die Probe entnommen wurde, war stark besont. Infolgedessen war die Durchlüftung durch das temporäre Austrocknen sehr gut. Dieser Boden hatte daher im Verhältnis zu den folgenden eine nicht allzu niedere PH-Zahl, obwohl man auch diesen Boden als ziemlich sauer betrachten muß. (Ra: PH 4.4.) Die Nitrifikation unter Zugabe von Magnesiumkarbonat war gut, ohne dieses entschieden schlechter. Um Hemmungsstoffe aus einer Säurewirkung kann es sich hier nicht handeln. Die starke Senkung der PH-Zahl in normaler KCl-Lösung deutet auf eine schlechte Pufferung.

Der Boden Re war entnommen aus der Humusschicht eines *Picea*-Hochwaldes. Er war stark sauer (PH 3,54). In KCl-Lösung wurde die PH-Zahl auf 2,89 heruntergedrückt. Die Nitrifikation war zwar nicht ausgeschaltet, doch machten sich die Hemmungsstoffe ganz entschieden bemerkbar. Ohne Karbonatzugabe fehlte die Nitrifikation vollständig, bei Zugabe war sie aber auch noch sehr schwach.

Interessante Ergebnisse zeitigte ein Boden in der Nähe eines Waldtümpels aus einem Eichenmischwald. Diesen hatten wir in sehr feuchtem Zustande entnommen. Die PH-Zahlen waren in Wasser 3,36, in KCl-Lösung 2,82. Wir stellten in beiden Versuchen (mit und ohne Karbonat) eine ganz gute Nitrifikation fest. Man könnte annehmen, daß durch die Periodizität in einem solchen Boden, die sich darin ausspricht, daß er im Winter sehr viel Wasser bekommt und mit diesem Humussäuren, im Sommer aber durch Austrocknen diese Stoffe verarbeitet, die Verhältnisse doch ganz

günstig lagen. Auch das Vorkommen von *Urtica* als Bestands-Vegetation bezeugt ein Nitrifikationsvermögen dieses Bodens.

Der nächste Boden, Rb, lag unter einem dichten Rasen von *Polytrichum juniperinum* in einem *Picea*-Mischwald. Die Säuerung war noch stärker als bei den vorhergehenden Böden: PH 3,14. In

Bez.	PH (H ₂ O) Bezugsgröße für IX und X	PH (KCl) Bezugsgröße für XI und XII	Nitritbildung +MgCO ₃ Vergleichsgröße für IX und XI	Nitritbildung -MgCO ₃ Vergleichsgröße für X und XII
R a	4,4	3,17	5,9	2,2
R b	3,14	2,62	0,5	0,5
R c	3,36	2,82	3,0	3,0
R d	2,42	2,42	0,0	0,0
R e	3,54	2,89	1,0	0,0

IX Vergleich von PH (H₂O) mit Nitrifikation unter Abstumpfen der Säure.

X	"	"	"	"	ohne	"	"
XI	"	"	PH (KCl)	"	"	unter	"
XII	"	"	"	"	"	ohne	"

	Bez.	Stickstoff- ernte	Humus	Bez.	Stickstoff- ernte	Humus
Stickstoff- ester	I	0	6,56	B	4	7,51
	L	1	3,56	S	4	5,1
	C	2	4,79	E	8	7,15
	Q	2	4,8	K	8	18
	O	2	2,47	A	10	18,2
	H	2	6,14	P	10	7,21
	G	3	5,41	D	64	14,9
	M	3	7,42	F	78	18,1
	N	3	6,13			

Vergleich Humusgehalt und Stickstoffbindung.

der Chlorkaliumbestimmung fiel die Zahl auf die enorme Tiefe von 2,62. Die Nitrifikation bewegte sich mit und ohne Karbonatzugabe auf einem Niveau, das innerhalb der durch die unvermeidlichen Versuchsfehler bedingten Grenzen liegt, konnte also als 0 angesehen werden.

Eine Säuerung, welche unseres Wissens ohne Vergleich da- steht, zeigte der letzte Boden. Er war entnommen aus einem Misch-

walde, der Eichen, Kiefern und Birken führte. Das Bodenmoos war aber nicht *Sphagnum*, sondern *Dicranum undulatum*. Die sonstige Flora setzte sich hauptsächlich zusammen aus Ericaceen, die sich im Übergangsmoor heimisch fühlen (*Ledum palustre*, *Vaccinium vitis Idaea* usw.). Wir werden in einer weiteren Arbeit noch darauf zurückzukommen haben.

