

Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Bodenreaktion und Pflanzenwachstum.

Von HANS-ULRICH OSKIERSKI (Königsberg Pr.).

In den letzten Jahren ist sehr viel über die Bodenreaktion geschrieben und gesprochen worden. Viele Methoden sind ausgearbeitet, um das Wesen und die Ursachen der Bodenazidität zu erforschen und ihre Bedeutung für das Pflanzenwachstum einwandfrei festzustellen. Man kann jedoch nicht sagen, dass alle diese Fragen restlos geklärt wären und eine einheitliche Meinung darüber bestände. Nach KAPPEN¹⁾ unterscheidet man vier Formen der Azidität. Die hydrolytische Azidität, die Austauschazidität, die Neutralsalzzersetzung und die sehr selten zu findende aktuelle Azidität. Von diesen vier verschiedenen Formen erhält man am besten eine anschauliche Vorstellung, wenn man die Ursachen sich vergegenwärtigt, die KAPPEN für ihre Entstehung angibt. Die hydrolytische Azidität entsteht, wenn auf einen Boden, dessen Zeolithe mit Basen gesättigt sind, Säuren einwirken und dadurch diese Zeolithe ihres Gehalts an Basen beraubt werden. Durch diesen Basenverlust erlangen die zeolithischen Bestandteile des Bodens die Eigenschaft hydrolytisch gespaltene Salze zu zersetzen, dadurch dass sie die Basen binden und die Säuren freimachen. Im allgemeinen hält KAPPEN diese Aziditätsform für noch nicht schädlich. Bei besonders kalkliebenden Pflanzen, wie Klee, Luzerne, Bohne, Erbse und Senf treten jedoch auch schon hier Ertragschädigungen auf.

Weit gefährlicher für das Pflanzenwachstum ist die Austauschazidität, die auftritt, wenn der Boden durch weitere Basenentziehung die Fähigkeit erhält, mit Neutralsalzen in Reaktion zu treten und dabei einwertige und zweiwertige Ionen der Neutralsalze gegen dreiwertige Aluminium- und Eisenionen des Bodens austauscht. Das dann in dem Boden gebildete Aluminiumsalz ist hydrolytisch gespalten und reagiert sauer. KAPPEN macht also neben dem Wasserstoffion das Aluminiumion für den schlechten Pflanzenwuchs auf austauschsauren Böden verantwortlich.

Die dritte Aziditätsform, die Neutralsalzzersetzung, findet man nach KAPPEN nur auf Humusböden, da nur die Humussäure echte Neutralsalzzersetzung hervorrufen kann. Die aktuelle oder aktive Azidität ist zurückzuführen auf das Vorhandensein von freien Säuren und sauren Salzen. Sie ist bisher nur auf unkultivierten Moorböden und nie auf landwirtschaftlich genutzten Böden beobachtet worden. Sie kommt deshalb für unsere landwirtschaftlichen Kulturgewächse kaum in Betracht.

In gewissem Gegensatz zu den Anschauungen von KAPPEN steht ARRHENIUS²⁾, der die verschiedenen Aziditätsformen nicht anerkennt, sondern die Wasserstoffionkonzentration als allein bestimmend für den Säuregrad eines Bodens ansieht. Für die Entstehung und Beeinflussung der Bodenreaktion sowohl in alkalischer wie in saurer Richtung führt er eine Reihe³⁾ von geologisch-bodenkundlichen, klimatischen und pflanzenphysiologischen Faktoren an, die im Einzelnen hier anzugeben zu weit führen würde. Alle anderen Forscher folgen, wie HILBIG⁴⁾ ausführt, im wesentlichen bald der einen, bald der anderen Ansicht.

- 1) Kappen, Über die Aziditätsform des Bodens und ihre pflanzenphysiologische Bedeutung. Lw. Versuchs.Stat. Bd. 96 S. 277 - 307; Kappen, Über Wesen und Bedeutung der Bodenazidität. Ztschr. f. Pfl. u. D. 1924 A S. 209 - 218.
- 2) C. Arrhenius, Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum, Lpz. 1926.
- 3) wie vor, S. 22 - 28.
- 4) R. Hilbig, Der Einfluss der Bodenreaktion auf das Wachstum der Pflanzen, in Mez, Arch. 1926 S. 385 u. 386.

Wie schon oben gesagt, sind für die Bestimmung der Bodenreaktion und der Kalkbedürftigkeit des Bodens die verschiedenen Methoden ausgearbeitet. **ARRHENIUS**¹⁾ gibt eine kurze Übersicht der nach Gruppen geordneten Methoden und sagt dabei: "Beim Lesen der dies Gebiet betreffenden Literatur staunt man über die unerhörte Menge von Methoden, welche für die experimentelle Lösung dieser Frage ausgearbeitet sind." Alle diese Methoden hier zu besprechen, würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Erforderlich ist es jedoch, die Methoden zu beschreiben, nach denen bei den hier dargestellten Untersuchungen gearbeitet worden ist.

Es wurden drei Methoden angewandt:

- 1) Der Vegetationsversuch nach **MITSCHERLICH**²⁾,
- 2) die elektrometrische Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration nach **BILLMANN**³⁾,
- 3) die Ermittlung der Pufferung nach **T. JENSEN**⁴⁾.

Untersucht wurden 22 Böden, die zum grössten Teil aus Ostpreussen stammten. 16 Böden wurden zu je 8 Gefässen angesetzt, von denen je 4 Gefässe saure Düngung und je 4 Gefässe alkalische Düngung erhielten. Jedes Gefäss enthielt etwa 6 kg Boden. Als saure Düngung wurde 6 g Superphosphat und 5 g Ammonsulfat als alkalische Düngung 6 g Thomasmehl und 6,25 g Natronsalpeter gegeben. Diese Mengen in die Praxis übertragen, entsprachen 19,2 dz/ha Superphosphat bzw. Thomasmehl, 16,0 dz/ha Ammonsulfat und 20 dz/ha Natronsalpeter. Sie waren also mindestens zehnmal so hoch, als sie in der Praxis gegeben werden, wenn man dabei noch berücksichtigt, dass bei diesen Versuchen nur mit einer Krumenschicht von 14 - 15 cm gearbeitet wurde. Ausserdem erhielten alle Gefässe eine starke Kalidüngung und zwar je 3 g Kaliumsulfat und 0,5 g Natriumchlorid. Die Düngemittelmengen sind mit Absicht so hoch gewählt worden, um Schädigungen durch Nährstoffmangel auf jeden Fall zu vermeiden. Von den Düngemitteln wurde Thomasmehl in fester Form gegeben, während alle anderen dem Boden gelöst zugeführt wurden.

Als Versuchspflanzen wurden der alkaliempfindliche Hafer (*Sval. Ligowo*) und der säureempfindliche Senf (*Sinapis alba*) benutzt, indem sowohl von den sauer als auch von den alkalisch gedüngten Gefässen je zwei mit Hafer und je zwei mit Senf besät wurden; und zwar wurden von jeder Pflanzenart je Gefässe 50 Körner in 25 Pflanzlöcher verteilt.

Sechs Böden wurden in je 40 Gefässen angesetzt; gedüngt wurde folgendermassen:

8 Gefässe sauer wie oben	
8 " alkalisch wie oben	
8 " " " "	- 1 g Ca CO ₃
8 " " " "	- 3 g "
8 " " " "	- 10 g "

Hierbei entsprach die Düngung

von 1 g Ca CO ₃ einer Düngung von 3,2 dz/ha CaCO ₃	
" 3 g " " " 9,6 " "	
" 10 g " " " 32,0 " "	

In Rechnung zu ziehen ist dabei die geringe Tiefe der Krume von 15 cm, die feinpulverisierte Form des Kalks und seine innige Vermischung mit dem Boden,

- 1) Arrhenius, a.a.O. S. 78 u. ff.
- 2) Mitscherlich. Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens, S. 74 - 77.
- 3) H. Christensen u. T. Jensen, Untersuchungen bezgl. der zur Bestimmung der Bodenreaktion benutzten elektrometrischen Methoden. Intern. Mitt. f. Bodenkunde Bd. 14 H. 1/2. S. 1 - 26.
- 4) T. Jensen, Über die Bestimmung der Pufferwirkung des Bodens. Intern. Mittl. f. Bodenk. 1924. Bd. 14 S. 112.

wie sie auf dem Felde niemals erfolgen kann. Diese Umstände tragen ganz erheblich zur Wirkung des Kalks bei. Von den je 8 Gefässen wurden bei diesen Versuchen je 4 mit Senf und je 4 mit Hafer besät. Ungefähr 10 Tage, nachdem die Saat aufgegangen war, wurden die Pflanzen auf 35 Stück je Gefäss verzogen.

Am schwierigsten und zugleich auch am wichtigsten war die Regulierung der Wasserzufuhr, damit dieser Wachstumsfaktor für alle Gefässe konstant blieb. Solange die Pflanzen noch im Aufgehen waren, genügte ein Besprengen der Saat. Gleich nach dem Verziehen aber wurde die Wasserzufuhr mit der Wage reguliert. Da vor dem Einfüllen alle Gefässe auf dasselbe Gewicht gebracht waren, und auch in jedes Gefäss dieselbe Menge Boden eingefüllt war, konnte die Wassermenge berechnet werden. Die Gefässe wurden zunächst auf 50% der Wasserkapazität gehalten. Dann wurde allmählich die Wasserkapazität so gesteigert, dass zu der Zeit, als Hafer und Senf zu schossen begangen, volle Wasserkapazität vorhanden war. Jetzt wurde jedes Gefäss solange gegossen, bis Wasser durchlief. Das im Gegensatz sich sammelnde durchgelaufene Wasser wurde jeden Tag den Pflanzen wiedergegeben, so dass keine Nährstoffverluste durch Auswaschen entstanden. Dadurch, dass die Gefässe unten mit einem Schlitz versehen waren, wurde ein Stagnieren des Wassers, wodurch leicht Säureerscheinungen hätten auftreten können, vermieden. Acht Tage vor der Ernte wurden die Gefässe trocken gestellt. Beim Hafer wurde Korn und Stroh getrennt geerntet, beim Senf alles zusammen. Die Ernte wurde bei 100° C getrocknet und dann gewogen.

