

Untersuchungen über die Reaktionsempfindlichkeit von Keimlingen.

Von CHRISTIAN KRULL (Königsberg Pr.).

EINFÜHRUNG.

Seit langer Zeit sind die Einwirkungen freier Säuren und Basen und Salze auf Keimungsvorgänge und lebende Pflanzen Gegenstand zahlreicher, eingehender Untersuchungen gewesen. Fast ausschliesslich erstreckten sich dieselben auf die Erkenntnis physiologischer und chemischer Reaktionsvorgänge im pflanzlichen Organismus und auf deren Auswirkungen für das Pflanzenwachstum und benützten zur Prüfung derselben meist nur einige wenige, besonders geeignete Versuchspflanzen, welche teils mikroskopischer oder makroskopischer Untersuchung, teils chemischer Analysen unterworfen waren. Besonders die Untersuchungen von HANSTEEN, PRJANISCHNIKOW, HOAGLAND, ARRHENIUS, MITSCHERLICH, STIEHR, FITTING, KAPPEN, LEMMERMANN haben unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet wesentlich gefördert. Die Erfahrungen dieser Forscher für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, deren zweckmässiges Ansetzen auf die geeignetsten Böden und deren Wachstumsförderung mit den richtigen organischen wie anorganischen Düngemitteln, in möglichst rationellem Ausmass nutzbar zu machen, ist ein dringendes Erfordernis aller Fragen heutiger Landwirtschaft, hierfür die notwendigen Grundlagen zu schaffen, steht eine Untersuchung der Einwirkung von Säuren, Basen und Salzen auf unsere verschiedenen landwirtschaftlich angebauten Kulturpflanzen an der Spitze.

I. METHODIK DER VERSUCHSANSTELLUNG.

Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, zunächst an einigen Vertretern der Hauptgruppen Untersuchungen über ihre Reaktionsempfindlichkeit und deren Erscheinungen auf freie Säuren und Basen, die im Boden hauptsächlich Vertreter der Azidität und Alkalität sind, anzustellen und zugleich die Grenzen schädigender Wirkungen durch möglichst kleine Konzentrations-Unterschiede der Lösungen zu bestimmen. Der Methodik dieser Untersuchungen wegen, und weil ja die hauptsächlichsten Schädigungen durch physiologische Giftwirkungen in erster Linie die jungen Pflanzen treffen, durch deren mehr oder weniger grosse Reaktionsempfindlichkeit der Ertrag eines ganzen Feldes bestimmt sein kann, sind Hafer-, Roggen-, Gerste-, Weizen-, Erbsen-, Klee-, Senf- und Buchweizen-Keimlinge als Versuchsobjekte gewählt worden. Die Wachstumsmedien bildeten Lösungen von H_2SO_4 , HCl , $NaOH$, NH_4OH , deren Konzentrationen in Gewichtsprozenten berechnet sind. Die Ausgangskonzentration für weitere Verdünnungen mit destilliertem Wasser bildeten für Schwefelsäure eine $n/50 H_2SO_4$, für Salzsäure eine Standard-Lösung, die in 1000 ccm aq. dest. 0,9052 gr HCl enthielt, für Natronlauge eine $n/50 NaOH$, für Ammoniumhydroxyd eine Standard-Lösung, die in 1000 ccm aq. dest. 4,935 gr NH_4OH enthielt. Für den Versuch 17 - Hafer in $NaOH$ - wurden die ersten 5 Konzentrationen ausgehend von einer Standard-Lösung hergestellt, die in 1000 aq. dest. 4,08102 gr $NaOH$ enthielt.

Die Samen wurden in Petrischalen auf Fliesspapier in destilliertem Wasser bei einer durchschnittlichen Temperatur von $16^{\circ} C$. zum Keimen gebracht. Das Fliesspapier bedeckte nicht den ganzen Boden der Petrischalen, sondern liess einen etwa 3 cm breiten Ring am Rande der Schalen frei. Die Samen waren auf der Peripherie des Fliesspapier-Kreises so ausgelegt, dass sich die Wurzeln im destillierten Wasser entwickeln konnten, ohne mit dem Fliesspapier in Berührung zu kommen oder zu verwachsen. Dass letzteres verhindert wurde, war Vorbedingung zu einwandfreier mikroskopischer Untersuchung der Wurzeln und Wurzelhärchen. Verfasser wählte dies

Verfahren, da es bedeutend kürzere Zeit in Anspruch nahm als z.B. die Keimung im RODEWALDSchen Keimapparat, und weil vor allem die mit einem Medium-Wechsel ¹⁾ verbundene Beeinflussung der Wurzelhärchen bei der Überführung der Keimlinge aus der feuchten Luft des Thermostaten in eine wässrige Lösung vermieden werden sollte. Nach durchschnittlich 3 Tagen hatten die Keimlinge eine für die Versuche erwünschte Länge von Spross und Wurzeln erreicht. Sie wurden vor dem Ansetzen der Versuche auf Fliesspapier sorgfältig von destilliertem Wasser befreit, indem jeder Keimling nachdem er kurze Zeit auf dem Fliesspapier gelegen hatte, in der Richtung des Sprosses mehrere male vorsichtig über das Fliesspapier gezogen wurde, um jede Konzentrationsveränderung der Lösungen durch etwa anhaftendes Wasser zu vermeiden.

Dann wurden die Keimlinge, nachdem Spross und Wurzeln in cm gemessen waren, in die entsprechenden Lösungen übertragen, wobei darauf Gewicht zu legen ist, dass mindestens für jede Konzentration und für den ganzen Versuch möglichst gleichwertige, gesund entwickelte Keimlinge gewählt werden. Für jede Konzentration eines Versuches mit H_2SO_4 oder HCl , $NaOH$ oder NH_4OH wurden je ein Keimling in eine Petrischale zur mikroskopischen Untersuchung gelegt und je 2 Keimlinge in Reagenzgläser zur mikroskopischen Beobachtung des Wachstums eingeführt. Die Petrischale enthielt soviel von der betreffenden Lösung, dass alle Wurzeln von ihr bedeckt waren. Ein Korkstückchen hielt den Spross, damit er zunächst mit der Lösung nicht in Berührung kam. Die Petrischale wurde mit dem zugehörigen Glasdeckel, der jedoch einen luftdichten Verschluss nicht gewährleistete, zugedeckt. Die Befestigung des Keimlings im Reagenzglas geschah auf folgende Weise: Der Spross wurde von unten her durch ein in der Mitte durchlochstes, quadratisches, geleimtes Papierstückchen gesteckt, mit welchem das Reagenzglas, nachdem Korn und Wurzeln in die Lösung gebracht waren, bedeckt wurde. Das Papierblättchen wurde um den Rand des Reagenzglases herum gekniff und erzielte so einen sicheren Halt für den Keimling und einen dauerhaften Abschluss des Glases. Die Reagenzgläser enthielten durchschnittlich 30 ccm der Lösungen. Nachdem dann die Reagenzgläser mit schwarzem Papier bis an den Rand vom Licht abgeschlossen waren, wurden sie, um möglichst eine Konzentrationsänderung der Lösung zu verhindern, in Bechergläser unter Glasglocken gestellt, die ihrerseits wieder in grösseren mit Leitungswasser gefüllten Schalen standen. Täglich wurden die Glocken für kurze Zeit gelüftet, was besonders bei den NH_4OH -Lösungen wegen der Ammoniak-Bildung notwendig war. Die Zimmertemperatur während der 10-tägigen Wachstumszeit der Keimlinge in den Reagenzgläsern schwankte zwischen 16 und 20°. Die Glasglocken standen in einer Ecke zwischen 4 Eckfenstern, sodass alle Keimlinge die gleichen Lichtbedingungen hatten.