Die PH-Zahl erreichte die ganz enorme Tiefe von 2,4, die natürlich auch durch KCl nicht mehr herabgedrückt werden konnte. Von einer Nitrifikation konnte unter diesen Umständen keine Rede sein. Hier konnten sich Säuren und Hemmstoffe ungehindert auswirken. Hier war auch die Wirkung einer Bakterienflora ausgeschlossen, die etwa die Hemmstoffe hätte beseitigen können.

Um nunmehr einen Überblick über die Beziehungen zwischen der Nitrifikation und den physikalischen Konstanten zu bekommen, haben wir wieder zwei Kurvenbilder konstruiert, in denen wir auf der Abszisse die Anzahl der Milligramme Nitrit und Nitrat, in reinen Stickstoff umgerechnet, eingetragen haben, auf der Ordinate sind in verschiedenen Maßstäben die physikalischen Konstanten PH (H₂O), PH (KCl), Austauschsäure und hydrolytische Säure eingetragen. Die künstlich mit Säure behandelten Böden haben wir diesmal ganz weggelassen.

Zuerst die bei Einimpfen von Stickstoffquelle, Magnesiumkarbonat und *Nitrosomonas* gewonnene Kurven IX und X. Wir sehen mit voller Deutlichkeit, wie die Extreme des Nitrifikationsmangels mit den tiefen PH-Werten bzw. den hohen Säurewerten zusammenfallen. Um dieses Bild recht charakteristisch zu gestalten, wurden die Säurewerte in umgekehrter Reihenfolge eingetragen. Bei den höheren Werten ist keine Parallelität mehr zwischen diesen Erscheinungen zu sehen. Es finden sich Böden, in denen die Konstanten gut erscheinen und in denen trotzdem die Nitrifikation ganz niedrige Werte gezeitigt hat. Andererseits gibt es Böden, die sehr schlechte Konstanten aufweisen, in denen die Nitrifizierer nichtsdestoweniger sehr gut gearbeitet haben. Von einer gewissen Schwelle an verläuft die Nitrifikation ganz unabhängig von den physikalischen Konstanten. Der auffällig parallele Verlauf der physikalischen Konstanten unter sich ist ja nach dem Vorhergehenden eine sehr bekannte Erscheinung.

Wenn wir die Säuren durch Karbonate nicht so gut ausschalten, sondern nur die Pufferung erhöhen, indem wir das zur Nährlösung gehörende Magnesiumammoniumphosphat zugeben, so verläuft die

Bez.	Mg Stickstoff +Mg CO ₃ Bezugsgröße	PH (H ₂ O)	PH (KCl)	Austausch- säure	Hydro- lytische Säure
A	0,00	3,844	2,855	49,6	72,25
B	2,00	4,771 \wedge	3,990 \wedge	48,65 \wedge	27,3 \wedge
Q	2,5	4,807	3,682	30,17	33,75
C	2,6	4,788	3,857	22,75	27,0
D	2,8	6,531 \diamond	6,213 \diamond	0,44 \diamond	7,75 \diamond
E	3,0	4,350	3,505	18,37	31,5
F	3,0	5,405 \wedge	5,036 \wedge	0,00	14,5 \wedge
G	3,0	6,073	5,598 \vee	0,00 \wedge	6,5 \vee
H	3,1	5,653	4,584 \vee	1,12 \vee	19,82
I	3,4	7,317 \diamond	7,284 \diamond	0,35	1,03 \wedge
K	4,5	6,893	6,570	1,12	4,3 \vee
L	4,5	5,467	4,346	17,5 \vee	14,25
M	4,8	7,385 \diamond	6,842 \diamond	0,56 \diamond	1,6 \wedge
N	5,5	6,299	5,416	0,63	7,8 \vee
O	5,8 \vee	6,146	4,771	0,35	5,38
P	5,8	7,165 \diamond	7,182 \diamond	0,53	1,25 \wedge

Kurve XIII. Vergleich von Nitrifikation unter Abstumpfung mit PH (H₂O), PH (KCl) Austauschsäure und Hydrolytische Säure.

Bez.	Mg Stickstoff -Mg CO ₃ Bezugsgröße	PH (H ₂ O)	PH (KCl)	Austausch- säure	Hydro- lytische Säure
A	0,00	3,844	2,855	49,6 \wedge	72,05
Q	0,7	4,807	3,682	30,17	33,75
G	1,0	6,073 \wedge	5,598 \wedge	0,00 \diamond	6,5 \diamond
N	1,5	6,299 \vee	5,416 \vee	0,63	7,8
B	1,7	4,771	3,990	48,65 \vee	27,3 \vee
D	2,2	6,531 \diamond	6,213 \diamond	0,44 \diamond	7,75 \wedge
H	2,4	5,653	4,584	1,12	19,82
F	2,8 \vee	5,405	5,036 \wedge	0,00 \diamond	14,5
P	3,1	7,165 \wedge	7,182 \diamond	0,53	1,25 \diamond
I	4,0	7,317 \vee	7,284 \diamond	0,35	1,03
K	4,8	6,893	6,570 \vee	1,12	4,3 \vee
O	5,0	6,146	4,771	0,35 \diamond	5,38
M	5,1	7,385 \diamond	6,842 \wedge	0,56	1,6 \wedge

Kurve XIV. Vergleich von Nitrifikation ohne Abstumpfen mit den Säurekonstanten des Bodens.