Da nun bei dieser Versuchsanstellung und Durchführung alle Wachstumsfaktoren bis auf die Reaktion der Düngung konstant gehalten wurden, und als Indikatoren der alkaliempfindliche Hafer und der säureempfindliche Senf verwandt wurden, musste man aus dem Ernteertrage entnehmen können, welche Behandlung der Boden verlangte, um Reaktionsschäden zu vermeiden. War die Haferernte auf den sauer gedüngten Gefässen niedriger, als auf den alkalisch gedüngten Gefässen, und war der Senfertrag auf den sauer gedüngten Gefässen niedriger, so musste eine Kalkdüngung gegeben werden. War sowohl Senfertrag wie Haferertrag bei beiden Düngungen gleich, so konnte jedes beliebige Düngemittel verwandt werden. Zeigte der Senf auf den sauer gedüngten Gefässen eine Ertragssteigerung, so musste jede Kalkdüngung und auch jedes alkalische Düngemittel vermieden werden. Trat bei Senf auf den sauer gedüngten Gefässen eine starke Ertragsminderung ein, während der Hafer auf diesen höhere Erträge zeigte als in alkalischer Düngung, oder wies der Hafer in alkalischer Düngung einen starken Ertragsrückgang auf, während der Senf keine Unterschiede zeigte, so mussten für säureempfindliche Pflanzen alkalische Düngemittel und für alkaliempfindliche Pflanzen saure Düngemittel gegeben werden. Durch die gesteigerten Kalkgaben schliesslich sollte die Pufferwirkung der Böden gegen Kalk festgestellt werden.

Zugleich mit dem Ansetzen wurde nun auch die Wasserstoffionenkonzentration und die Pufferwirkung der Böden elektrometrisch bestimmt. Der lufttrockene Boden wurde auf 1,5 mm Lochweite gesiebt und der Wassergehalt bestimmt. Sodann wurden 10 g absolut trockener Boden mit 20 ccm destilliertem Wasser mehrfach gut durchgeschüttelt und ca. 20 Stunden stehen gelassen. Ebenso wurde für die Bestimmung der Pufferwirkung 10 g Boden acht Mal mit 20 ccm Flüssigkeit angesetzt, in der je 1, 2, 5 und 10 ccm n/10 NaOH und je 1, 2, 5 und 10 ccm n/ H₂SO₄ enthalten war, mehrfach gut durchgeschüttelt und ebenso ca. 20 Stunden stehen gelassen. Bei Moor, das auf 5 mm Lochweite gesiebt war, wurde 5 g absolut trockener Boden verwandt, während die Wassermenge und ebenso die Säure- und Basenmenge verdoppelt wurde um eine Aufschlammung zu erhalten. Dann wurde Chinhydron zugesetzt und mehrfach gut durchgeschüttelt; nach 15 Minuten wurde die Wasserstoffionenkonzentration der ganzen Reihe gemessen. Statt einer Chinhydron-Elektrode wurde eine gesättigte Kalomelelektrode verwandt. Die P_H Zahl wurde nach der Formel ¹⁾

1) A. Hock, Die elektrometrische Messung der Wasserstoffionenkonzentration mit Hilfe des Chinhydronverfahrens. Ztschr. f. angew. Chemie 1926 Jg. 39 Nr. 21 S. 647 - 651.

$$PH = p = \frac{T}{t}$$

berechnet, wobei

$$T = \frac{\text{Ablesung in mm} \cdot 1,0184}{\text{Spannung Normalelem.-Akkumulat.}}$$

und

$$p = \frac{0,4568}{t}$$

gesetzt war.

Die Werte für t (Temperatur) sind bei:

15° C	=	0,0571	20° C	=	0,0581
16° C	=	0,0573	21° C	=	0,0583
17° C	=	0,0575	22° C	=	0,0585
18° C	=	0,0577	25° C	=	0,0591
19° C	=	0,0579			

Die Temperatur wurde für jeden Boden in der Aufschlammung gemessen. Die so errechneten PH Zahlen wurden dann auf Millimeterpapier in ein Koordinatensystem eingetragen. Auf der Ordinate die PH Zahlen, wobei 1 PH = 2 cm gesetzt wurde, auf der Abszisse die Länge und Säure, wobei 1 cm = 1 cm gesetzt wurde. Die so gefundene Kurve wurde dann gegen eine Grundkurve verglichen; dabei wurde sowohl die Pufferzahl als auch die Pufferfläche bestimmt. Die Grundkurve wurde durch elektrometrische Titration des bei den Versuchen verwandten destillierten Wassers ermittelt. Es ergaben sich hierbei folgende PH Werte:

bei 10 ccm n/10 H ₂ SO ₄ in 20 ccm Flüssigkeit	1,54 PH
" 9 " " " " " "	1,55 "
" 8 " " " " " "	1,62 "
" 7 " " " " " "	1,66 "
" 6 " " " " " "	1,76 "
" 5 " " " " " "	1,81 "
" 4 " " " " " "	1,91 "
" 3 " " " " " "	2,02 "
" 2 " " " " " "	2,22 "
" 1 " " " " " "	2,65 "
" 0,75 " " " " " "	2,74 "
" 0,5 " " " " " "	2,92 "
" 0,25 " " " " " "	3,40 "
o/Zusatz	6,83 "
bei 0,25 cm NaOH	9,37 "
" 0,5 " " " " "	10,49 "
" 0,75 " " " " "	10,82 "
" 1 " " " " " "	11,04 "
" 2 " " " " " "	11,51 "
" 3 " " " " " "	11,67 "
" 4 " " " " " "	11,80 "
" 5 " " " " " "	12,01 "
" 6 " " " " " "	12,16 "
" 7 " " " " " "	12,23 "
" 8 " " " " " "	12,45 "
" 9 " " " " " "	12,66 "
" 10 " " " " " "	12,74 "

Diese Zahlen sind nach der oben genannten Formel berechnet. Ein Beispiel soll die Rechnung noch näher erläutern. Gemessen wurde bei destilliertem Wasser

ohne Zusatz 30 mm, Temperatur 18°, Spannung Normalelement - Akkumulator 488 mm.
In die Gleichungen eingesetzt ergab sich:

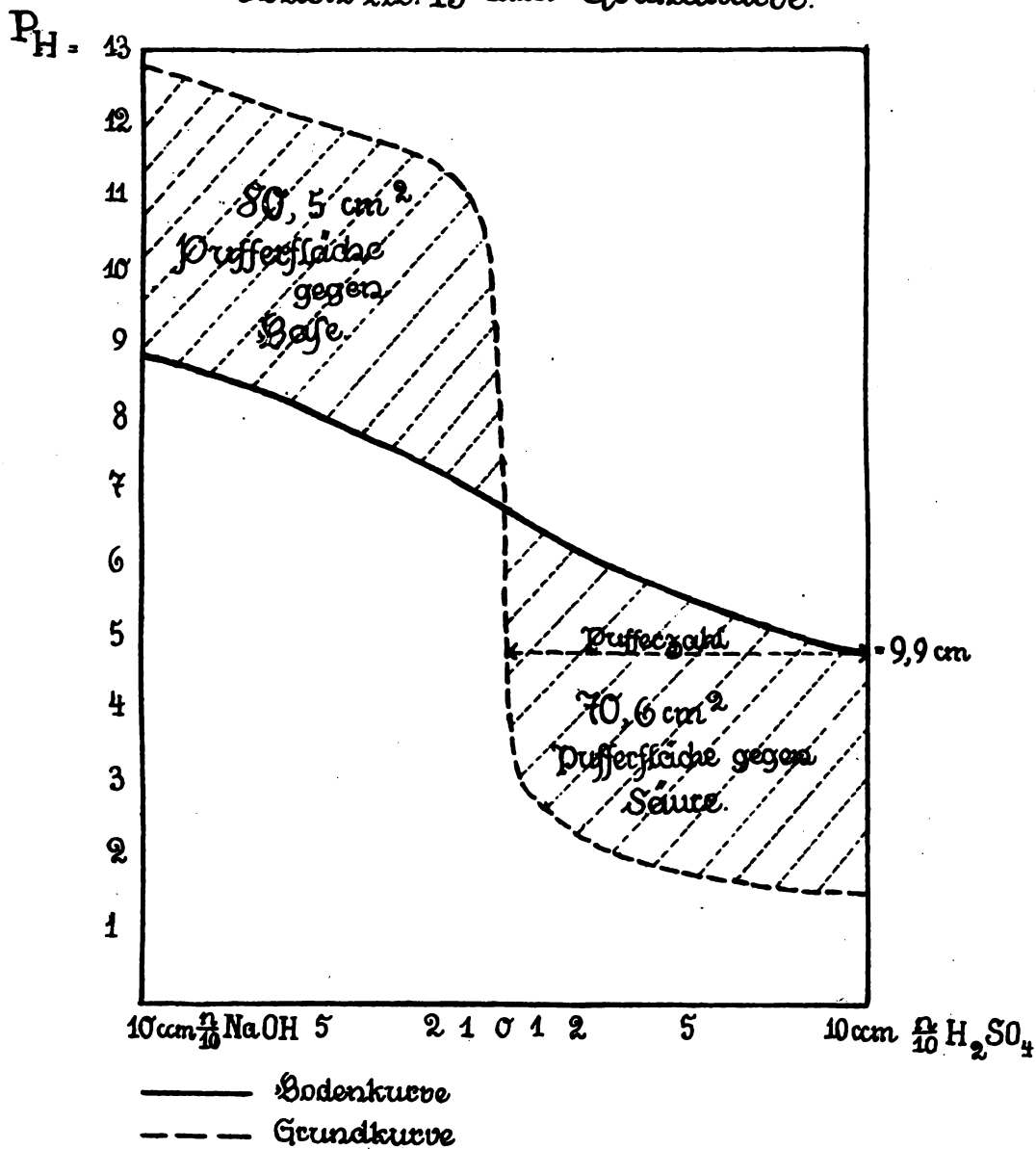
$$f = \frac{0,4568}{0,0577} = 7,918$$

$$T = \frac{30 \cdot 1,0184}{488} = 0,06259$$

$$PH = 7,918 - \frac{0,06259}{0,0577} = 6,83(3)$$

Die Fläche zwischen Bodenkurve und Grundkurve, die Pufferfläche wurde mit dem Planimeter sowohl für den sauren als auch für den alkalischen Kurvenast gemessen, nachdem die Grundkurve gegebenenfalls so verschoben war, dass sie die

Boden Nr. 15 und Grundkurve.