II. MIKRO- UND MAKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN.

Nach längeren mikroskopischen Voruntersuchungen der Keimlinge nach STIEHR in feuchten Kammern und nach HANSTEENS Methode im hängenden Tropfen entschloss sich Verfasser, da er das Verhalten der ganzen Wurzeln beobachten wollte, dazu, in der einfachsten und zweckmässigsten Weise die Wurzeln in ihrer Lösung selbst zu mikroskopieren, indem er die ganze Petrischale auf den Objektisch des Mikroskops setzte. 2 Stunden und 20 Stunden nach dem Ansetzen wurden die in der Petrischale befindlichen Keimlinge mikroskopiert, ferner nach 10-tägigem Wachstum. Nach 10 Tagen wurden auch die Wurzeln der in Reagenzgläsern gewachsenen Keimlinge mikroskopisch untersucht. Und während des ganzen Verlaufes eines Versuches wurden alle Keimlinge der makroskopischen Beobachtung unterzogen, schliesslich das Längenwachstum von Wurzeln und Spross gemessen. Über alle Beobachtungen wurden sogleich die entsprechenden Aufzeichnungen gemacht.

Im Verlaufe der Voruntersuchungen hatte sich folgender Gang der mikroskopischen Wurzel-Beobachtung ergeben, der als der zweckmässigste bei allen mikroskopischen Untersuchungen in ganz gleicher Weise durchgeführt wurde, um aus der grossen Zahl aller Beobachtungen ein möglichst scharf und klar umrissenes einheitli-

1) G. STIEHR, Über das Verhalten der Wurzelhärchen gegen Lösungen (Dissertation Kiel 1903), p. 27, 34 - 36.

ches Bild der Reaktionserscheinungen zu erhalten. Verfasser schaffte sich zuerst einen allgemeinen Überblick über die ganze Wurzel mit der 225-fachen Vergrößerung eines Mikroskops der Firma R. WINKEL -Göttingen, indem er die Wurzeln von der Wurzelspitze bis zum Korn verfolgte und hierbei der Länge nach, von der Wurzelspitze ab gerechnet, in 3 Drittel einteilte, wozu sich an besonders markanten Seitenwurzeln oder Umbiegungen genügende Merkpunkte finden lassen. Hierbei erhielt er zugleich eine Übersicht über die Anzahl und Verteilung der Wurzelhärchen und über die Konstitutionsverhältnisse und Durchsichtigkeit der Wurzeln in ihren drei Abschnitten und der Wurzelspitzen. Dann nahm er mit der 580-fachen Vergrößerung eine genaue Untersuchung der Wurzelhärchen vor.

Die Lösungen in den Reagenzgläsern wurden nach 10-tägigem Wachstum der Keimlinge Reaktionen mit Kongorot auf Säuregehalt und Reaktionen mit Phenolphthalein auf Base-Gehalt unterworfen. Nach Ablauf von 5 - 6 Stunden ergaben sich deutlich unterscheidbar in den Säure-Lösungen klare Abstufungen von blauschwarzer Färbung über blauviolett - rotviolett - rotbraun zu rot (Kongorot) und in den Basenlösungen klare Abstufungen von roter Färbung über dunkelrosa - rosa - schwach rosa - Spuren von rosa bis zur negativen Reaktion mit Phenolphthalein.

In den beigegeführten Tabellen über das Längenwachstum von Wurzel und Spross wurden die aus den einzelnen Messungen einer jeden Konzentrationsreihe eines Versuches gebildeten Mittel = 100 gesetzt und die Abweichungen vom Mittel nach oben und unten in Prozentzahlen ausgedrückt.

III A. VERSUCHE IN SCHWEFELSAURE.

Versuch 1. Hafer in H_2SO_4 (Tabelle 1), angesetzt am 3. XI. - 13. XI. - 14. XI. - 23. XI. 22. - Kontrollversuch am 25. III. 23.

Nr.	Konz. % H_2SO_4	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage
1	0,098	
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	blauviolett - Übergangsbeginn z. Neutralisierung
9	0,0039	
10	0,00245	rotviolett (10) - rotbraun (11). - Übergang zur
11	0,0019	Neutralisierung.
12	0,00048	
13	0,00024	
14	0,00014	negativ (Kongorot). - H_2SO_4 neutralisiert.
15	0,000095	
16	0,00004	

Nach 2 Stunden: In Konz. 1 - 3 hat stärkste Plasmolyse der Wurzelhärchen, besonders der jüngeren, stattgefunden. Die älteren Härchen haben vorwiegend Fixierung und Granulierung des Protoplasmas erfahren. 75% aller Härchen etwa sind geplatzt und haben grosse Teile des Plasmas hinausgeschleudert, zahlreiche Härchen sind deformiert¹⁾, ihre Spitzen sind keulenförmig aufgetrieben, die Härchen

1) STIEHR, l.c. p. 53/54, 86.

selbst sind stellenweise stark aufgeschwollen, umgeknickt und es entstehen Kniebildungen, wie sie auch STIEHR bereits beobachtet hat. Die Wurzelspitzen sind undurchsichtig.

In Konz. 4 - 6 ist die Plasmolyse weniger stark ausgeprägt, sie ist noch in der Ausbildung begriffen. Schlauchartig löst sich das Protoplasma von der Zellwand. Die jüngeren Härchen haben neben Fixierung und Granulierung des Plasmas vorwiegend Plasmolyse erlitten, die älteren in der Hauptsache Fixierung und Granulierung. Etwa 50% aller Wurzelhärchen sind geplatzt. Die Wurzelspitzen sind undurchsichtig. - In Konz. 7 - 11 ist immer mehr die Plasmolyse erst im Entstehen und in steigendem Masse durch Fixierung und Granulierung des Plasmas ersetzt. In Konz. 7 - 9 sind etwa 25% aller Härchen geplatzt, in Konz. 10 - 11 nur noch ein geringer Teil der jüngeren Härchen im ersten Drittel der Wurzel. - In Konz. 7 - 9 sind die Wurzelspitzen undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 halb durchsichtig. In Konz. 1 - 11 sind keine lebenden Wurzelhärchen mit Plasmaströmung beobachtet. In Konz. 12 - 16 werden die Plasmolyse-Erscheinungen in den Wurzelhärchen immer seltener und weichen mehr und mehr der Fixierung und Granulierung des Plasmas. Von Konz. 12 ab mit etwa 25% aller Härchen steigt die Zahl der noch lebenden Härchen mit Plasmaströmung nach Konz. 16 zu an, in gleichem Masse nimmt die Durchsichtigkeit der Wurzelspitzen zu, die in Konz. 14 - 16 ganz durchsichtig sind. Die Zahl der geplatzen Härchen im ersten Drittel der Wurzel wird immer geringer, in Konz. 15 - 16 sind keine mehr geplatzt.