Kurve schon etwas mehr im Sinne der physikalischen Konstanten. Aber völlig läßt sich die Wirkung der Hemmstoffe nicht beseitigen. Wir haben immer wieder Böden mit schlechter Nitrifikation und guten Säureverhältnissen und umgekehrt.

Zwei Böden fallen besonders aus dem Rahmen des ganzen Bildes heraus. Der eine (G), ein Haflboden mit stark organischen Verunreinigungen, der andere (N) entstammte einer Chaussee-grabenböschung, die an und für sich geeignet ist, alle möglichen fremden Lebewesen zu beherbergen. Es ist ganz klar, daß in diesen Fällen eine starke Denitrifikation eintreten konnte. Zum Vergleich einige Beobachtungen von HÜRRIG (4), Landwirtschaftliche Jahrbücher 1927, S. 5. Dieser arbeitete mit einigen Böden, die er folgendermaßen beschreibt: In seiner Bodenprobe c „Kanalbaggererde in der Nähe der Lebensauer Hochbrücke, 14jährig, unkultiviert, Mergelboden mit Gras und Huflattich bestanden. Wassergehalt 2,2%, Kalkgehalt 16,38, PH 7,3, Titrationswert 2,1 ccm 1/100 HCl.“

Bodenprobe A. Versuchsfeld Steenbecker Moor des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Kiel, Moorboden. Düngeparzelle mit Rohphosphat, Kalisalz und Ätzkalk, kein Stickstoff. Vorfrucht Kartoffeln, seit einem Jahr in Kultur, flach geeggt. Wassergehalt 45%, Kalkgehalt 6,3%, PH 5,6, Titrationswert (Austauschsäure nach DAIKUHARA) 0,5 ccm 1/100 norm. KOH für 10 ccm des Filtrates mit Methylrot als Indikator.“ Wir finden auch in diesen Böden einen verzögerten Eintritt der Nitrifikation. „Schon nach 4 Tagen war bei einem normalen Boden Nitrifikation nachzuweisen, zuerst schwach, später stärker; erst nach 19 bzw. 21 Tagen zeigte sich auch bei a und c eine schwache Blaufärbung mit Diphenylamin. Bei der Prüfung auf Denitrifikation in Salpeterbouillon und GILTAYscher Lösung konnte diese Erscheinung in hohem Grade festgestellt werden. Sie wurde an der Schaumbildung und an dem Fäulnisgeruch gemessen.“

Möglich wäre es also auch bei unseren Böden, daß in einzelnen Fällen die Denitrifikation die Nitrifikation verdeckt hat. Wahrscheinlich ist dies aber nicht. Wir haben nämlich zum Teil bezüglich der physikalischen Konstanten recht schlechte Böden, die auch stark humös sind und doch gut nitrifizieren. Nehmen wir aber Böden, die wenig vergarte organische Stoffe enthalten, wie den Boden O, so sehen wir trotz mittelmäßiger Konstanten doch eine gute Nitrifikation. Es handelt sich hier um die Mineralbodenschicht unter einem Laubwald.

Das beste Bild gibt uns die Austauschsäure. Da die Austauschsäure fraglos mit der Pufferung zusammenhängt, so können wir den allgemeinen Satz ableiten:

Die Nitrifikation ist oberhalb eines PH-Wertes von ca. 4 unabhängig von der Pufferung des Bodens. Da, wo die Austauschsäure einen gewissen Schwellenwert besitzt, kann auch bei ungünstiger Wasserstoffionen-Konzentration eine Nitrifikation wenigstens in leidlichen Ausmaßen stattfinden. Die Denitrifizierer sowie die Hemmungsstoffe und stark Gase bildende Mikroorganismen drücken die Salpeterbildung herab oder beseitigen den gebildeten Salpeter.

Als wichtige Momente der Bodenuntersuchung möchten wir nach dem Vorhergehenden die Austauschsäure, die Wasserstoffionen-Konzentration und die Nitrifikation in der Nährlösung ohne Zugabe von Magnesiumkarbonat betrachten. Eine weitere Untersuchung dieser vorgeschlagenen Methode in der Praxis wäre sehr zu wünschen.