Bodenkurve im Nullpunkt schnitt. (Abb. 1) Ebenso wurde erst nach der Verschiebung die Pufferzahl festgestellt, indem durch den Endpunkt der Bodenkurve, der sich bei Zusatz von 10 ccm $n/10$ H_2SO_4 ergab, die Parallele zur Abszisse gezogen wurde; der Abstand des Schnittpunktes der Grundkurve mit der Parallelen vom Kurvenpunkt ergab die Pufferzahl in cm. In derselben Weise wurden nach der Ernte die Böden mit den verschiedenen Düngungen aus Senf- und Hafergefäßen getrennt untersucht, um den Einfluss von Vegetation und Düngung auf die Reaktion und die Pufferwirkung des Bodens zu ermitteln.

Bei der Durchführung der Vegetationsversuche in der oben beschriebenen Weise traten auch schon während des Wachstums Reaktionserscheinungen auf, die man am besten aus dem hier folgenden Vegetationsbericht ersieht.

Nr. 1 Quedlinburg, Ortberg. Aussaat: 27. April 26. Hafer und Senf gingen normal auf. Der Hafer wurde am 14. Mai, der Senf am 15. Mai verzogen. Als der Hafer am 24. Juni schosste, schienen die sauer gedüngten Gefäße besser zu stehen als die alkalisch gedüngten. Der Senf war am 8. Juni in voller Blüte und hatte am 22. Juni abgeblüht. Hier traten keine Unterschiede auf. Die Senfernte erfolgte am 2. Juli, die Haferernte am 2. August.

Nr. 2 Quedlinburg, Zuchtgarten I, Schlag II. Aussaat: 27. April 26. Hafer und Senf gingen normal auf. Der Hafer wurde am 4. Mai verzogen, der Senf am 15. Mai. Wachstumsunterschiede traten keine auf. Der Hafer schosste am 24. Juni, der Senf stand am 8. Juni in voller Blüte und hatte am 22. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juni geerntet, der Hafer am 2. August.

Nr. 3 Quedlinburg, Espen I. Aussaat: 27. April 26. Hafer und Senf gingen normal auf, der Hafer wurde am 14. Mai verzogen, der Senf am 15. Mai. Als der Hafer am 24. Juni schosste, standen die alkalisch gedüngten Gefäße schlechter. Beim Senf, der am 8. Juni in voller Blüte stand und am 22. Juni abgeblüht hatte, traten keine Unterschiede auf. Die Ernte erfolgte beim Senf am 2. Juli, beim Hafer am 2. August.

Nr. 4 Postehnen, Schlag C III. Aussaat: 27. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 14. Mai verzogen, der Senf am 15. Mai. Der Hafer, der am 24. Juni schosste, schien in saurer Düngung besser zu stehen als in alkalischer. Der Senf, bei dem keine Unterschiede zu bemerken waren, stand am 8. Juni in voller Blüte und hatte am 24. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 2. August geerntet.

Nr. 5 Postehnen, Schlag 6. Aussaat: 27. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 14. Mai verzogen, der Senf am 16. Mai. Der Hafer, der am 24. Juni schosste, reifte in saurer Düngung früher als in alkalischer. Auch trat in alkalischer Düngung starke Zwiwüchsigkeit auf. Der Senf, der am 8. Juni in voller Blüte stand, hatte am 24. Juni abgeblüht und schien in saurer Düngung besser zu stehen als in alkalischer. Die Ernte erfolgte beim Senf am 2. Juli, beim Hafer am 10. August.

Nr. 6 Postehnen, Ziegeleigarten. Aussaat: 27. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 15. Mai, der Senf am 16. Mai verzogen. Der Hafer, der am 24. Juni schosste, schien in saurer Düngung besser zu stehen. Der Senf wurde in saurer Düngung am 2. Juni gelbgrün. Er stand am 8. Juni in voller Blüte und hatte am 22. Juli abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli geerntet, der Hafer am 2. August.

Nr. 7 Weissensee. Aussaat: 28. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 15. Mai, der Senf am 16. Mai verzogen. Der Hafer, der am 24. Juni schosste, schien in saurer Düngung besser zu stehen. Der Senf stand am 8. Juni in voller Blüte und hatte am 22. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 2. August geerntet.

Nr. 8 Heinrichau, Schlag III. Aussaat: 28. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 16. Mai, der Senf am 17. Mai verzogen. Der Hafer schosste am 24. Juni. Der Senf schien zuerst in saurer Düngung besser zu stehen, später glich sich der Unterschied wieder aus. Der Senf blühte am 8. Juni und hatte am 22. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 2. August geerntet.

Nr. 9 Heinrichau, Schlag II. Aussaat: 28. April 26. Die Saat ging normal

auf. Der Hafer wurde am 16. Mai, der Senf am 17. Mai verzogen. Der Hafer wies am 5. Juni eine leichte Schädigung in alkalischer Düngung auf; er begann am 24. Juni zu schossen. Der Senf stand bei der Blüte am 8. Juni in saurer Düngung besser; er hatte am 22. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 2. August geerntet.

Nr. 10 Calvörde. Aussaat: 30. April 26. Der Hafer ging normal auf. Der Senf jedoch ging in den sauer Gefässen nur zögernd auf, in den alkalisch gedüngten Gefässen waren keine Hemmungen zu beobachten. Der Hafer wurde am 17. Mai, der Senf am 18. Mai verzogen. Der Hafer zeigte am 23. Mai in saurer Düngung gelbe Blattspitzen, die jedoch bald wieder verschwanden, sodass am 5. Juni nichts mehr zu bemerken war. Am 15. Juni schien der Hafer in saurer Düngung besser zu stehen. Er schosste am 24. Juni. Beim Senf waren am 30. Mai keine Unterschiede zu bemerken. Bei der Blüte am 8. Juni stand der Senf in saurer Düngung besser; er hatte am 22. Juni abgeblüht. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 10. August geerntet.

Nr. 11 Quanditten, Lehm. Aussaat: 12. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 24. Mai, der Senf am 26. Mai verzogen. Am 20. Juni stand der Hafer in saurer Düngung besser und schosste am 28. Juni, während der alkalisch gedüngte Hafer am 29. Juni schosste. Der Senf stand am 6. Juni in saurer Düngung schlechter; er war am 17. Juni in voller Blüte. Der Senf wurde am 16. Juli, der Hafer am 14. August geerntet.

Nr. 12 Quanditten. Lehmiger Sand. Aussaat: 10. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 24. Mai, der Senf am 26. Mai verzogen. Der Hafer zeigte keine Unterschiede, der sauer gedüngte Hafer schosste am 28. Juni, der alkalisch gedüngte am 30. Juni. Am 3. Juni stand der Senf in saurer Düngung schlechter; während der Blüte vom 17. - 29. Juni trat der Unterschied noch viel mehr hervor. Der Senf wurde am 16. Juli, der Hafer am 14. August geerntet.

Nr. 13. Quanditten. Sand. Aussaat: 10. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 24. Mai, der Senf am 26. Mai verzogen. Am 15. Juni stand der Hafer in saurer Düngung besser und schosste am 28. Juni, während er in alkalischer Düngung erst am 30. Juni zu schossen begann; auch zeigte er hier starke Zwiwüchsigkeit. Am 6. Juni stand der Senf in alkalischer Düngung besser. Am 24. Juni war der Unterschied sehr gross geworden. Der Senf wurde am 16. Juli, der Hafer am 14. August geerntet.

Nr. 14. Kutschlau. Aussaat: 12. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 24. Mai, der Senf am 26. Mai verzogen. Am 24. Juni stand der Hafer in saurer Düngung besser. Der Senf zeigte am 6. Juni in alkalischer Düngung eine hellgrüne Farbe. Der Senf wurde am 16. Juli, der Hafer am 14. August geerntet.

Nr. 15. Unrau. Aussaat: 22. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Am 7. Juni wurden Senf und Hafer verzogen. Der Hafer zeigte keine Wachstumsunterschiede. Am 15. Juni zeigte der Senf eine Schädigung in saurer Düngung. Der Senf wurde am 2. August, der Hafer am 19. August geerntet.

Nr. 16. Vierzighufen. Aussaat: 21. Juni 26. Der Hafer ging normal auf. Der Senf in den sauer gedüngten Gefässen ging zögernd und schlecht auf. Am 7. Juli wurden Senf und Hafer verzogen. Der Hafer schosste am 7. August und stand in alkalischer Düngung schlechter. Am 15. Juli zeigt der Senf in den sauer gedüngten Gefässen sehr starke Wachstumsschäden. Der Senf blühte am 7. August, Senf und Hafer wurden am 10. September geerntet.

Nr. 17. Wargenau. Schlag IX. Aussaat: 29. April 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 17. Mai, der Senf am 18. Mai verzogen. Unterschiede waren weder beim Hafer, noch beim Senf zu bemerken. Der Senf blühte vom 18. - 24. Juni, der Hafer schosste am 24. Juni und schien in saurer Düngung etwas besser zu stehen. Der Senf wurde am 2. Juli, der Hafer am 7. August geerntet.

Nr. 18. Wargenau. Katerdamm. Aussaat: 2. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 19. Mai, der Senf am 20. Mai verzogen. Am 20. Juni schien der Hafer in saurer Düngung am besten zu stehen. Am 28. Juni schosste der Hafer. Der Senf, der keine Unterschiede zeigte, blühte vom 8. - 24. Juni.

Der Senf wurde am 3. Juli, der Hafer am 7. August geerntet.

Nr. 19. Wargenau. Schlag III. Aussaat: 4. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 20. Mai, der Senf am 21. Mai verzogen. Der Hafer schien sauer gedüngt besser zu stehen, der Senf, der vom 10. - 26. Juni blühte, zeigte keine merkbaren Unterschiede. Der Senf wurde am 4. Juli, der Hafer am 10. August geerntet.

Nr. 20. Quanditten. Sandiger Lehm. Aussaat: 7. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 20. Mai, der Senf am 22. Mai verzogen. Am 20. Juni stand der Hafer sauer am besten und schosste hier am 28. Juni, während er in alkalischer Düngung erst am 4. Juli schosste. Auch reifte der sauer gedüngte Hafer viel früher. Bei dem alkalisch gedüngten Hafer trat durchweg starke Zwiwüchsigkeit ein. Der Senf zeigte zunächst in saurer Düngung ein besseres Wachstum, das aber bald nachliess, sodass bei der Blüte am 16. Juni keine Unterschiede mehr zu beobachten waren. Der Senf wurde am 13. Juli, der Hafer am 15. August geerntet.