Nach 20 Stunden. - In Konz. 1 - 3 entspricht alles unverändert den Beobachtungen nach 2 Stunden, in Konz. 4 - 11 sind die Plasmolyse-Erscheinungen durchweg stärker geworden, ebenso sind die Deformierungen der Wurzelhärchen stärker und haben sich auf eine grössere Anzahl von Härchen erstreckt. Ein Längenwachstum der Härchen oder ein Zuwachs neuer Härchen hat nicht stattgefunden. Die Zahl der geplatzen Härchen ist grösser als nach 2 Stunden, geplatze Härchen sind in allen Konzentrationen an allen Teilen der Wurzeln zu finden. Die Wurzelspitzen sind undurchsichtig. - In Konz. 12 - 16 ist in steigendem Masse ein geringes Längenwachstum der Wurzeln und der älteren Wurzelhärchen, auch ein Zuwachs neuer Härchen zu beobachten, die grösstenteils lebend sind mit frischer Körnchenströmung des Protoplasmas. Häufiger ist Fixierung und Granulierung bei ihnen zu finden, seltener Plasmolyse, geplatzt sind keine der neu gewachsenen Härchen. Sonst entspricht alles den Beobachtungen nach 2 Stunden.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 9 schwer geschädigt, bräunlich gefärbt, verfault und mit dem Korn einschliesslich von einer starken grünen Schimmelpilzbildung überzogen. Sie haben eine schleimige Konstitution und zeigen mikroskopisch eine gänzliche Auflösung der Zellwände, Zellwandfusion. Nach Konz. 9 zu werden diese Erscheinungen schwächer und hören mit Konz. 10 auf. Die Wurzeln sind dann fester und haben in Konz. 12 - 16 ein relativ normales, weisses, etwas glasiges Aussehen. Fast durchweg in allen Konzentrationen sind die Wurzelspitzen undurchsichtig, desgleichen die ganzen Wurzeln, welche in Konz. 1 - 10 opaleszierend bis schwach opaleszierend¹⁾ sind. Die Wurzelhärchen sind alle tot und weisen in allen Konzentrationen starke Plasmolyse, desgleichen starke Deformierungen auf. In steigendem Masse tritt in Konz. 10 - 16 Fixierung des Plasmas anstelle von Plasmolyse. Die Zahl der geplatzen Härchen ist die gleiche wie nach 2 Stunden. In Konz. 10 - 16 ist ansteigend eine Neubildung von Wurzelhärchen und ein Längenwachstum der älteren Härchen zu beobachten. In Konz. 16 sind Seitenwurzeln gebildet.

Der Spross in Konz. 1 - 3 sehr stark geschädigt, verkümmert, gelbbraun gefärbt, von Konz. 4 ab etwas weniger geschädigt mit langer, gelber, welker Spitze und zeigt erst in Konz. 6 - 9 den Ansatz des zweiten Blattes, das schlaff, mit gelblich grüner Färbung als halbfrisch zu bezeichnen ist, während das erste Blatt sich wie in Konz. 4 - 5 verhält. In Konz. 10 erhält der Spross im Ganzen ein kräftigeres Aussehen und ist von Konz. 11 ab als frisch, turgeszent, mit nor-

1) Im folgenden werden hierfür die Abkürzungen opal-, halbopal-, schwachopal gebraucht.

maler Färbung kräftig entwickelt anzusprechen. In Konz. 16 hat einer der beiden Keimlinge das 3. Blatt angesetzt.

Zum Vergleich wurden am 11. I. 23. zwei Keimlinge in destilliertem Wasser angesetzt. Die Wurzeln hatten nach 10 Tagen ein relativ normales Aussehen, weiße Farbe, geringes Längenwachstum ohne Bildung von Seitenwurzeln, schwaches Längenwachstum der Wurzelhärchen und Neubildung von Härchen, die aber alle tot waren. Plasmolytische Erscheinungen wurden ganz vereinzelt beobachtet, ebenso vereinzelt geplatze Härchen. Das Protoplasma war vorwiegend fixiert. Die Wurzelspitzen undurchsichtig. Der Spross war relativ normal entwickelt, hatte ein zweites Blatt gebildet und war im Vergleich zu den Keimlingen in Konz. 16 schwächer, farbloser entwickelt, auch nicht so frisch, turgeszent wie jene, wies auch geringeres Längenwachstum auf.

Als Kontrollversuch wurden am 25. III. 23. in gleicher Weise Keimlinge in den Konzentrationen 8 - 16 angesetzt, die einen völlig übereinstimmenden Befund mit dem ersten, vorstehend beschriebenen Versuch ergaben.

Die in der vorstehenden Tabelle angegebenen Reaktionen mit Kongorot sind in diesem Kontrollversuch angestellt; ebenso beziehen sich die in Tabelle 1 angeführten Messungen auf den Kontrollversuch. Die Messungen des Längenwachstums der Wurzel und des Sprosses waren im Anfang der Untersuchungen noch nicht so exakt, dass sie rechnerisch Verwendung finden konnten.

Versuch 2. - Roggen in H_2SO_4 . (Tabelle 2). - Angesetzt am 3. XI. - 13. XI. - 14. XI. - 20. XI. - 23. XI, 1922; Kontrollversuch am 27. III. 23.

Nr.	Konz. H_2SO_4	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage
1	0,098	
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	blauschwarz - Überschuss von H_2SO_4 .
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	
9	0,0039	blauviolett. - Übergangsbeginn zur Neutralisat.
10	0,00245	rotviolett (10) - rotbraun (11) - Übergang zur Neutralisierung
11	0,0019	
12	0,00048	negativ (Kongorot). - H_2SO_4 neutralisiert.
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Nach 2 Stunden. - In Konz. 1 - 3 entspricht alles den Beobachtungen bei Hafer in den gleichen Konzentrationen, nur sind in Konz. 2 - 3 bei Roggen die Wurzelspitzen nicht ganz undurchsichtig, und es finden sich noch einzelne Kalyptrazellen mit Plasmaströmung. In Konz. 4 - 13 wie bei Hafer in den gleichen Konzentrationen, nur sind bei Roggen weniger Wurzelhärchen geplatzt, als bei Hafer. In Konz. 14 - 16 finden sich in steigendem Masse lebende Wurzelhärchen mit frischer Plasmaströmung, die auch noch zu beobachten ist, wenn Teile des Plasmas bereits fixiert ist oder Plasmolyse auftritt.

Nach 20 Stunden. - Die Beobachtungen entsprechen denen bei Hafer nach 20 Stunden, nur scheint bei Roggen eine stärkere Neubildung von Wurzelhärchen zu erfolgen.

Nach 10 Tagen. - Makroskopisch wie mikroskopisch die gleichen Ergebnisse wie bei Hafer für die Wurzeln.

Der Spross, der die gleichen schweren Schädigungen wie bei Hafer aufweist, setzt bereits mit Konz. 3 das zweite Blatt an und ist von Konz. 6 ab als frisch, turgeszent, mit normaler Färbung zu bezeichnen, Das erste Blatt hat von Konz. 3 ab eine lange, welke, rotbraune Spitze, die nach Konz. 10 immer mehr zurücktritt und in Konz. 11 ganz verschwunden ist. In Konz. 11 - 16 ist der Spross gesund, kräftig entwickelt und setzt in Konz. 14 - 16 das dritte Blatt an.