Würden wir die künstlich gesäuerten Böden wieder in das Gesamtbild eintragen, so würden wir vor allem bei dem stark angesäuerten Boden eine Störung des Bildes bekommen. Doch haben wir ja schon an den verschiedensten Stellen gesehen und vermerkt, daß nicht nur die physikalischen Konstanten in Frage kommen, sondern vor allem die chemische und physiologische Natur des Stoffes, der den Wert der physikalischen Konstanten bewirkt.

Die Stickstoffbindung und die Bodensäuren

Über die Stickstoffbindung von *Azotobacter*-Rassen ist sehr viel gearbeitet worden. *Azotobacter* ist in hohem Grade abhängig von den im Boden gegebenen Verhältnissen, den Säuren und organischen Nährstoffen. Auch übt die Begleitflora, vor allem das *Bacterium Radiobacter*, einen sehr großen, wie es scheint stimulierenden Einfluß auf seine Tätigkeit aus. Wollen wir aber die Stickstoffbindung in nicht sterilisierten Wildböden betrachten (und sterilisieren wollten wir unsere Böden nicht, um nicht die physikalische Konstitution der Böden zu verändern), so müssen wir auch die Tätigkeit der Unmenge anderer niederer Organismen, wie zum Beispiel der *Clostridium*-Arten, und der stickstoffbindenden Cyanophyceen, berücksichtigen. Um aber eine vielleicht mögliche Wirkung der nur zufällig im Boden nicht anwesenden Bakterien zu erhalten, impften wir in unsere Versuche eine Kultur von *Azotobacter* und *Radiobacter* ein. Für die Verhältnisse in der Natur ist natürlich die

Kurve ⇒	Bez.	PH(H ₂ O)	Boden-	Versuch	Kurve ⇒	Bez.	PH(KCl)	Boden-	Versuch
		Bezugs-	analyse	XV			Bezugs-	analyse	XVI
		größe	XV	N-			größe	XVI	Bindung
	A	3,844	19,72	30,4 √		A	2,86	19,7	30,4
	E	4,45	6,0 √	14		E	3,51	6 √	14 √
	B	4,77	14,8 ∧	18		Q	3,68	6	8
	C	4,79	8	10 √		C	3,86	8	10 ∧
	Q	4,81	6	8		B	3,99	14	18
	S	5,4	9	14 ∧		S	4,3	10	14
↓	F	5,41	38 ◇	116 ◇	↓	L	4,35	10	11
	L	5,47	10	11		H	4,58	20 ∧	22 ∧
	H	5,65	20 ∧	22 ◇		O	4,77	3 √	5
↓	G	6,07	13 √	15	↓	F	5,04	38 ◇	116 ◇
	O	6,15	3	5 √		N	5,42	8	11
	N	6,3	8	11		G	5,56	12	15
	D	6,53	39 ∧	103 ◇		D	6,21	39 ∧	103 ◇
	K	6,89	57 ◇	65		K	6,57	57 √	65 √
	P	7,17	11	21 √		M	6,84	21	24
	I	7,32	21 ∧	21		P	7,18	11	21
	M	7,39	20	24		I	7,28	21 ◇	21
	U	3,99	13	13		U	3,74	11	13
	V	4,53	4	4		V	4,03	4	4
↓	W	5,26	12,0	12	↓	W	4,65	11,5	12
	X	5,86	11,5	13		X	4,79	11,5	13
	Y	6,76	10,5	13		Y	5,62	10,5	13
	Z	7,92	12	12		Z	6,44	12	12

Kurve XV. Vergleich von PH(H₂O) mit Stickstoffgehalt und Stickstoffbindung.
 Kurve XVI. „ „ PH(KCl) mit der gleichen Größe.

gesamte Stickstoffbindung maßgebend, und nicht nur die durch *Azotobacter*. Deshalb nahmen wir den ganzen Ertrag des nach KJELDAHL feststellbaren Stickstoffs als Bezugsgröße. Um dem Boden die zur Stickstoffbindung nötigen Verbrennungsstoffe zu geben, gaben wir Mannit zu. Es war also außer den im Boden vorhandenen Nährstoffen auch noch dieser den Prozeß beschleunigende Zusatz wirksam. In die Kurven haben wir zum Vergleich noch den Stickstoffgehalt des Bodens an KJELDAHL-Stickstoff eingetragen.