Nr. 21. Bledau. Aussaat: 8. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Der Hafer wurde am 22. Mai, der Senf am 24. Mai verzogen. Am 24. Juni stand der Hafer sauer gedüngt am besten, auch reifte er hier früher. Bei dem alkalisch gedüngten Hafer trat leichte Zwiwüchsigkeit ein. Beim Senf, der am 16. Juni in voller Blüte stand, waren keine Unterschiede zu bemerken. Der Senf wurde am 13. Juli, der Hafer am 11. August geerntet.

Nr. 22. Bledau. Moor. Aussaat: 22. Mai 26. Die Saat ging normal auf. Am 2. Juni traten auf den sauer gedüngten Gefässen sowohl beim Senf, wie beim Hafer Wachstumshemmungen auf. Der Hafer wurde am 3. Juni, der Senf am 4. Juni verzogen. Die Wachstumsschädigungen beim sauer gedüngten Senf blieben sehr stark, während sie beim sauer gedüngten Hafer nicht so stark auftraten. Am 24. Juni schienen Wachstumshemmungen sowohl beim Hafer wie beim Senf, beim Hafer jedoch stärker, in den mit 10 g CaCO_3 gedüngten Gefässen aufzutreten. Der Senf wurde am 9. Juli, der Hafer am 19. August geerntet.

Die Ergebnisse der Vegetationsversuche mit den Böden Nr. 1 - 16 sind in Tabelle I (Seite 30 u. 31) zusammengestellt. Ihre Auswertung erfolgte in der oben angegebenen Weise und ist aus Tabelle II (Seite 32) zu ersehen. Die mit "indifferent" beurteilten Böden können in der Regel beliebig gedüngt werden; vielleicht könnte Boden 1, 5 und 6 eher eine saure Düngung als eine alkalische Düngung vertragen, während eine Kalkdüngung auf jeden Fall zu vermeiden ist. Von den mit "s." und "a." bezeichneten Böden, die für säureliebende Pflanzen sauer, und für alkalisch liebende Pflanzen alkalisch zu düngen sind, würde bei den Böden 12, 13 und 16 eine Kalkdüngung für alkalisch liebenden Pflanzen am Platze sein. Boden Nr. 15 verlangt neben alkalischer Düngung eine Kalkdüngung.

In Tabelle III (Seite 33) sind die Ergebnisse der Vegetationsversuche mit den Böden 17 - 22, die neben saurer und alkalischer Düngung auch noch mit steigenden Gaben Kalk gedüngt waren, angegeben. Boden 17, der im allgemeinen entsprechend der anzubauenden Pflanzenart zu düngen ist, könnte vielleicht auch mit "indifferent" bezeichnet werden, da der Senf keine Ertragsunterschiede ausserhalb der Fehler aufweist, und der Hafer erst bei der höchsten Kalkgabe eine Ertragsschädigung zeigt, die ausserhalb des vierfachen wahrscheinlichen Fehlers liegt. Boden 18 ist für säureliebende Pflanzen auf jeden Fall sauer zu düngen, während bei alkaliliebenden Pflanzen eine alkalische Düngung kaum Schaden anrichten würde. Für Boden 19, 20 und 21 ist eine der jeweils angebauten Pflanze entsprechende Düngung zu empfehlen. Die Ergebnisse der sauren Düngung bei Boden 22, der ein reiner Moorboden ist, sind vielleicht auf den Zustand, in dem der Boden angesetzt wurde, zurückzuführen; denn er wurde in sehr feuchtem Zustande verarbeitet. Hierfür spricht auch noch der Umstand, dass derselbe Boden nach sechswöchiger Lagerung im Freien, als er zu Ausstellungszwecken in derselben Weise jedoch ohne steigende Kalkgaben angesetzt wurde, keine Wachstumsschäden in saurer Düngung zeigte. Eine Ernte und zahlenmässige Auswertung dieser Versuche konnte leider nicht mehr erfolgen, da sie infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit nicht mehr reiften und auch aus demselben Grunde unter den verschiedensten Pflanzenkrankheiten zu leiden hatten. Es ist deshalb anzu-

Tabelle I.
Ernteergebnisse der Böden Nr. 1 - 16 in Trockensubstanz und gr.

Boden Nr.	Haferertrag						Senfertrag	
	saure Düngung			alkalische Düngung			Gesamt	
	Korn	Stroh	Gesamt	Korn	Stroh	Gesamt	saure Düngung	alkalische Düngung
1	46,4	45,3	91,7	44,1	43,4	87,5	40,0	38,4
	46,5	45,6	92,1	45,0	44,5	89,5	41,0	----
Mittel			91,9			88,5	40,5	38,4
2	42,4	43,9	86,3	43,3	45,0	88,3	47,0	45,6
	--	--	--	41,1	42,6	83,7	46,7	--
Mittel			86,3			86,0	46,85	46,6
3	41,6	45,0	86,6	33,4	36,3	69,7	41,3	37,5
	--	--	--	32,0	35,7	67,7	39,3	--
Mittel			86,6			68,7	40,3	37,5
4	46,5	50,5	97,0	22,2	59,0	81,2	51,3	48,2
	46,3	52,4	98,7	22,7	62,5	85,2	49,6	46,4
Mittel			97,85			83,2	50,45	47,3
5	38,3	47,7	86,0	17,4	62,1	79,5	49,6	46,6
	34,9	42,1	77,0	19,2	68,3	87,5	47,7	49,3
Mittel			81,5			83,5	48,65	47,95
6	55,4	57,5	112,5	52,3	54,2	106,5	61,2	62,9
	56,7	58,1	114,8	52,3	55,7	108,0	64,4	63,6
Mittel			113,65			107,25	62,8	63,25
7	56,7	62,3	119,0	52,5	60,1	112,6	64,3	63,9
	58,0	60,8	118,8	53,0	61,1	114,1	67,6	65,5
Mittel			118,9			113,35	65,95	64,7
8	54,2	57,2	111,4	53,3	56,7	110,0	---	48,0
	55,2	58,7	113,9	53,8	57,6	111,4	47,8	45,0
Mittel			112,65			110,7	47,8	46,5

Tabelle I.

(Fortsetzung)

Boden Nr.	Haferertrag					Düngung	Senfertrag	
	saure Düngung			alkalische			Gesamt	
	Korn	Stroh	Gesamt	Korn	Stroh		saure Düngung	alkalische Düngung
9	54,5	55,5	110,0	47,1	54,0	101,1	50,1	43,6
	53,0	56,5	109,5	48,6	52,4	101,0	49,0	42,5
Mittel			109,75			101,05	49,55	43,05
10	53,6	55,4	109,0	46,4	45,7	92,1	47,8	37,5
	54,3	56,1	110,1	47,9	45,4	93,3	44,8	35,9
Mittel			109,55			92,7	46,3	36,7
11	49,5	51,0	100,5	45,5	44,4	89,9	35,0	39,3
	49,6	49,0	98,6	46,1	43,3	89,4	36,6	40,7
Mittel			99,4			89,6	35,8	40,0
12	48,5	47,2	95,7	46,1	48,0	94,2	31,1	58,2
	48,8	45,6	94,4	44,0	45,4	89,4	29,7	58,1
Mittel			95,0			91,8	30,4	58,15
13	40,3	46,3	86,6	13,6	54,2	67,8	25,0	52,3
	39,5	48,2	87,7	12,2	49,5	61,7	26,9	54,6
Mittel			87,15			64,7	25,95	53,5
14	63,6	57,4	111,0	44,9	41,1	86,0	60,0	61,6
	63,0	58,0	111,0	44,9	42,7	87,6	62,0	63,1
Mittel			111,0			86,8	61,0	62,3
15	51,6	50,4	102,0	55,4	52,9	108,3	51,7	72,0
	57,2	49,5	106,7	56,1	56,3	112,4	53,7	71,5
Mittel			104,4			110,4	52,7	71,8
16	18,5	30,5	49,0	8,7	27,4	36,1	3,0	32,9
	21,5	30,5	52,0	11,0	28,8	39,8	2,3	29,1
Mittel			50,5			38,0	2,65	31,0

Tabelle II.

Der Einfluss der Bodenreaktion auf den Pflanzenertrag.

(s = sauer gedüngt, a = alkalisch gedüngt)

Boden Nr.	Haferertrag		Senfertrag		Reaktion PH	Pufferfläche gegen		Beurteilung
	s	a	s	a		Base	Säure	
1	91,9	88,5	40,5	38,4	8,31	33,8	107,5	indifferent eher sauer düngen
2	86,3	86,0	46,85	46,6	7,57	40,0	67,6	indifferent
3	86,0	68,7	40,3	37,5	8,14	40,3	95,0	sauer dü- ngen
4	97,85	83,2	50,45	47,3	7,17	37,3	38,7	sauer dü- ngen
5	81,5	83,5	48,65	47,95	6,40	47,3	43,3	indifferent eher sauer düngen
6	113,65	107,25	62,8	63,25	6,04	75,7	47,6	s. a.
7	118,90	113,35	65,95	64,7	6,31	57,0	50,9	sauer dü- ngen
8	112,65	110,7	47,8	46,5	7,20	38,6	41,1	indifferent eher sauer düngen
9	109,75	101,05	49,55	43,05	6,11	45,1	35,2	sauer dü- ngen
10	109,55	92,7	46,3	36,7	6,41	48,1	43,0	sauer dü- ngen
11	99,4	89,6	35,8	40,0	5,57	84,0	35,3	s. a.
12	95,0	91,8	30,4	58,15	5,44	71,3	32,4	s. a. (K?)
13	87,15	64,7	25,95	53,5	5,40	69,1	36,8	s.a. K ?
14	111,0	86,8	61,0	62,3	6,15	73,5	36,5	s. a.
15	104,4	110,4	52,7	71,8	6,58	80,5	70,6	alkalisch düngen K.
16	50,5	38,0	2,65	31,0	6,05	87,9	36,5	s. a. K.