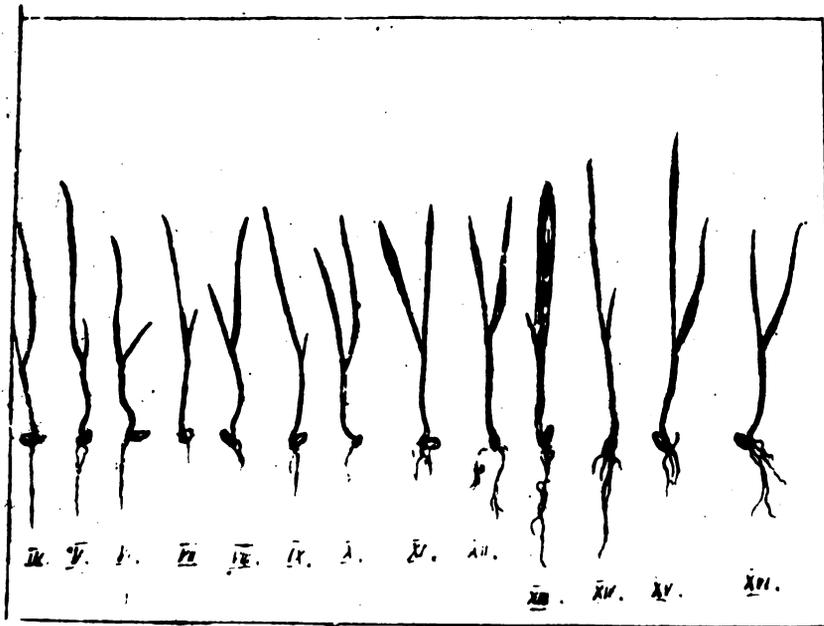


Fig. 1. Roggen in H₂SO₄.

Der am 8. XI. 22. ange-setzte Vergleichsversuch mit Roggenkeimlingen in destil-liertem Wasser entspricht ganz dem Befund bei Hafer in aq. dest. nach 10 Tagen.

Am 27. III. 23. wurde ein Kontrollversuch mit den Kon-zentrationen 4 - 16 angesetzt, der mit dem ersten Versuch völlig übereinstimmende Beob-achtungen ergab. Die Messun-gen des Längenwachstums von

Wurzel und Spross in Tabelle 2 beziehen sich aus dem gleichen Grunde wie beim Hafer auf den Kontrollversuch, desgleichen die in der vorstehenden Tabelle ange-ggebenen Reaktionen mit Kongorot.

Versuch 3. Gerste in H₂SO₄ (Tabelle 3). - Angesetzt am 6. I. - 8. I. - 11. I. 1923. - Kontrollversuch am 25. III. 23.

Nr.	Konzentr. H ₂ SO ₄ .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage
1	0,098	
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	blauviolett, Übergangsbeginn zur Neutralisierung
9	0,0039	
10	0,00245	dunkel rotbraun, Übergang zur Neutralisierung
11	0,0019	
12	0,00048	
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Nach 2 Stunden. - In gleicher Weise wie bei Hafer- und Roggenkeimlingen treten Plasmolyse neben Fixierung und Granulierung des Protoplasmas auf, ebenso finden sich zahlreiche geplatze und deformierte Wurzelhärchen. In allen Konzentrationen beschränken sich Fixierung und Granulierung auf die älteren Härchen, während die jüngeren im ersten Drittel der Wurzel vorwiegend Plasmolyse erleiden und häufig platzen. In Konz. 1 - 9 nimmt die Zahl der geplatzen Härchen fortwährend ab, in Konz. 10 - 16 sind keine mehr geplatzt. Von Konz. 12 mit etwa 10% aller Wurzelhärchen steigt die Zahl der lebenden Härchen in Konz. 12 - 16 fortlaufend an. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 10 undurchsichtig, ihre Trübung nimmt mit Konz. 11 ab, sie sind jedoch in keiner Konzentration ganz durchsichtig.

Nach 20 Stunden. - Die Beobachtungen entsprechen denen nach 2 Stunden, nur ist die Plasmolyse im Allgemeinen stärker geworden. Geplatze Wurzelhärchen sind auch in Konz. 10 - 16 zu finden. In Konz. 13 - 16 sind die Wurzelspitzen wie nach 2 Stunden fortlaufend schwächer getrübt, bis zur Halbdurchsichtigkeit in Konz. 16. Ein Längenwachstum der Wurzeln ist im Gegensatz zu Hafer und Roggen nicht festzustellen. In Konz. 16 hat eine geringe Neubildung von Wurzelhärchen stattgefunden.

Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 total verfault, verkümmert, bräunlich gefärbt, in Konz. 1 - 10 von schleimiger Konstitution (mikroskopisch betrachtet: Zellwandfusion!) und mit einer allmählig schwächer werdenden, grünlichen Schimmelpilzbildung überzogen, die in den stärksten Konzentrationen auch das Korn umgibt und sich an der Wurzel entlang allmählig auf die Wurzelspitze zurückzieht. Eine bräunliche Färbung und schwach schleimige Konstitution behalten die Wurzeln bis Konz. 15 bei u. sind erst in Konz. 16 als relativ normal entwickelt zu bezeichnen. Plasmolyse, Fixierung und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. Eine schwache Neubildung von Härchen hat in Konz. 11 - 16 in steigendem Masse stattgefunden, doch sind alle Härchen tot, meist plasmolysiert, erst in Konz. 14 - 16 überwiegen bei den neugebildeten Härchen Fixierung und Granulierung des Protoplasmas. Von den neugebildeten Härchen sind keine geplatzt, zahlreiche aber deformiert. In Konz. 1 - 13 sind Wurzeln und Wurzelspitzen undurchsichtig, opal, in Konz. 14 - 15 halbdurchsichtig, halbopal und in Konz. 16 halbdurchsichtig, bis durchsichtig, schwach opal.

Der Spross ist in Konz. 1 - 4 weit stärker geschädigt als bei Hafer und Roggen, ist total verkümmert, bräunlich, faul. In Konz. 5 tritt die schwerste Schädigung zurück, der Spross hat sich geringfügig entwickelt, eine gelbgrüne Färbung angenommen und setzt in Konz. 6 das zweite Blatt an, das welk ist, schwach entwickelt, gelblich grün mit langer gelber Spitze. Von Konz. 8 ab erhält das zweite Blatt ein halbfrisches Aussehen und verliert von Konz. 12 ab seine gelblichgrüne Färbung und die gelbe Spitze, wird blassgrün und hat in Konz. 13 - 16 ein normales, dunkel grünes, frisch turgeszentes Aussehen. Das erste Blatt ist in Konz. 1 - 11 welk, in Konz. 12 gelblichgrün, halbfrisch, in Konz. 13 - 16 frisch, turgeszent von grüner Färbung, verliert jedoch nicht seine gelbe Spitze.

Je 2 in aq. dest. am 6. I., 23 und 8. I., 23 angesetzte Gerstenkeimlinge ergaben nach 10 Tagen die gleichen Beobachtungen wie bei Hafer und Roggen in aq. dest.

Zur Anstellung der Reaktionen mit Kongorot wurde am 25. III. 23. ein Kontrollversuch in den Konz. 4 - 10 angesetzt. Nach dem Ansetzen wurde festgestellt, dass die Konzentrationen 4 - 7 falsche waren, was nach 10 Tagen auch die Reaktionen mit Kongorot anzeigten. Der Versuch wurde nicht mehr einmal wiederholt, und in der vorstehenden Tabelle finden sich nur die Angaben über die Reaktionen in Konz. 8 - 10.