Kurve ➤	Bez.	Aus- tausch- Säure Bezugs- größe	Boden- analyse N XVII	Versuch N-Bin- dung XVII	Kurve ➤	Bez.	Hydro- lytische Säure Bezugs- größe	Boden- analyse N XVIII	Versuch N-Bin- dung XVIII
	A	49,6	19,7	30,4◇		A	72,25	19,7	30,4◇
	B	48,65	14 √	18		Q	33,75	6	8
	Q	30,17	6	8 ^		E	31,5	6	14
	S	28,17	10 ^	14		B	27,3	14	18 ^
	C	22,75	8 √	10		C	27,0	8	10
	E	18,37	6	14		S	20,40	10	14
	L	17,5	10 ^	11		H	19,82	20	22 ^
	K	1,12	57 ◇	65 ◇		F	14,5	38	115 ◇
	H	1,12	20	22 √		L	14,26	10	11
	N	0,63	8 √	11		N	7,8	8	11
	M	0,56	21 ^	24 ^		D	7,75	39	103 ◇
	P	0,53	11	21		G	6,5	12	15
	D	0,44	39 ◇	103 ◇		O	5,38	3	5
	O	0,35	3	5		K	4,3	57	65 ◇
	I	0,35	21 ^	21		M	1,6	21	24 √
	G	0,00	12	15		P	1,25	11	21
	F	0,00	38 ◇	115 ◇		I	1,03	21	21
	U	57,25	13	13		U	26,75	13	13
	V	8,75	4	4		V	19,5	4	4
	W	0,88	11,5	12		W	12,00	11,5	12
	X	0,35	11,5	13		X	10,05	11,5	13
	Y	0,21	10,5	13		Y	5,5	10,5	13
	Z	0,00	12	12		Z	2,5	12	12

Kurve XVII. Austauschsäure und N-Gehalt und -Bindung.

„ XVIII. Hydrolytische Säure und N-Gehalt und -Bindung.

Nehmen wir z. B. die Kurve der Stickstoffbindung und ihrer Beziehungen zu den PH-Zahlen (XV), die wir in Wasser fanden, also PH (H₂O). Auf der Ordinate sind die Zahlen eingetragen, die wir in der Stickstoffbindung fanden, auf der Abszisse die PH-Werte. Die 4. Reihe zeigt uns die Stickstoffmengen, die wir im Boden fanden, bevor wir die Versuche ansetzten. Die Differenz zwischen vorhandenem und zuletzt bestimmten Mengen ist die Ernte, die wir an Stickstoff erhielten. Diese Werte haben wir in der

Kurve ➔	Bez.	Stickstoff- zunahme mg Bezugsgröße	PH (H ₂ O)	PH (KCl)	Austausch- säure	Hydro- lytische Säure
	I	0	7,32◇	7,28 ∨	0,35 ◇	1,03 ◇
	L	1	5,47	4,35 ∨	17,5	14,26
	C	2	4,79∨	3,68	22,75 ∨	27,0 ∨
	H	2	5,65∧	4,58 ∧	1,12 ∧	19,82 ∧
	O	2	6,15◇	4,77	0,35 ◇	5,38 ◇
	Q	2	4,81	3,68	30,17	33,75
	G	3	6,07∧	5,56 ∧	0,00 ∧	6,5 ∧
	M	3	7,39◇	6,88 ◇	0,56	1,6 ◇
	N	3	6,3	5,42 ∨	0,63 ∨	7,8 ∨
	B	4	4,77∨	3,99	48,65	27,3 ∨
	S	4	5,4 ∧	4,3 ∧	28,17 ∧	20,4
	E	8	4,45∨	3,51	18,37	31,5 ∧
	K	8	6,89 ◇	6,57 ◇	1,12 ◇	4,3 ◇
	A	10	3,844	2,86	49,6	72,25
	P	10	7,17 ◇	7,18 ∧	0,53 ∧	1,25 ◇
	D	64	6,53	6,21 ∨	0,44	7,75 ∨
	F	78	5,14 ∨	5,04	0,00 ◇	14,5 ∨

Kurve XIX. Vergleich Stickstoffzunahme und Säurekonstanten.

5. Reihe. Wir sehen, daß im großen und ganzen die Kurven parallel verlaufen. Einen irgendwie ansteigenden Verlauf können wir aber nicht erkennen. Es fallen auch hier wieder, gerade wie bei der Nitrifikation, einige Böden total aus dem Rahmen des Gesamtbildes. Doch ist diese Erscheinung hier so stark, daß das ganze Bild an Einheitlichkeit verliert. Es sind dies besonders die Böden A, F, D, K, O und P. Die einen liegen zu hoch, die andern zu niedrig; und zwar liegen diese Böden ganz unabhängig von den PH-Werten, so daß wir einmal bei tiefem PH hohe Stickstoffbindungen haben, das andere Mal bei hohen PH-Werten tiefe Stickstofffernten.