Anm. "s. a." bedeutet, dass der Boden für säureliebende Pflanzen sauer, für alkalisch liebende Pflanzen alkalisch zu düngen ist.

"K." bedeutet, dass eine Kalkdüngung erforderlich ist.

Tabelle III.

Einfluß der Bodenreaktion auf den Pflanzenwuchs
(s = sauer, a = alkalisch geübt).

Sorten Nr.	Gäferuntersuche					Düngeruntersuche					Dünger H	Pflanzengröße		Sorten teilung
	s	a	a+1g	a+3g	a+10g	a	a	a+1g	a+3g	a+10g		Stärke	Stärke	
17	99,8 ± 0,94	94,0 ± 1,7	92,5 ± 2,2	91,1 ± 1,8	90,9 ± 0,7	94,8 ± 0,73	44,1 ± 0,55	43,7 ± 1,02	45,5 ± 0,71	45,4 ± 0,5	5,92	63,9	42,5	s. a.
18	144,5 ± 0,49	105,0 ± 0,88	100,3 ± 0,48	100,8 ± 0,48	100,6 ± 2,49	58,0 ± 0,38	58,8	55,7 ± 0,80	55,5	56,0	6,64	69,9	58,3	saure Sorten
19	141,2 ± 1,61	100,2 ± 0,59	98,5 ± 0,92	99,7 ± 1,40	94,9 ± 1,76	57,1 ± 0,66	62,3 ± 0,7	58,3 ± 1,1	56,4 ± 1,1	54,0 ± 1,60	7,08	48,9	53,3	s. a.
20	98,2 ± 0,33	84,0 ± 1,2	71,8 ± 1,67	76,8 ± 1,61	78,8 ± 0,88	37,3 ± 0,62	38,7 ± 0,92	38,4 ± 0,82	42,9 ± 0,66	43,5 ± 0,92	6,82	63,3	43,6	s. a.
21	101,8 ± 0,33	89,9 ± 1,04	91,0 ± 0,99	90,7 ± 1,40	92,5 ± 1,43	57,3 ± 0,49	54,7 ± 0,78	56,0 ± 0,60	56,2 ± 1,09	55,2 ± 0,87	5,45	87,7	38,8	s. a.
22	92,2 ± 2,03	106,8 ± 1,12	103,5 ± 2,56	101,9 ± 1,46	93,7 ± 1,13	1,7 ± 1,02	54,6 ± 0,78	57,3 ± 0,88	57,1 ± 0,66	54,1 ± 0,88	6,56	106,0	45,0	alk. Sorten von K

Anm. s. a. bedeutet, daß der Boden für säureliebende Pflanzen sauer, für alkalisch-
liebende Pflanzen alkalisch zu hängen ist. K bedeutet, daß ein kalter
Hängung vorzuziehen ist.

Tabelle IV.

Bestimmung der Pufferwirkung der Böden.

Nr. des Bodens	$\frac{m}{10}$ H_2SO_4 in 10 cm auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				20 cm aq. dest. auf 10 g Boden	$\frac{m}{10}$ $KaOH$ in 10 cm auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				pH	Pufferkapazität in g/cm gegen	
	10	5	2	1		1	2	5	10		Base	Säure
1 a ¹⁾	7,04	7,23	7,53	7,89	8,31	9,00	9,60	10,41	11,44	10,1	33,8	107,5
b	3,48	5,29	5,98	6,41	7,13	7,98	8,95	10,13	11,20	9,75	40,8	65,8
c	6,25	6,92	7,30	7,65	7,83	8,55	9,22	10,46	11,87	9,95	34,2	99,1
d	6,73	7,01	7,50	7,70	8,17	8,80	9,43	10,84	11,66	10,0	29,1	103,6
e	6,19	6,36	7,45	7,95	8,45	9,08	9,61	10,65	11,38	9,75	29,7	96,8
2 a	4,01	5,36	6,02	6,66	7,57	8,53	9,16	10,09	11,28	9,7	40,0	67,6
b	3,49	4,67	5,87	6,44	7,29	7,90	8,50	9,95	11,35	9,7	44,5	56,9
c	3,64	4,68	5,92	6,40	7,31	7,80	8,24	9,40	10,54	9,75	55,6	62,2
d	3,44	5,96	6,89	7,02	7,36	8,33	9,34	10,44	11,27	9,7	34,9	73,7
e	4,38	6,03	6,85	7,63	8,20	8,62	9,42	10,49	11,59	9,75	34,2	80,9
3 a	6,07	6,80	7,19	7,56	8,14	8,78	9,20	10,09	10,59	9,8	40,3	95,0
b	6,35	6,91	7,28	7,63	7,75	8,17	8,98	9,82	11,11	9,85	44,6	97,2
c	5,97	6,60	7,13	7,49	7,88	7,38	9,08	9,54	11,49	9,8	44,1	92,1
d	6,23	6,99	7,35	7,56	8,03	8,74	9,36	10,26	11,48	9,85	36,0	99,0
e	6,65	7,13	7,40	7,70	8,41	8,93	9,33	10,18	11,28	9,9	29,5	102,8
4 a	2,44	3,42	5,19	5,95	7,17	7,65	8,35	10,00	13,14	8,6	37,3	38,7
b	2,70	3,51	4,62	5,37	6,60	7,36	8,12	9,38	11,32	9,15	51,7	36,5
c	2,49	3,05	4,11	4,51	4,96	6,32	7,23	9,06	10,49	8,70	62,3	26,8
d	2,88	4,05	5,32	5,78	7,30	8,03	9,08	10,39	11,92	9,5	28,1	50,5
e	2,87	3,90	5,29	6,08	7,31	8,04	8,19	10,32	11,03	9,4	37,8	54,6
5 a	3,09	3,95	5,07	5,74	6,40	6,96	8,10	9,21	11,46	9,7	47,3	43,3
b	2,26	3,19	4,26	5,06	5,85	6,74	7,68	9,41	11,17	8,2	54,3	29,1
c	2,70	3,44	4,40	5,09	5,88	6,46	7,11	8,02	8,94	9,3	79,2	35,0
d	2,89	4,26	5,88	6,26	7,56	8,45	9,10	10,62	12,62	9,5	30,5	51,2
e	3,32	4,53	5,88	6,62	7,30	8,28	8,97	10,19	11,42	9,7	37,8	54,6
6 a	3,52	4,17	5,30	5,76	6,04	6,38	6,87	8,05	9,89	9,9	75,7	47,7
b	3,30	3,94	4,74	5,21	5,75	6,47	6,85	7,97	9,51	9,9	78,8	42,5
c	3,26	4,04	4,83	5,27	5,62	6,22	6,69	7,75	9,03	9,8	83,6	43,8
d	4,04	5,06	6,19	6,88	7,37	7,83	8,35	9,41	10,65	9,7	51,9	63,9
e	3,89	4,82	5,79	6,22	6,97	7,35	7,83	8,94	10,35	9,8	59,5	60,6
7 a	3,51	4,37	5,31	5,80	6,31	7,13	7,77	8,85	11,11	9,9	57,0	50,9
b	3,29	4,24	5,15	5,74	6,37	7,03	7,68	9,05	10,98	9,8	59,5	47,3
c	3,44	4,22	5,26	5,79	6,40	6,96	7,68	8,91	10,65	9,9	60,1	50,5
d	3,62	4,95	6,10	7,01	7,59	8,35	8,99	10,29	11,83	9,7	37,2	61,1
e	3,90	5,07	6,30	6,87	7,56	8,32	8,68	9,63	11,10	9,7	45,5	64,0

- 1) a PH Zahlen des Bodens vor der Vegetation
 b sauer gedüngt nach der Haferernte
 c nach der Senfernte
 d alkalisch gedüngt nach der Haferernte
 e nach der Senfernte.