Versuch 4. Weizen in H₂SO₄. (Tabelle 4). - Angesetzt am 2. XII. - 5. XII. - 8. XII. - Kontrollversuch am 23. III. 23. - Tabelle siehe Seite 341.

Nach 2 Stunden. - Schneller als bei Hafer, Roggen und Gerste sind die Wurzelspitzen undurchsichtig geworden und mit den Wurzeln in stärkerem Masse opal. Die Giftwirkungen der Schwefelsäure äussern sich in der gleichen Weise wie bei den vorigen Versuchspflanzen. In allen Konzentrationen sind zahlreiche Wurzelhärchen geplatzt. In Konz. 10 - 12 sind die Wurzelspitzen noch halb durchsichtig, nicht opal, in Konz. 13 - 16 durchsichtig. Ebenso sind die Wurzeln in Konz. 10 - 16

Nr.	Konz. % H ₂ SO ₄ .	Reaktion mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,098	blauschwarz - Überschuss von H ₂ SO ₄ . (Hierzu ein Keimling aus Konz. 6.)
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	blauviolett. - Übergangsbeginn zur Neutralisat.
7	0,0068	
8	0,0049	
9	0,0039	rotviolett - rotbraun. - Übergang zur Neutralisierung.
10	0,00245	
11	0,0019	
12	0,00048	negativ (Kongorot). - H ₂ SO ₄ neutralisiert.
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

nicht opal. In Konz. 12 ist die Plasmolyse stärker und die Zahl der geplatzen Härchen grösser als in Konz. 10 - 11 und in Konz. 13 - 16. In Konz. 11 - 16 leben 1. zunehmender Zahl Wurzelhärchen mit Körnchenströmung des Plasmas, zum Teil bei beginnender Plasmolyse und Fixierung des Plasmas.

Nach 20 Stunden. - In allen Konzentrationen ist die Plasmolyse stärker geworden, eine grössere Zahl von Härchen hat Deformationen erfahren. In Konz. 1 - 14 sind die Wurzeln und Wurzelspitzen durchweg undurchsichtig und allmählig schwächer werdend opal. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 15 halbdurchsichtig, in Konz. 16 fast durchsichtig bis auf eine getrübe Stelle am Vegetationspunkt, die Wurzeln sind in Konz. 15 - 16 schwach opal. Die Zahl der geplatzen Härchen ist die gleiche wie nach 2 Stunden. In Konz. 1 - 11 sind alle Härchen tot. In Konz. 12 - 16 leben in zunehmender Zahl wie nach 2 Stunden Härchen bei beginnender Plasmolyse und Fixierung des Plasmas, in Konz. 15 - 16 etwa 50% der älteren und der grösste Teil der neugebildeten Härchen im ersten Drittel der Wurzel. Eine Neubildung von Wurzelhärchen ist deutlich erkennbar in Konz. 15 - 16.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 9 total verfault, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und mit grünlicher Schimmelbildung überzogen. Sie behalten ihre schleimige Konstitution auch in Konz. 10 - 11 und sind in Konz. 12 - 16 relativ normal entwickelt.

Mikroskopisch betrachtet zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 11 Zellwandfusion, die Wurzelspitzen sind undurchsichtig, schwach opal., die Wurzeln ± halbdurchsichtig, schwach opal. Plasmolyse, Fixierung und Granulierung, Deformationen und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. In Konz. 11 - 16 ist in steigendem Masse ein Längenwachstum der älteren Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen zu beobachten. Von den neu gebildeten Härchen sind keine geplatzt. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot. In Konz. 12 - 16 nimmt die Durchsichtigkeit der Wurzelspitzen kontinuierlich zu und in Konz. 13 - 16 tritt die Plasmolyse der Härchen gegen Fixierung und Granulierung immer mehr zurück.

Der Spross ist in Konz. 1 - 4 sehr stark geschädigt, verkümmert, bräunlich gefärbt, in Konz. 1 total verfault. In Konz. 5 wird das zweite Blatt angesetzt, welk mit langer gelber Spitze, das allmählig bis in Konz. 9 gelblich-grün bis blassgrün, halbfrisch wird und in Konz. 10 - 16 ein immer kräftigeres, normales, frisch, turgeszentes Aussehen erhält und seine gelbe Spitze verliert. Das

erste Blatt ist in Konz. 5 - 9 welk, wird erst in Konz. 10 allmählig frischer, gelblichgrün - blassgrün, behält aber in allen Konzentrationen eine lange gelbe welke Spitze bei. In Konz. 15 - 16 wird das dritte Blatt gebildet.

Zwei am 8. XII. 22. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Keimlinge lieferten die gleichen Ergebnisse der makroskopischen und mikroskopischen Beobachtungen wie in aq. dest. angesetzte Hafer-, Roggen- und Gerste-Keimlinge.

Zur Anstellung der Reaktionen mit Kongorot wurde am 22. III. 23. ein Kontrollversuch in Konz. 1 - 16 angesetzt, dessen Beobachtungsergebnisse mit denen des ersten Versuches vollständig übereinstimmen. Die in Tabelle 4 angeführten Messungen des Längenwachstums von Wurzel und Spross beziehen sich auf den ersten Versuch.

Versuch 5. Erbsen in H₂SO₄. -(Tabelle 5). - Angesetzt am 5. XII. - 6. XII. - 8. XII. - 10. XII. 22. - Kontrollversuch am 23. III. 23.

Nr.	Konz. % H ₂ SO ₄ .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
5	0,0089	blauviolett - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	
9	0,0039	rotviolett - rotbraun. - Übergang zur Neutralisierung.
10	0,00245	
11	0,0019	negativ (Kongorot). - H ₂ SO ₄ neutralisiert.
12	0,00048	
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Bei diesem Versuch wurden keine mikroskopischen Beobachtungen nach 2 und 20 Stunden gemacht.

Nach 10 Tagen: In Konz. 5 - 10 sind die Wurzeln schwer geschädigt, total verfault, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und haben, mikroskopisch betrachtet, stärkste Zellwandfusion erlitten. Sie sind in Konz. 5 - 6 von grünlicher Schimmelpilz-Bildung überzogen. Hinter dem ersten Drittel hat die Wurzel eine starke Einschnürung in Konz. 5 - 10 erfahren. Die Wurzeln und Wurzelspitzen sind undurchsichtig, opal. Neue Wurzelhärchen sind nicht gebildet, die wenigen, die noch vorhanden sind, zeigen die stärksten Deformierungen, stärkste Plasmolyse, wenige ältere Fixierung und Granulierung des Protoplasmas, und zahlreiche sind geplatzt. In Konz. 9 - 16 hat in steigendem Masse die Bildung von Seitenwurzeln stattgefunden, die in Konz. 11 - 16 relativ normal entwickelt sind, während die Hauptwurzel in Konz. 11 noch Schädigungen aufweist, ganz schwache Zellwandfusion und schwach bräunliche Färbung. Die Hauptwurzeln sind in Konz. 12 relativ normal, in Konz. 13 - 16 gesund und kräftig entwickelt und von weisser Farbe. Eine nennenswerte Neubildung von Wurzelhärchen hat in Konz. 11 - 16 nicht stattgefunden. Die vorhandenen Härchen erlitten in Konz. 13 - 16 vorwiegend mehr Fixierung und Granulierung des Plasmas gegenüber Plasmolyse und die Zahl der geplatzen Härchen nimmt ab. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 11 - 16 undurchsichtig, desgleichen die ganzen Wurzeln, welche in Konz. 13 - 16 immer schwächer opal. sind.