Dasselbe Bild haben wir auch in den anderen Kurven. Es würde überflüssig sein, jede einzelne Kurve in diesem Sinne zu besprechen, da sich in allen dasselbe Bild wiederholt.

Auch in der Kurve XIX, also dem Vergleiche der Stickstoffbindung mit allen Konstanten, finden wir keinerlei Parallelität

Kurve →	Bez.	Nitritbildung + MgCO ₃	Humusgehalt	Bodenanalyse Stickstoff	Stickstoff- bindung
		Bezugsgröße	XX	XXIV	XXII
	A	0,00	18,2 ◇	20 ◇	10 ◇
	B	2	7,51 △	14	4
	Q	2,5	4,73	6	2
	C	2,6	4,8	8	2
	D	2,8	14,9 ◇	39 ◇	64 ◇
	E	3	7,15	6	8
	F	3	18,1 ◇	38 ◇	78 ◇
	G	3	5,41	12	3
	H	3,1	6,14 △	20 △	2
	J	3,4	5,56 ∇	21	0
	K	4,5	9,62 ◇	37 ◇	8 ◇
	L	4,5	3,56	10	1
	M	4,8	7,42 △	21 ◇	3
	N	5,5	6,1 ∇	8	3
	O	5,8	2,47	3	2
	P	5,8	7,21 ◇	11 △	10 ◇

Vergleich von Nitrifikation ohne Abstumpfen mit XX Humusgehalt, XXII Stickstoffbindung, XXIV Stickstoffgehalt des Bodens.

zwischen den einzelnen Kurven, wie bei der Nitrifikation, so daß man wohl sagen kann, daß die Stickstoffbindung ganz unabhängig von den Werten der einzelnen Konstanten verläuft, wenn man eben nicht einen einzelnen Organismus herausgreift. Da wir aber die Böden nicht sterilisiert haben, bevor wir die Versuche ansetzten, so müssen wir auch alle die anderen stickstoffbindenden Organismen, die in diesen Böden sonst noch vorkommen könnten, mit in Betracht ziehen. Im übrigen kann ich nur noch auf die Zahlenkurven verweisen.

Vergleichen wir nun die Stickstoffbindung in bezug auf die PH-Zahl in Wasser, so finden wir keinerlei Beziehungen (Kurve XV). Die Stickstoffbindung im Boden scheint demnach, von ganz extrem sauren Böden (H und E) natürlich abgesehen, von der Säure eigentlich unabhängig zu sein (siehe O). Interessant ist aber die Konformität der Stickstoffbindung und des Stickstoffgehaltes im Boden (Kurve XV). Da, wo der Stickstoffgehalt hoch ist, findet meist auch eine gute Bindung desselben (F und D) statt. Die

Kurve ➔	Bez.	Nitritbildung — MgCO ₃ Bezugsgröße	Humusgehalt XXI	Bodenanalyse Organischer Stickstoff XXV	Stickstoff- bindung XXIII
	A	0,00	18,2 ◇	20 ◇	10 ◇
	Q	0,7	4,73	6	2
	G	1,0	5,41	12 ^	3 ^
	N	1,5	6,1 ^	8 v	3
	B	1,7	7,51	14 ^	4
↓	D	2,2	14,9 ◇	39 ◇	64 ◇
	H	2,4	6,14	20	2 v
	F	2,8	18,1 ◇	38 ◇	78 ◇
	P	3,1	7,21 v	11 v	10
	J	4,0	5,56	21 ^	0 v
	K	4,8	9,67 ^	57 ◇	8 ^
	O	5,0	2,47 v	3	2 v
	M	5,1	7,42 ^	21 ◇	3

Vergleich von Nitritbildung ohne Abstumpfen mit XXI Humusgehalt, XXV Stickstoffgehalt, XXIII Stickstoffbindung.

einzigste Ausnahme bildet der Boden des Humusbeetes aus dem botanischen Garten (K), wo trotz hohem Stickstoffgehalt die Bindung doch gering ist. Doch ist dies schließlich auch ein ganz anomaler Boden. Wir möchten hier, da die Nitrifikation gut verlief, auf die Tätigkeit von Denitrifizierern schließen, welche die Ergebnisse verschleiern. Wir können das Humusbeet ja wohl mit einem Komposthaufen vergleichen, in dem die Denitrifizierer bekanntlich besonders rege wirken.

Bei den andern Konstanten, dem PH-Wert in KCl-Lösung (Kurve XVI), der Austauschsäure (Kurve XVIII) und der hydrolytischen Säure (Kurve XVIII) ist ebensowenig irgendeine Beziehung zu ersehen. Wir können in all diesen Fällen nur auf die Zahlen verweisen. Diese sind Kurve XX/XXI, Nitrifikation und Humusgehalt, Kurve XXII/XXIII, Nitrifikation und Stickstofffernte, Kurve XXIV/XXV, Nitrifikation und Bodengehalt an KJELDAHL-Stickstoff.