Nr. des Boden	pH-Wert in 20 cm	in oben auf 10 g Boden				in oben auf 10 g Boden				pH-Wert in 20 cm	Pufferkapazität in g cm ² p.p.m.	
		10	5	2	1	10	5	2	1		Base	Acid
8 a	2,80	3,58	5,03	6,16	7,20	7,84	8,40	9,87	12,34	9,4	38,6	41,1
b	2,37	2,73	4,30	5,24	6,79	7,61	8,36	9,80	11,01	8,3	48,4	26,3
c	2,59	3,21	4,09	4,72	5,71	6,71	7,59	9,32	11,15	9,1	56,8	30,6
d	3,10	4,52	6,68	7,32	8,14	8,90	9,49	10,45	11,49	9,5	33,3	56,8
e	2,73	3,81	5,30	6,07	7,15	8,25	9,88	10,28	11,78	9,2	34,3	43,0
9 a	2,55	3,35	4,68	5,44	6,11	7,04	8,02	9,74	11,24	8,7	45,1	35,2
b	2,62	3,57	4,59	5,44	6,72	7,46	8,29	9,69	11,58	8,9	47,7	33,0
c	2,20	2,94	4,07	4,83	5,40	6,32	7,30	8,68	11,23	8,2	59,1	25,9
d	2,96	4,13	5,42	7,79	7,42	8,86	9,44	10,69	12,45	9,45	29,3	43,9
e	2,68	3,65	5,35	5,94	6,92	7,99	9,10	10,23	11,53	9,35	36,7	42,3
10a	3,02	3,87	5,14	5,25	6,41	7,47	8,32	9,42	11,85	9,6	48,1	43,0
b	2,36	3,08	4,19	4,87	5,82	6,85	7,66	9,33	11,83	8,5	54,3	27,6
c	2,41	3,17	3,62	4,53	5,38	6,06	6,74	8,85	10,35	8,6	66,2	27,3
d	2,55	3,95	5,48	6,38	7,70	8,97	9,23	10,80	12,88	8,6	24,8	44,3
e	2,87	3,92	5,08	5,94	7,15	8,21	9,11	10,29	11,86	9,5	34,7	44,7
11a	2,84	3,60	4,41	5,00	5,57	6,56	7,07	8,07	9,09	9,4	84,0	35,3
b	2,19	3,11	3,92	4,25	4,67	5,29	5,79	7,26	8,94	8,0	94,0	24,7
c	2,75	3,27	3,94	4,25	4,64	5,21	5,65	7,08	8,68	9,4	98,2	28,6
d	2,85	4,05	4,76	5,37	6,16	6,83	7,51	8,59	10,14	9,5	68,1	42,2
e	2,89	3,30	4,56	5,51	6,57	7,11	7,73	8,60	9,89	9,5	68,6	38,0
12a	2,70	3,28	4,11	4,75	5,44	6,27	7,00	8,31	10,55	9,4	71,3	32,4
b	2,36	2,71	3,44	3,93	4,60	5,08	6,04	7,73	9,81	8,85	86,8	20,8
c	2,49	2,96	3,54	3,90	4,51	5,07	5,67	7,93	9,51	8,95	88,2	23,3
d	2,38	3,40	4,52	5,24	6,46	7,24	8,11	9,30	11,22	8,7	54,8	40,6
e	2,80	3,60	4,89	5,38	6,60	7,40	7,99	9,22	10,68	9,4	57,1	38,6
13a	3,08	3,71	4,18	4,62	5,40	6,15	7,11	8,45	10,25	9,7	69,1	36,8
b	3,09	3,65	4,19	4,51	5,13	5,89	7,03	7,95	9,37	9,7	81,3	35,3
c	3,10	3,39	3,70	4,01	4,54	5,27	5,96	7,42	9,31	9,75	89,7	31,2
d	3,54	4,15	5,00	5,69	6,58	7,18	7,80	9,12	10,72	9,75	59,0	48,6
e	3,24	3,89	4,65	5,39	6,11	7,41	8,06	9,43	10,48	9,7	55,0	43,8
14a	1,90	3,78	4,87	5,44	6,15	6,89	7,33	8,54	9,29	7,00	73,5	36,5
b	2,28	2,75	4,05	4,89	5,88	6,45	7,63	9,91	11,81	8,1	55,3	27,8
c	2,05	2,60	3,28	4,09	4,78	5,88	7,05	9,28	10,31	7,4	68,8	17,5
d	2,68	3,80	5,75	6,38	7,45	8,41	9,57	11,42	12,46	9,1	22,2	45,3
e	2,89	4,09	5,02	6,13	7,76	8,26	8,72	9,77	10,80	9,2	47,4	46,3
15a	4,80	5,52	6,11	6,34	6,58	7,07	7,22	7,97	8,80	9,9	80,5	70,6
b	4,03	4,43	5,34	5,75	5,94	6,46	6,76	7,48	8,41	9,85	88,8	54,3
c	3,93	4,95	5,77	6,05	6,59	6,81	7,11	7,84	8,88	9,8	82,0	61,0
d	4,90	5,75	6,61	6,79	7,31	7,65	7,90	8,70	9,62	9,85	65,1	77,7
e	4,89	5,62	6,46	7,35	7,41	7,83	8,01	8,79	9,73	9,9	65,3	74,5
16a	3,05	3,61	4,18	5,00	6,05	6,46	6,72	7,54	9,09	9,6	87,9	36,5
b	2,73	3,31	4,01	4,26	4,59	5,35	6,18	7,41	9,32	9,4	90,9	30,1
c	2,64	3,14	3,85	4,17	4,64	5,38	6,07	7,31	9,07	9,15	92,8	28,2
d	3,00	3,95	4,74	5,55	6,26	7,04	7,72	8,72	10,11	9,6	67,0	43,5
e	2,90	3,65	4,53	5,16	6,37	7,39	7,80	8,80	9,74	9,55	66,3	39,4

Nr. der Boden	$\frac{m}{100}$ H_2SO_4 in 10 cm Boden auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				20 cm Boden auf 10 g Boden	$\frac{m}{100}$ CaO in 10 cm Boden auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				pH-Wert	Flüssigkeit in 100 g gegen	
	10	5	2	1		1	2	5	10		Base	Säure
17a	2,96	3,74	4,62	5,15	5,92	6,44	7,01	8,85	10,45	9,7	63,9	42,5
b	2,62	3,11	4,18	4,75	5,53	6,16	5,87	8,53	10,46	9,2	68,1	32,3
c	2,71	3,44	4,23	4,67	5,52	6,19	6,79	8,31	9,47	9,35	76,1	34,3
d	3,40	4,35	5,51	5,99	7,21	7,80	8,44	9,54	11,16	9,7	49,8	51,5
e	3,38	4,19	5,38	6,09	6,76	7,52	8,19	9,13	10,76	9,75	55,8	49,0
f	3,67	4,53	5,72	6,31	7,25	7,98	8,54	9,76	11,23	9,75	45,7	56,4
g	3,15	4,37	5,45	6,11	6,94	7,62	8,31	9,20	10,83	9,65	54,2	50,6
h	3,47	4,66	6,24	6,50	7,23	8,02	8,74	9,81	10,67	9,75	45,2	58,9
i	3,44	4,48	5,66	6,32	7,15	7,78	8,33	9,38	10,82	9,75	52,4	54,5
k	3,87	5,29	6,49	7,06	7,61	8,41	9,45	10,17	11,79	9,78	35,8	67,4
l	3,71	5,06	6,21	6,80	7,41	8,24	9,06	9,92	11,12	9,7	43,7	62,6
18a	3,82	4,69	5,83	6,16	6,64	7,11	7,65	8,42	9,72	9,8	69,2	58,3
b	3,58	4,36	5,42	5,82	6,55	6,96	7,44	8,31	9,13	9,8	72,7	51,8
c	3,21	3,82	4,65	5,10	5,56	6,05	6,68	7,63	8,72	9,8	85,8	42,0
d	3,96	4,83	6,07	6,57	7,34	7,74	8,29	9,20	10,30	9,8	55,1	60,5
e	3,41	4,59	5,96	6,02	7,07	7,56	7,96	8,81	10,15	9,7	60,9	56,4
f	3,68	4,80	6,02	6,55	7,34	7,71	8,21	9,10	10,41	9,8	55,1	60,5
g	3,48	4,60	6,28	6,73	7,45	7,92	8,48	9,09	10,62	9,65	56,5	58,0
h	3,74	4,67	5,62	6,57	7,37	7,84	8,19	9,26	10,56	9,8	54,1	62,7
i	3,65	4,85	6,25	6,86	7,40	7,95	8,49	9,25	10,49	9,7	53,3	61,1
k	4,22	5,66	6,86	7,19	7,61	7,95	8,36	9,52	10,56	9,8	51,8	73,8
l	4,26	5,38	6,68	6,93	7,50	8,03	8,53	5,45	10,54	9,75	51,8	71,4
19a	2,92	4,16	5,22	6,20	7,08	7,53	8,26	8,31	10,84	9,55	48,9	53,3
b	2,81	4,18	5,36	6,08	6,89	7,55	8,12	9,22	10,95	9,4	55,0	45,4
c	2,77	3,43	4,40	4,86	5,52	6,51	6,85	8,29	9,99	9,4	75,8	34,2
d	3,01	4,45	5,81	6,59	7,28	7,85	8,38	9,54	11,07	9,6	45,4	56,2
e	3,39	4,48	5,66	6,34	7,23	7,86	8,51	9,98	11,84	9,7	41,4	55,1
f	4,12	4,64	6,10	6,91	7,72	8,34	8,95	9,93	11,49	9,7	41,2	65,6
g	3,50	4,51	5,66	6,53	7,20	8,20	8,63	9,64	10,90	9,75	45,2	56,5
h	4,12	5,48	6,49	7,31	7,78	8,49	8,96	10,04	11,50	9,7	40,5	70,4
i	3,74	4,87	6,12	6,81	7,84	8,28	8,75	9,68	10,99	9,75	44,1	60,7
k	4,98	6,38	7,10	7,33	7,86	8,42	9,03	10,19	11,30	9,75	38,1	84,7
l	4,31	6,05	7,08	7,73	8,00	8,77	8,94	10,11	11,56	9,7	39,9	78,1
20a	2,98	4,00	4,91	5,37	6,52	7,45	7,93	8,80	9,91	9,55	63,3	43,6
b	2,87	2,95	4,09	4,55	5,48	6,02	7,00	8,68	9,80	9,75	71,5	29,6
c	2,94	3,50	4,27	4,62	5,21	5,82	6,37	7,72	9,57	9,7	84,5	35,0
d	3,43	4,15	5,26	5,83	6,48	7,94	8,45	9,37	10,68	8,45	52,2	48,2
e	3,36	4,13	5,07	5,82	6,71	7,64	8,17	9,01	10,40	9,75	57,6	49,7
f	3,36	4,28	5,56	6,05	6,90	7,95	8,65	9,36	11,09	9,75	49,9	51,7
g	3,95	4,45	5,72	6,46	7,38	7,87	8,81	9,51	10,67	9,70	54,0	54,4
h	3,45	4,38	5,66	6,13	7,21	8,07	8,59	9,60	11,22	9,8	46,0	53,5
i	4,20	4,73	6,00	6,64	7,59	8,04	8,46	9,46	10,88	9,7	51,1	59,5

) f PH Zahlen des Bodens alkalisch gedüngt +1 g $CaCO_3$ nach der Haferernte
g Senfernte
h +3 g $CaCO_3$ nach der Haferernte
i Senfernte
k +10 g $CaCO_3$ nach der Haferernte
l Senfernte

Nr. des Boden	$\frac{2}{10}$ H ₂ SO ₄ in 20 cm auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				20 cm aq. dest. auf 10 g Boden	$\frac{2}{10}$ ha OH in 20 cm auf 10 g Boden in 20 cm Flüssigkeit				$\frac{2}{10}$	Pufferkapazität in g cm gegen	
	10	5	2	1		1	2	5	10		Luft	Wasser
20k	3,87	5,29	6,49	7,06	7,61	8,41	9,45	10,17	11,79	9,78	35,8	67,4
l	3,71	5,06	6,21	6,80	7,41	8,24	9,06	9,92	11,12	9,7	43,7	62,6
21a	3,04	3,77	4,55	5,02	5,45	6,39	6,78	7,68	8,89	9,7	87,7	38,8
b	2,74	3,39	4,05	4,48	4,88	5,74	6,02	7,13	8,85	9,4	99,5	31,0
c	2,85	3,55	4,18	4,50	5,45	5,87	6,18	7,08	8,47	9,55	97,2	33,9
d	2,94	3,68	4,75	5,49	6,50	7,24	7,91	8,72	10,38	9,55	65,4	41,1
e	3,13	3,76	4,68	5,34	6,48	7,17	7,52	8,59	9,74	9,65	68,6	40,4
f	2,99	3,86	5,08	5,64	6,50	7,26	7,80	8,74	10,07	9,6	63,9	44,0
g	3,02	3,96	5,03	5,79	6,81	7,40	7,96	8,90	9,90	9,6	64,2	45,0
h	3,43	4,05	5,29	5,94	6,84	7,59	8,10	8,80	10,26	9,75	62,3	48,6
i	3,24	4,24	5,50	6,26	6,93	7,52	8,02	8,96	9,97	9,7	61,5	50,7
k	3,55	4,57	5,69	6,45	7,42	7,74	8,28	10,12	10,56	9,67	51,6	56,8
l	3,50	4,77	6,02	6,78	7,32	7,77	8,13	9,28	10,19	9,67	58,5	59,1