Der Spross ist in Konz. 5 - 6 schwer geschädigt, welk, von gelblicher Färbung und in Konz. 7 - 16 halbfriech, in den letzten Konzentrationen normal entwickelt.

Am 8. XII. und 10. XII. 23. in aq. dest. angesetzte Erbsenkeimlinge ergaben

nach 10 Tagen die gleichen Beobachtungen wie bei den vorigen Versuchspflanzen.

Die in der Tabelle 5 angeführten Messungen des Längenwachstums von Wurzel u. Spross sind in dem am 23. III. 23. angesetzten Kontrollversuch ausgeführt.

Versuch 6. Klee in H_2SO_4 . (Tabelle 6). - Angesetzt am 19. III. - 23. II. - 25. II. - 28. II. 23.

Nr.	Konz. % H_2SO_4 .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,098	blauschwarz. - Überschuss von H_2SO_4 .
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	
9	0,0039	
10	0,00245	blauviolett. - Übergangsbeginn zur Neutralis.
11	0,0019	rötviolett - rotbraun. - Übergang zur Neutralisierung.
12	0,00048	negativ (Kongorot). - H_2SO_4 neutralisiert.
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 11 undurchsichtig, in Konz. 1 - 5 undurchsichtig und opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im ersten Drittel halbdurchsichtig, opal., im zweiten und letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 6 - 9 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten und letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 10 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, opal., in Konz. 11 im ersten und zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 12 - 16 immer schwächer getrübt, und nur in Konz. 12 - 13 ist noch eine schwache Opaleszenz zu bemerken. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 12 halbdurchsichtig und in Konz. 13 - 15 schwächer getrübt, in Konz. 16 durchsichtig. Nur ganz vereinzelte Härchen sind in Konz. 1 - 3 geplatzt, in grösserer Zahl in Konz. 4 - 10 bis zu 25% aller Härchen etwa. Dann nimmt die Zahl in Konz. 11 - 13 wieder ab, und in Konz. 14 - 16 sind keine Härchen geplatzt. In gleicher Weise treten Deformationen der Härchen auf, die sich jedoch wie die Plasmolyse auch in Konz. 14 - 16 zeigen. Fixierung und Granulierung des Plasmas treten gegenüber der Plasmolyse, die hier besonders stark ist, mehr in den Hintergrund. In Konz. 1 - 10 sind alle Wurzelhärchen tot, in Konz. 11 leben noch vereinzelte bei beginnender Plasmolyse und Fixierung des Plasmas mit ganz schwacher Plasmaströmung, in den folgenden Konzentrationen steigt ihre Zahl an bis auf etwa 10 - 25% der älteren Härchen, die in Konz. 16 mit schwacher Plasmaströmung leben.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 11 undurchsichtig, in Konz. 12 - 14 halbdurchsichtig bis undurchsichtig, in Konz. 15 halbdurchsichtig, in Konz. 16 halbdurchsichtig bis durchsichtig. Die Trübungen der Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 die gleichen wie nach 2 Stunden, in Konz. 5 - 15 sind die Wurzeln ganz undurchsichtig, in Konz. 16 im ersten und zweiten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig opal, im letzten Drittel undurchsichtig, opal. Die

Wurzeln sind in allen Konzentrationen ganz opal. Die Zahl der geplatzen Härchen ist die gleiche wie nach 2 Stunden, Plasmolyse und Deformierungen sind stärker geworden, häufiger und stärker auch Fixierung und Granulierung des Plasmas der Wurzelhärchen. Alle Härchen sind tot, nur in Konz. 16 leben ganz vereinzelt bei schwächster Plasmaströmung und beginnender Fixierung. Ein Längenwachstum der Wurzeln oder Wurzelhärchen oder Zuwachs neuer Härchen hat nicht stattgefunden.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 9 total verfault, bräunlich gefärbt, verkümmert, von schleimiger Konstitution und mit einer nach Konz. 9 zu schwächer werdenden Schimmelpilzbildung überzogen. Sie zeigen in Konz. 10 - 16 eine etwas normalere Entwicklung, behalten aber eine bräunliche Färbung, in Konz. 11 noch schwach schleimige Konstitution und in allen Konzentrationen eine Abschmürung des ersten Drittes der Wurzeln bei. In Konz. 15 sind schwache Seitenwurzeln gebildet, die keine Wurzelhärchen tragen.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 1 - 11 stärkste, allmählich schwächer werdende Zellwandfusion erlitten. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 - 7 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 8 - 9 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 10 - 16 undurchsichtig und in keiner Konzentration opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 3 - 9 im ersten Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halb durchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig (das letzte Drittel der Wurzeln ist in Konz. 3 - 5 schwach opal.). In Konz. 10 - 13 ist die Trübung der Wurzeln die gleiche wie in Konz. 1 - 2, desgl. in Konz. 14 - 16, wo das letzte Drittel der Wurzeln jedoch nicht mehr opal. ist. Die Zahl der geplatzen Härchen, Deformierungen, Plasmolyse und Fixierung des Plasmas sind die gleichen wie nach 20 Stunden. Ein geringes Längenwachstum der älteren Wurzelhärchen und ein schwacher Zuwachs neuer Härchen hat in Konz. 14 - 16 stattgefunden. In allen andern Konzentrationen sind nur noch wenige Wurzelhärchen vorhanden, sie sind alle tot. Die jüngeren Härchen haben vorwiegend Plasmolyse, die älteren vorwiegend Fixierung und Granulierung des Plasmas erfahren.

Der Spross ist in Konz. 1 total verfault und verkümmert, erhält schon in Konz. 2 ein relativ normales Aussehen, ist frisch und turgeszent und ist in Konz. 10 - 16 kräftig und gesund entwickelt.

Die Wurzeln der am 28. II. 23. in aq. dest. angesetzten 2 Keimlinge sind nach 10 Tagen infolge eines Versuchsfehlers vertrocknet, der Spross entspricht in seiner Entwicklung den vorher beschriebenen Versuchspflanzen.

Versuch 7. Senf in H₂SO₄. (Tabelle 7 - 7a). - Angesetzt am 6. I. - 8. I. - 15. I. 23. - Kontrollversuch am 19. III. 23.

Nr.	Konz. % H ₂ SO ₄ .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tag.
1	0,098	blauschwarz - Überschuss von H ₂ SO ₄ .
2	0,032	
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	blauviolett. - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
9	0,0039	rotviolett (9) - rotbraun (10 - 11). - Übergang zur Neutralisierung.
10	0,00245	
11	0,0019	

Nr.	Konz. H ₂ SO ₄ .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
12	0,00048	negativ (Kongorot). - H ₂ SO ₄ neutralisiert.
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Die Beobachtungen nach 2 und nach 20 Stunden wurden nur im Anschluss an den ersten Versuch (siehe Tabelle 7) gemacht, welcher mit den Konzentrationen 1 und 6 - 16 angesetzt war. Die Beobachtungen nach 10 Tagen ergänzen sich aus dem Kontrollversuch (siehe Tabelle 7a), welcher mit den Konzentrationen 1 - 11 angesetzt war und sich an den ersten Versuch anschliessend völlig übereinstimmende Resultate ergab.