Eine ganz deutliche Beziehung finden wir nur, wenn wir die Stickstofffernte in Beziehung setzen zu dem Humusgehalt des Bodens (Kurve XXVI).

Da es sich ja hauptsächlich um die Bestimmung der Stoffe handelt, die den Mikroorganismen als Verbrennungsstoffe dienen können, also um die reinen Humusstoffe, nicht etwa um die Bodenzeolithe, so brauchten wir den Humus nur durch ganz einfaches Glühen zu bestimmen. Die Bestimmung wurde denn auch so ausgeführt, daß die Böden nach Entzug des Wassers 5—6 Stunden auf einem scharfen Brenner durchgeglüht wurden. Die Berechnung des Humusgehaltes bezieht sich auf die eingewogene Bodenmenge plus Wasser. Es ergeben sich dadurch einige Ungenauigkeiten, die aber für die ansteigende Tendenz der Kurve ohne größere Bedeutung sind.

Wir sehen mit zunehmendem Humusgehalt auch einen zunehmenden Stickstoffzuwachs (Kurve XXVI von K ab deutlich). Es ist dies ein Zeichen der „stimulierenden“ Kraft der Humussubstanzen auf die Stickstoffbinder. Da wir den Böden Mannit zugegeben haben, so kann von einer ernährenden Wirkung der Humusbestandteile nicht die Rede sein, weil ja diese Zuckerart viel leichter zu verbrennen ist als jene Stoffe. Wir haben die Versuche so angesetzt, daß wir die Böden erst mit *Azotobacter* beimpften und sie dann ohne Nährlösung ca. 6 Wochen im Brutschrank bei dem Optimum der Temperatur für diesen Organismus (25—27°) stehen ließen. Es konnte in dieser Zeit nur bei den besseren Böden eine leichte Hautbildung bemerkt werden, während in der darauffolgenden Periode des Versuchs mit zugegebener steriler Mannitlösung diese Haut sehr schnell zunahm. Auch dies ist ein Zeichen dafür, daß die Humusstoffe nur langsam und schwer verarbeitet werden. Bei Gegenwart von Humusstoffen war die Stickstoffbindung in der Nährlösung (eine ja bekannte Erscheinung) sehr gefördert. Bei Abwesenheit von Humusstoffen trat gar keine oder fast gar keine Stickstoffbindung ein, wie wir aus den Böden U bis Z sehen, die sehr humusarm waren.

Auch MATTERN gelang die Isolierung von Humusstoffen, die in geringer Menge stimulierend auf diesen Vorgang einwirkten. Wie wir uns diese Einwirkung zu denken haben, ob nicht am Ende doch eine Ernährung oder ein Wegnehmen von Zwischenprodukten in der Biocönose des Bodens durch andere Lebewesen erfolgt, die den Humus für sich brauchen, können wir heute noch nicht entscheiden.

Zwischen Nitrifikation und Humus bestehen keine klaren Beziehungen. Dieses Ergebnis stand wohl auch zu erwarten, da der

Begriff „Humus“ ja eine Unmenge der verschiedensten Stoffe in sich schließt. Ebensowenig besteht eine Beziehung zwischen Stickstofffernte und Nitrifikation. Dafür, daß nicht der Gehalt an gebundenem Stickstoff für die Nitrifikation in irgendeiner Form maßgebend ist, zeugen die Kurven. Die gleichen Beziehungen lassen sich bekanntlich auffinden bei der Besiedelung des Bodens mit höheren Pflanzen.

Aus diesen Untersuchungen können wir nur den Schluß ziehen, daß ein Boden, der reichlich Humusstoffe enthält, im allgemeinen auch reichlich Stickstoff führt. Es verdankt eben wahrscheinlich der Boden seine reiche Stickstoffbindung einem hohen Verbrauch an Humussubstanzen. Daneben spielt noch die Fossilisation des Stickstoffs eine Rolle. Diese bezeugt das geringe Zusammenfallen von Salpeterbildung und Stickstofffernte mit Humus und Stickstoffgehalt des Bodens. Wir sehen, daß eben der Stickstoffkreislauf bei einer gewissen Sorte von Böden auf einer bestimmten Stufe stehen bleibt.

Die künstlich gesäuerten Böden beweisen in der Stickstoffbindung ein Unvermögen des Gedeihens der sie bedingenden Lebewesen. Daß die Virulenz der die Stickstoffbindung bedingenden Lebewesen gut war, bezeugen die Versuche mit den anderen Böden, die von derselben Ausgangskultur aus geimpft wurden. Worauf diese merkwürdige Erscheinung zurückzuführen ist, können wir nicht sagen. Auf Ackerböden gedeiht *Azotobacter* doch sonst ganz gut. Es mag wohl an der Vorbehandlung der Böden und an dem extremen Austrocknen liegen.