Moor (auf 5 mm Lochweite gesiebt)

Nr. des Boden	$\frac{2}{10}$ H ₂ SO ₄ in 40 cm auf 5 g Boden in 40 cm Flüssigkeit				40 cm aq. dest. auf 5 g Boden	$\frac{2}{10}$ ha OH in 40 cm auf 5 g Boden in 40 cm Flüssigkeit				$\frac{2}{10}$	Pufferkapazität in g cm gegen	
	20	10	4	2		2	4	10	20		Luft	Wasser
22a	3,52	4,17	4,91	5,31	5,56	5,81	5,95	6,45	7,79	9,5	106,0	45,0
b	2,94	4,03	4,21	4,28	4,58	4,89	5,17	6,27	6,84	9,63	115,2	37,0
c	3,65	4,16	4,66	4,95	5,25	5,69	5,82	6,33	7,24	9,9	110,1	45,8
d	3,55	4,21	4,84	5,15	5,57	5,79	6,26	6,88	7,63	9,77	100,2	48,2
e	4,17	4,47	5,13	5,38	5,71	6,04	6,47	6,77	7,56	9,82	101,3	53,2
f	4,29	4,91	5,26	5,60	5,84	6,20	6,49	7,04	7,73	9,8	98,2	57,1
g	4,19	4,67	5,25	5,40	5,77	6,19	6,59	6,95	7,43	9,82	99,4	54,6
h	4,84	5,36	5,57	5,89	6,15	6,44	6,68	7,58	8,45	9,84	92,6	64,3
i	4,36	4,97	5,40	5,75	6,96	6,25	6,67	7,01	7,63	9,86	97,8	62,2
k	4,43	5,46	6,05	6,25	6,47	6,54	6,74	7,23	8,31	9,87	91,3	69,5
l	4,35	4,99	5,66	5,80	6,08	6,69	6,97	7,35	8,12	9,86	89,0	63,5

Tabelle V.

Zusammenstellung der Pufferfläche der sauer gedüngten Senfgefäße mit der Ertragsschädigung in % des Ertrages der alkalisch gedüngten Gefäße und der Pufferfläche vor der Vegetation.

Boden Nr.	Pufferfläche nach der Vegetation gegen		Schädigung in %	Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Bemerkungen
	Base	Säure		Base	Säure	
11	94,0	24,7	9,6	84,0	35,3	} Ertragsschädigung ist aus dem alk. +10 g CaCO_3 gedüngten Boden berechnet.
12	86,8	20,8	47,8	71,3	32,4	
13	81,3	35,2	54,4	69,1	36,8	
15	88,8	54,3	26,2	80,5	70,6	
16	90,9	30,1	91,5	87,9	36,5	
20	84,5	35,0	15,0	63,3	43,6	
22	110,1	45,8	33,0	106,0	45,0	

Tabelle VI.

Zusammenstellung der Pufferfläche der alkalisch gedüngten Senfgefäße mit der Ertragsschädigung in % des Ertrages der sauer gedüngten Gefäße und der Pufferfläche vor der Vegetation.

Boden Nr.	Pufferfläche nach der Vegetation gegen		Schädigung in %	Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Bemerkungen
	Base	Säure		Base	Säure	
3	29,5	102,8	6,9	40,3	95,0	
4	37,8	54,6	6,3	37,3	38,7	
9	36,7	42,3	13,1	45,1	35,2	
10	34,7	44,7	20,6	48,1	43,0	

Tabelle VII.

Die Pufferflächen der Böden, bei denen keine Schädigung des Senfens eintrat.

Boden Nr.	Pufferfläche der sauer ged. Gefäße nach der Vegetation		Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Pufferfläche der alk. gedüngten Gefäße nach der Vegetation gegen		Bemerkungen.
	Base	Säure	Base	Säure	Base	Säure	
1	34,2	99,1	33,8	107,5	29,7	96,8	} Pufferfläche von alk. gedüngt +10 g CaCO_3
2	55,6	62,2	40,0	67,6	34,2	80,9	
5	79,2	35,0	47,3	43,3	37,8	54,6	
6	83,6	43,8	75,7	47,7	59,5	60,6	
7	60,1	50,5	57,0	50,9	45,5	64,0	
8	56,8	30,6	38,6	41,1	34,3	40,0	
17	76,1	34,3	63,9	42,5	43,7	62,6	
18	85,8	42,0	69,2	58,3	51,8	71,4	
19	75,8	34,2	48,9	53,3	39,9	78,1	
21	97,2	33,9	87,7	38,8	58,5	59,1	
14	68,1	17,5	73,5	76,5	47,4	46,3	

Tabelle VIII.

Zusammenstellung der Pufferfläche der alkalisch gedüngten Hafergefäße mit der Ertragsschädigung in % des Ertrages der sauer gedüngten Gefäße und der Pufferfläche vor der Vegetation.

Boden Nr.	Pufferfläche nach der Vegetation gegen		Schädigung in %	Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Bemerkungen
	Base	Säure		Base	Säure	
1	29,1	103,6	3,7	33,8	107,5	
3	36,0	99,0	17,8	40,3	95,0	
4	28,1	50,5	15,0	37,3	38,7	
6	51,9	63,9	5,6	75,7	47,7	
7	37,2	61,1	4,8	67,0	50,9	
9	29,3	43,9	8,0	45,1	35,2	
10	24,8	44,3	15,2	48,1	43,0	
11	68,1	42,2	10,0	84,0	35,3	
13	59,0	48,6	23,5	69,1	36,8	
14	22,2	45,3	21,8	73,5	36,5	
16	67,0	43,5	24,7	87,9	36,5	
17	35,8	67,4	2,4	63,9	42,5	
18	54,1	62,7	8,7	69,2	58,3	
19	38,1	84,7	2,7	48,9	53,3	
20	42,1	65,1	15,0	63,3	43,6	
21	51,6	56,8	2,6	87,7	38,8	
22	91,3	69,5	4,0	106,0	45,0	

Pufferfläche nach der Vegetation und Ertragsschädigung berechnet aus alkalisch gedüngt +10 g CaCO_3

Tabelle IX.

Zusammenstellung der Pufferfläche der sauer gedüngten Gefäße mit der Ertragsschädigung in % des Ertrages der alkalisch gedüngten Gefäße und der Pufferfläche vor der Vegetation.

Boden Nr.	Pufferfläche nach der Vegetation gegen		Schädigung in %	Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Bemerkungen
	Base	Säure		Base	Säure	
15	88,8	54,3	5,4	80,5	70,6	
22	115,2	37,0	2,0	106,0	45,0	

Tabelle X.

Die Pufferflächen der Böden, bei denen keine Schädigung des Hafers eintrat.

Boden Nr.	Pufferfläche der sauer gedüngten Gefäße nach der Vegetation gegen		Pufferfläche vor der Vegetation gegen		Pufferfläche der alkalisch gedüngten Gefäße nach der Vegetation gegen		Bemerkungen
	Base	Säure	Base	Säure	Base	Säure	
2	44,5	56,9	40,0	67,6	34,9	73,7	
5	54,3	29,1	47,3	43,3	30,5	51,2	
8	48,4	26,3	38,6	41,1	33,3	56,8	

nehmen, dass dieser Boden bei entsprechender Bearbeitung und Lüftung eine Kalkdüngung nicht nötig hat; während, wie das Versuchsergebnis zeigt, bei Unmöglichkeit einer derartigen Bearbeitung eine alkalische Düngung, ja gegebenenfalls eine Kalkdüngung, angebracht sein kann.

Die Kalkdüngung mit steigenden Gaben hat in keinem Falle eine ertragsteigernde Wirkung gehabt, die ausserhalb des vierfachen wahrscheinlichen Fehlers lag. Ertragsminderung von $106,8 \pm 1,12$ auf $93,7 \pm 1,13$ wirkte nur bei Moorböden Nr. 22 die Gabe von 10 g CaCO_3 auf den Haferertrag. Die sonst aufgetretenen geringen Ertragsminderungen lagen alle innerhalb der Versuchsfehler. Es kann also von den Böden 17 - 21 gesagt werden, dass sie gegen Base sehr gut gepuffert sind.

Von diesen Böden sind nun Boden 17 und 18 schon im Jahre 1925 von HILBIG¹⁾ auf ihre Reaktion hin im Gefässversuch geprüft. Die Untersuchung ergab folgende Erträge in den Gefässen:

	Boden 17		Boden 18	
	Hafer	Senf	Hafer	Senf.
sauer	93,7	18,7	73,5	47,1
alk.	85,9	62,2	85,1	59,5

Beide Böden waren also sauer und eine Kalkdüngung angebracht. Es wurde aber im laufenden Jahre beiden Böden keine Kalkdüngung gegeben, sondern sie wurden bei den hier vorliegenden Untersuchungen im Jahre 1926 noch einmal zur Sicherstellung der vorjährigen Ergebnisse im Reaktionsversuch mit steigenden Kalkgaben untersucht (Tabelle III). Dabei stellte sich nun heraus, dass die Böden nicht mehr sauer waren und selbst die höchste Kalkdüngung keine ertragssteigernde Wirkung hatte: Ja bei Boden 18 lieferte der sauer gedüngte Hafer sogar einen etwas höheren Ertrag als der alkalisch gedüngte. Die starke Veränderung der physiologisch-sauren Bodenreaktion nach der alkalischen Seite hin kann hier nur auf die Bodenbearbeitung und auf die Witterung zurückgeführt werden. Es ist dabei wahrscheinlich im Jahre 1925 die saure Bodenreaktion durch ungeeignete Bodenbearbeitung und nasse Witterung vor der Probeentnahme vorübergehend entstanden, um dann später wieder bei trockener Witterung und sorgfältiger Bodenbearbeitung zu verschwinden. Wenn auch diesen beiden Versuchen noch keine Beweiskraft zugesprochen werden kann, so deuten sie doch an, dass zur Veränderung einer schädlichen sauren Reaktion nicht immer eine Kalkdüngung erforderlich ist, sondern, dass eine sorgfältige Bodenbearbeitung ähnliche Dienste leisten kann.