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 und Konz. 6 - 12 undurchsichtig, opal., in Konz. 13 - 16 halbdurchsichtig, opal., in Konz. 15 - 16 halbdurchsichtig, schwach opal. Die Wurzelhärcchen sind in Konz. 1 und Konz. 6 - 11 alle tot; haben in Konz. 1 vorwiegend stärkste Plasmolyse erlitten, während in Konz. 6 - 11 die älteren Härcchen mehr Fixierung und Granulierung des Plasmas, die jüngeren Plasmolyse zeigen. In Konz. 1 sind nur vereinzelte Härcchen geplatzt, deren Zahl in Konz. 6 - 7 auf etwa 5 - 10% aller Härcchen ansteigt, dann in Konz. 8 - 11 sich wieder verringert bis auf einzelne Härcchen in Konz. 1. - In Konz. 12 - 14 sind keine Härcchen geplatzt, vereinzelte in Konz. 15 - 16. In Konz. 1 und Konz. 6 - 11 sind wenige Härcchen deformiert, alle Härcchen sind tot. In Konz. 12 leben vereinzelte Härcchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung. In Konz. 13 - 16 steigt die Zahl der lebenden Härcchen allmählig bis auf etwa 25 - 30% aller Härcchen an. - Nach 20 Stunden:

Die Beobachtungen in Konz. 1 und Konz. 6 - 11 entsprechen denen nach 2 Stunden, nur sind Plasmolyse und Deformierungen stärker geworden, letztere sind auch in Konz. 12 - 16 zu finden. Die Zahl der geplatzen Härcchen ist in Konz. 1 und Konz. 6 - 11 die gleiche wie nach 2 Stunden, neue Härcchen sind nicht gebildet. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 12 - 16 durchsichtig bis halbdurchsichtig, die Wurzeln sind gewachsen und haben neue Härcchen gebildet, die zum Teil mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Plasmolyse leben. Die Zahl der lebenden Härcchen steigt kontinuierlich nach Konz. 16 mit etwa 50% aller Härcchen an. Auch in Konz. 12 - 16 sind Plasmolyse und vereinzelte Deformierungen stärker geworden, die Zahl der geplatzen Härcchen ist die gleiche wie nach 2 Stunden.

Nach 10 Tagen. - In Konz. 1 - 9 sind die Wurzeln total verfault, verkümmert, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und mit starker Schimmelpilzbildung überzogen. In Konz. 10 - 11 werden diese Schädigungen bedeutend schwächer und sind in Konz. 12 - 16 nicht mehr zu finden, die Wurzeln zeigen jedoch noch deutlich die Giftwirkung der Säure an. In Konz. 15 - 16 sind Seitenwurzeln gebildet.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 1 - 11 Zellwandfusion erlitten. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 7 undurchsichtig, opal., in Konz. 8 - 9 halbdurchsichtig bis durchsichtig, schwach opal., in Konz. 10 - 11 undurchsichtig, opal., in Konz. 12 - 16 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 11 undurchsichtig, opal., in Konz. 12 undurchsichtig, in Konz. 13 - 16 im ersten und zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Plasmolyse und Deformierungen der Härcchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. In Konz. 10 - 16 ist in zunehmendem Masse eine Neubildung von Härcchen zu beobachten, die vorwiegend fixiert und granuliert sind. Die Härcchen sind in allen Konzentrationen tot. Von den neu gebildeten Härcchen sind keine geplatzt.

Der Spross ist in Konz. 1 - 3 stark geschädigt, bräunlich, welk, wird in Konz. 4 - 10 halbfriech, mit normalerer Färbung und ist in Konz. 11 - 16 frisch, turgeszent und kräftig entwickelt.

Zum Vergleich wurden am 6. I. 23. je ein Senfkeimling in aq. dest. und in

Leitungswasser angesetzt. Der Keimling in aq. dest. entsprach nach 10 Tagen ganz dem Befund bei den vorigen Versuchspflanzen, sein Zurückbleiben im Wachstum ist auf Beschädigung der Wurzel beim Ansetzen zurückzuführen. Im Gegensatz zu den in aq-dest. angesetzten Keimlingen ist der andere in Leitungswasser besonders stark, kräftig und normal entwickelt, die Wurzelspitze ist durchsichtig, eine starke Härchenbildung hat stattgefunden, zahlreiche Härchen sind lebend mit normaler Plasmaströmung; geplatzt sind keine.

Versuch 8. Buchweizen in H_2SO_4 . (Tabelle 8). - Angesetzt am 19. II. - 23. II.

Nr.	Konz. % H_2SO_4 .	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
2	0,032	blauschwarz - Überschuss von H_2SO_4 .
3	0,0245	
4	0,019	
5	0,0089	
6	0,0075	
7	0,0068	
8	0,0049	
9	0,0039	
10	0,00245	
11	0,0019	
12	0,00048	negativ (Kongorot). - H_2SO_4 neutralisiert.
13	0,00024	
14	0,00014	
15	0,000095	
16	0,00004	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 11 undurchsichtig, in Konz. 12 - 14 halbdurchsichtig und in Konz. 15 - 16 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 11 im ersten Drittel undurchsichtig, im zweiten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 7 - 9 allmählig mehr und mehr opal. werdend, in Konz. 10 - 13 ganz opal., in Konz. 14 - 16 nicht opal.. In Konz. 12 - 14 sind die Wurzeln nur noch schwach getrübt, in Konz. 15 - 16 durchsichtig. In Konz. 2 - 11 überwiegt Plasmolyse in den Wurzelhärcchen die Fixierung und Granulierung des Plasmas, sie wird in Konz. 12 - 14 schwächer und tritt gegen die Fixierung des Plasmas zurück. In Konz. 15 - 16 überwiegt Fixierung und Granulierung gegenüber meist schwacher Plasmolyse. Starke Deformationen finden sich in grosser Zahl, nehmen aber in den schwächeren Konzentrationen an Zahl und Intensität ab. In Konz. 2 - 11 ist eine geringe Anzahl Härchen geplatzt, in Konz. 12 - 16 keine. In Konz. 2 - 9 sind alle Härchen tot. In Konz. 10 - 12 finden sich vereinzelt lebende Härchen mit ganz schwacher Plasmaströmung u. beginnender Plasmolyse, in Konz. 13 - 16 steigt ihre Zahl bis zu 25 - 30% aller Härchen an. In Konz. 15 - 16 leben auch jüngere Härchen mit frischer, gesunder Plasmaströmung, während in den vorhergehenden Konzentrationen meist ältere Härchen lebten und die jüngeren plasmolysiert waren.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 12 undurchsichtig, opal., dergleichen die ganzen Wurzeln. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 13 halbdurchsichtig, in Konz. 14 - 15 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 16 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 13 - 15 im ersten Drittel durchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halboval. Plasmolyse und Deformierung der Härchen sind durchweg stärker und häufiger geworden, Fixierung und Granulierung des Plasmas beschränken sich mehr auf die älteren Härchen wie nach 2 Stunden. Die Zahl der geplatzen Härchen ist in