Über die einzelnen Böden möchten wir erst an späterer Stelle sprechen.

Zusammenfassung

Auf Grund dieser Versuche und Betrachtungen können wir schließen, daß die physikalischen Konstanten, wenn sie sich nicht gerade in ganz extremen Werten bewegen, auf die Nitrifikation wie auch auf die Stickstoffbindung nicht den Einfluß haben, der ihnen vielfach zugemessen wurde. Wohl haben wir Böden, die unter der durch Versuche festgelegten Grenze liegen (nach WAKSMAN PH 4 für *Nitrosomonas*, PH 6 für *Azotobacter*), die den bisherigen Ansichten recht gaben, doch fallen die Ergebnisse bei höheren Werten bzw. saureren Böden so aus dem Rahmen, daß man noch eine andersartige Einwirkung auf die untersuchten Vor-

gänge annehmen muß. Wir betonen, daß dergleichen Hemmungen auch nach der Beseitigung der Säure durch Puffersubstanzen und Neutralisation in Erscheinung treten. Diejenige Konstante, welche die klarsten Beziehungen zur Salpeterbildung ergibt, ist die Austauschsäure. Aber auch hier müssen wir hervorheben, daß die Nachwirkungen auch nach Karbonatzugabe noch in Erscheinung treten.

Künstlichsaure Böden zeigen gar keine Reaktion, weder in ihrem sauren, noch im neutralisierten Zustande.

Es haben sich die Ergebnisse von MATTERN auf weiterer Basis bestätigt gefunden. Da daselbst die Literatur eingehend behandelt wurde, so wollen wir hier nicht weiter darauf eingehen. Die Hemmstoffe scheinen klare Beziehungen zur Bodendurchlüftung zu zeigen. Wo dieselbe fehlt, ist die Bildung dieser Körper begünstigt. Hierfür spricht das Zurückdrängen derselben in den sauren, stark besonnten Böden eines *Calluna* führenden Kiefernwaldes.

An dieser Stelle möchten wir Herrn Prof. ZIELSTORFF und Herrn Dr. NEHRING für die Überlassung der Apparaturen danken. Des weiteren sind wir Herrn Konrektor DIETZOW für die Bestimmung der Moose zu Dank verpflichtet.

Abstract

We may conclude that the physical constantes, if they do not move exactly in extreme values, have not the influence on nitrification and nitrogen-conjunction that mostly they were supposed to possess. Although we have soils below the limit fixed by trials (according to WAKSMAN PH 4 for *Nitrosomonas*, PH 6 for *Azotobacter*) which justified the hitherto prevailing notions, the results, if the values are higher or the soils are more acid, are deviating to such an extent that surely a different kind of influence on the investigated occurrences must be accepted. We emphasize that similar impediments also appear after the elimination of the acidity by buffer-substances and neutralisation. The constante which shows the most distinct relation to the nitrification is the exchange-acid. But here also we must point out that the after-effects still make their appearance also after the addition of carbonate.

Artificial soils do not show any reaction, neither in their acid nor in a neutralised state.

The results of MATTERN, relative to impediment-substances on a wider basis have been confirmed. The impediment substances seem to show distinct relations to the aeration of the soil. Where the latter is missing, the formation of these substances is being favored. The repression of the impediment substances in the acid very sunny soil of a pine forest carrying *Calluna* proves this theory.

Literaturangabe

1. FUCHS-ZIEGENSPECK in MEZ, Arch. III (1923), 237—261; daselbst weitere Literatur. — 2. MATTERN in MEZ, Arch. XXII; daselbst weitere Literatur. — 3. SELMAN A. WAKSMAN, Meth. d. mikrobiol. Bodenforsch., in ABDERHALDENS Handb.; daselbst weitere Literatur. — 4. HÜTTIG, Landw. Jahrbücher 1927. 5. S. 1—42. Untersuchungen über säurebildende Mikroorganismen des Bodens, mit besonderer Berücksichtigung der für die Milch wichtigen. — 5. MEVIUS. Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Naturwissenschaft und Landwirtschaft. Nr. 11.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Voss Heinz, Ziegenspeck Hermann

Artikel/Article: [Die physikalischen Säurekonstanten und ihre Nachwirkung nach Neutralisation auf die Nitrifikation und gesamte Stickstoffbindung in natürlich und künstlich sauren Böden , unter besonderer Berücksichtigung der Waldböden 214-242](#)