In Tabelle IV (S. 34 - 37) sind die Ergebnisse der elektrometrischen Untersuchungen aller Böden zusammengestellt. Auch Pufferzahl und Pufferfläche ist daraus zu ersehen. Eine Beziehung der Pufferzahl zu Bodenreaktion und Pufferfläche ist hier nicht festzustellen. Ein Grund hierfür scheinen die sehr geringen Unterschiede der Pufferzahlen infolge des steilen Verlaufs der Grundkurve zu sein; auch vermindern sich die Pufferzahlen der Böden mit hohem P_H -Wert durch die Verschiebung der Grundkurve nach der sauren Seite, während sich die Pufferzahlen bei niedrigen P_H -Werten durch Verschiebung nach der entgegengesetzten Seite vergrössern.

Ein gewisser Zusammenhang zwischen Bodenreaktion und Pufferfläche gegen Säure ist wohl vorhanden, besonders innerhalb der Böden selbst bei verschiedener Düngung, jedoch kann man nicht vom P_H -Wert auf die Pufferfläche schliessen. Besonders nicht, wenn die Werte zwischen P_H 5 und 7,5 liegen. Liegt der P_H -Wert unterhalb von 5, so kann man mit einiger Sicherheit eine geringe Pufferfläche erwarten; steigt der P_H -Wert über 7,5 hinaus, so dürfte die Pufferfläche gegen Säure gross sein.

1) Hilbig, l.c. Tab. I.

Aus derselben Tabelle ist auch zu ersehen, wie sich die Bodenreaktion und die Pufferflächen unter dem Einfluss der verschiedenen Düngungen während der Vegetation verändert haben. Bei allen Böden ruft die saure Düngung eine Verminderung der Pufferfläche gegen Säure und Vergrösserung der Pufferflächen gegen Base hervor, während die alkalische Düngung im entgegengesetzten Sinne wirkt. Auch die steigenden Kalkgaben erhöhen die Pufferflächen gegen Säure und vermindern die Pufferfläche gegen Base. In der gleichen Weise vermindert und vergrössert sich die Wasserstoffionenkonzentration. Auf einen gleichmässig verschiedenen Einfluss von Senf oder Hafer auf diese Veränderungen kann auf Grund vorliegender Ergebnisse nicht geschlossen werden.

Auch die Höhe des Pflanzenertrages scheint auf den Reaktionszustand des Bodens keinen Einfluss auszuüben; während man doch eigentlich nach den Untersuchungen von KRULL ¹⁾ und von PRJANISCHNIKOW ²⁾ annehmen könnte, dass eine grössere Pflanzenmenge durch ihre grössere Wurzelmasse die Bodenreaktion in irgend einer Weise beeinflussen müsste. Bei Boden 12 und 13, auf dem in saurer Düngung der Senf einen erheblichen Ertragsrückgang zeigt, während der Hafer höhere Erträge als in alkalischer Düngung aufweist, ist ein feststellbarer Einfluss, weder der erheblich höheren Hafererträge, noch der geringen Senferträge vorhanden.

	Boden 12		Boden 13.	
	Hafer	Senf	Hafer	Senf
Ertrag	95,0 g	30,4 g	87,1 g	25,9 g
P _H	4,60	4,51	5,13	4,54
Pufferfläche gegen				
Base	86,8	88,2	81,3	89,7
Säure	20,8	23,3	35,3	31,2

Auch bei Boden 16, auf dem in saurer Düngung der Senf fast gar keinen Ertrag (2,65 g) und der Hafer etwa das 20-fache davon (50,5 g) brachte, kann von einem Einfluss dieser doch so sehr verschiedenen Pflanzenmasse auf die Bodenreaktion und die Pufferfläche keine Rede sein; denn nach der Ernte war der P_H-Wert beim Hafer 4,59; beim Senf 4,64 und die Pufferfläche gegen Base beim Hafer 90,9, beim Senf 92,8, gegen Säure beim Hafer 30,1, beim Senf 28,2. Die sehr geringen Unterschiede sind nur auf den Fehler der Untersuchung zurückzuführen. Ebenso wenig kann man beim Moorboden, der in saurer Düngung beim Hafer einen Ertrag von 92,2 g, beim Senf von 31,7 g brachte, einen Einfluss auf die Bodenreaktion (Hafer P_H 4,58, Senf P_H 4,25) und die Pufferung (gegen Base Hafer 115,2, Senf 110,1, gegen Säure Hafer 37,0, Senf 45,8) erkennen, der in dem gleichen Sinne gerichtet ist wie vielleicht die geringen Differenzen bei den oben genannten Böden. Bei alkalischer Düngung kann deshalb kein Einfluss der Pflanzenmasse festgestellt werden, weil bei keinem Boden derartig erhebliche Differenzen im Ertrage auftreten wie bei saurer Düngung. Es kann, wie schon oben gesagt, aus den vorliegenden Ergebnissen kein Einfluss der Pflanzenmasse auf den Reaktionszustand des Bodens festgestellt werden. Durchaus möglich ist es jedoch, dass die Pflanzen im Keimlingsstadium wie die oben erwähnten Untersuchungen von KRULL und PRJANISCHNIKOW, die Vegetationsbeobachtungen von HILBIG ³⁾ und ebenso die Vegetationsbeobachtungen bei den hier vorliegenden Versuchen zeigen, eine gewisse Pufferungsfähigkeit

1) Ch. Krull, Untersuchungen über die Reaktion von Keimlingen in Mez, Archiv VI, 1923.

2) Prjanischnikow, Das Ammoniak als Anfang- und Endprodukt des Stickstoffumsatzes in der Pflanze, Landw. Vers.Stat.Bd. 99 S. 267-286.

3) Hilbig, loc.cit. S. 398.

haben, denn die grössten Differenzen traten immer erst auf, wenn die Pflanzen älter waren.

Ob nun ein Zusammenhang zwischen Bodenreaktion, Pufferfläche und Pflanzenwachstum besteht, ist aus den Tabellen II und III (Seite 32 u. 33) und Tabelle V - X (S. 38 u. 39) zu ersehen. Die Tabellen zeigen, dass bei den vorliegenden Versuchen keine Übereinstimmung besteht! Für die Bodenreaktion geht das schon aus Tabelle II und III hervor, während hier das Verhältnis zwischen Pufferfläche und Ertrag noch nicht so klar zu übersehen ist. Deshalb ist in den Tabellen V und VI die Pufferfläche sowohl vor der Vegetation als auch nachher mit den Ertragserschädigungen von Senf in Prozenten des nicht geschädigten Ertrages zusammengestellt, und in Tabelle VII die Pufferflächen der Böden, bei denen keine Ertragserschädigungen beim Senf aufgetreten sind, mit ihren Veränderungen durch Düngung und Vegetation dargestellt.

Beim Vergleich der Pufferfläche gegen Säure ergibt sich, dass 8 Böden, die gegen saure Düngung empfindlich sind, 3 gegen alkalische Düngung empfindliche Böden und 6 Böden, die gegen beide Düngungen unempfindlich sind, eine Pufferfläche haben, die zwischen 30 und 45 cm² liegt. Auch bei den Pufferflächen gegen Base ergibt sich ein ähnliches Bild. Ebenso gibt ein Vergleich der Pufferflächen nach der Vegetation kein anderes Resultat.

Bei den Versuchen mit Hafer liegen die Verhältnisse wie Tabelle VIII - X zeigt, nicht anders. Es ist somit auf Grund der vorliegenden Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen Pufferfläche und Ernteertrag zu finden.

Bei einer Zusammenfassung des oben Gesagten scheinen sich aus den vorliegenden Untersuchungen folgende Schlussfolgerungen zu ergeben:

- 1) Zwischen Pufferfläche und Bodenreaktion (P_H Zahl) einerseits und Pufferzahl andererseits besteht kein Zusammenhang.
- 2) Aus dem P_H -Wert kann nur in extremen Fällen auf die Grösse der Pufferfläche geschlossen werden.
- 3) Vegetation und Düngung üben einen Einfluss auf Bodenreaktion und Pufferfläche aus derart, dass sich beide entsprechend der Düngung ändern.
- 4) Ein klarer Zusammenhang zwischen Bodenreaktion, Pufferfläche und Pflanzenwachstum ist auf Grund der vorliegenden Ergebnisse nicht feststellbar.

Solange aber diese im Laboratorium gefundenen Ergebnisse nicht mit den Ergebnissen der pflanzenphysiologischen Methoden übereinstimmen, erscheint es verfrüht, sie auf das freie Land zu übertragen. Ohne wiederholte Kontrolle durch Gefäss- und Feldversuche lässt sich die Kalkbedürftigkeit nicht einwandfrei feststellen.¹⁾ Es ist hier ebenso wie bei der Lösung anderer das Pflanzenwachstum betreffender Fragen letzten Endes immer nur die Pflanze, die uns eine einwandfreie Antwort geben kann und gibt.

ABSTRACT.

The result of the investigations in question lead to the following final observations:

1. *There is no connection between buffer-area and soil reaction (P_H -number) on one side and buffer-number on the other side.*
2. *Only in extreme cases one may conclude from the P_H -value on the size of the buffer-surface.*
3. *Soil-reaction and buffer-area vary according to vegetation and fertilisation.*
4. *A distinct connection between soil-reaction, buffer-area and growth of plants has not been determined.*

As long as the results found in the laboratory do not correspond with those of plant-physiological methods, it would be too early to transfer them into the open field. Without repeated control by pot- and field-trials it is not possible to prove the want of chalk with certainty. As it is mostly the case in all questions concerning the growth of plants a distinct answer can be given only by the plant itself.

1) J. Hudig, Verhandlungen der 2. Kommission der Internat. bodenkundl. Gesellsch. April 1926, p. 125.

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: 1927

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Oskierski Hans-Ulrich

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Bodenreaktion und Pflanzenwachstum 22-42](#)