Konz. 10 - 11 die gleiche wie nach 2 Stunden, in Konz. 12 - 16 sind keine Härchen geplatzt. Eine schwache Neubildung von Wurzelhärchen hat in Konz. 13 - 16 stattgefunden. Plasmolyse und Fixierung des Plasmas erscheinen bei den neugebildeten Härchen in dem gleichen Verhältnis wie bei den älteren. Alle Wurzelhärchen sind tot.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 11 total verfault, verkümmert, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konsistenz und in Konz. 2 - 7 mit starker Schimmelpilzbildung überzogen. In Konz. 12 - 13 sind die Wurzeln noch deutlich geschädigt und wie in den vorhergehenden Konzentrationen hinter dem ersten Drittel abgeschnürt. In Konz. 14 - 16 haben die Wurzeln feste Konstitution, weiße Farbe und sind normal entwickelt. In Konz. 11 - 16 sind zunehmend zahlreiche und kräftige Seitenwurzeln gebildet.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 2 - 11 stärkste Zellwandfusion, die sich in Konz. 12 - 13 verliert. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 15 undurchsichtig, in Konz. 16 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 3 ganz undurchsichtig, opal., in Konz. 4 - 9 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 10 - 15 ganz undurchsichtig, in Konz. 16 wie in Konz. 4 - 9, aber nicht opal. Die Wurzelhärchen zeigen die Einwirkung der Säure in gleicher Weise wie nach 20 Stunden, soweit sie noch vorhanden sind. An den am schwersten geschädigten Wurzeln sind meist keine mehr zu beobachten. Die Seitenwurzeln sind in Konz. 11 - 15 halbdurchsichtig bis durchsichtig und in Konz. 16 ganz durchsichtig. Von Konz. 10 ab ist eine schwache Neubildung von Wurzelhärchen zu beobachten, die allmählig nach Konz. 16 hin stärker wird. Die älteren Wurzelhärchen sind alle tot, die neugebildeten haben vorwiegend Fixierung und Granulierung des Plasmas erlitten, in Konz. 16 leben etwa 10% der neugebildeten Härchen mit frischer Protoplasmaströmung, geplatzt sind keine von ihnen.

Der Spross ist in Konz. 2 - 4 sehr stark geschädigt, verfault, verkümmert, farblos oder braun gefärbt. Von Konz. 5 ab hat er ein gesünderes Ansehen, bekommt normalere grüne Färbung und ist von Konz. 10 ab frisch, turgeszent, kräftig und gesund entwickelt mit grüner Farbe.

Zwei am 23. II. 23. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Buchweizenkeimlinge haben sich nach 10 Tagen in entsprechender Weise entwickelt, wie die der vorigen Versuchspflanzen in aq. dest. Der Spross ist normal, doch nicht so kräftig wie in Konz. 15 - 16, die Wurzel, von relativ normaler, etwas schleimiger Konstitution, hat Seitenwurzeln und neue Wurzelhärchen gebildet, die alle tot, vorwiegend fixiert sind. Wenige Härchen nur sind geplatzt. Die Wurzelspitzen sind undurchsichtig, die Wurzeln selbst im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig und von der Mitte ab zum Korn opal.

III B. VERSUCHE IN SALZSÄURE.

Versuch 9. Hafer in HCL. (Tabelle 9). - Angesetzt am 25. II. - 27. II. - 1. III. - 4. III. 23.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,09052	blauschwarz - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	
7	0,00362	
8	0,00181	Violett-rotbraun. Überg. zur Neutralisierung.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
9	0,00045	negativ (Kongorot). - HCl neutralisiert
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 6 undurchsichtig, in Konz. 7 - 8 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 9 - 10 halbdurchsichtig, in Konz. 11 - 13 halbdurchsichtig bis durchsichtig. In Konz. 4 - 7 sind die Wurzelspitzen schwach opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 6 - 8 im ersten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 9 - 10 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., und im letzten Drittel undurchsichtig, opal. Von den Wurzelhärcchen sind in Konz. 1-2 etwa 25% geplatzt, in den folgenden Konzentrationen keine mehr. Ebenso haben zahlreiche Wurzelhärcchen in Konz. 1 - 2 Deformierungen erfahren, die in den folgenden Konzentrationen schwächer und seltener auftreten. In Konz. 1 - 10 ist das Plasma der jüngeren Wurzelhärcchen im ersten Drittel der Wurzeln stark plasmolysiert, während die älteren Härcchen im zweiten und letzten Drittel der Wurzeln vorwiegend Fixierung und Granulierung des Plasmas erlitten haben. In Konz. 11 - 13 treten Plasmolyse und Fixierung immer mehr zurück und die Härcchen zeigen keinerlei Schädigung des Plasmas. In Konz. 1 - 8 sind alle Härcchen tot, in Konz. 9 leben etwa 25 - 50% aller Härcchen bei beginnender Plasmolyse und Fixierung, in Konz. 10 etwa 50 - 70% aller Härcchen, die jüngeren mit gesunder Plasmaströmung, die älteren mit schwächerer Strömung zum Teil bei beginnender Fixierung des Plasmas. In Konz. 11 - 13 zeigen alle Härcchen gesunde Plasmaströmung.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 12 - 13 durchsichtig. In Konz. 4 - 8 sind die Wurzelspitzen schwach opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 7 - 8 im ersten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 9 - 10 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 getrübt wie nach 2 Stunden. Die Zahl der geplatzen Härcchen ist in Konz. 1 - 2 die gleiche wie nach 2 Stunden, in Konz. 3 sind vereinzelte Härcchen geplatzt, in den folgenden Konzentrationen keine mehr. Die Deformierungen der Härcchen, Plasmolyse und Fixierung und Granulierung des Plasmas sind in allen Konzentrationen zu finden. Die Plasmolyse ist bei den Härcchen, bei welchen sie schon nach 2 Stunden zu beobachten war, stärker, ausgeprägter geworden. In Konz. 1 - 8 sind alle Härcchen tot, in Konz. 9 - 10 leben alle Härcchen an der Wurzelspitze mit gesunder Plasmaströmung, die älteren nur noch zu etwa 25% mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Plasmolyse und Fixierung, desgl. in Konz. 11 - 13, nur beträgt dort die Zahl der lebenden älteren Härcchen etwa 50%. Ausserlich sind die Wurzeln in Konz. 1 - 3 gelblich gefärbt. In Konz. 9 - 13 ist geringer Längenzuwachs der Wurzeln zu beobachten.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln haben in Konz. 1 - 3 die schwersten Schädigungen erlitten, sind bräunlich gefärbt, verfault, verkümmert, von schleimiger Konstitution und von derselben grünlichen Schimmelpilzbildung überzogen wie die Wurzeln

in Schwefelsäure. In Konz. 4 - 7 werden diese Schädigungen schwächer, die Wurzeln sind in Konz. 8 als relativ normal zu bezeichnen. In Konz. 9 - 13 sind die Wurzeln normal und kräftig entwickelt, von fester, gesunder Konstitution und weisser Farbe.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 3 stärkste Zellwandfusion, die sich in Konz. 4 - 7 verliert. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 10 undurchsichtig und in Konz. 11 - 13 halbdurchsichtig bis durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 11 - 13 im ersten Drittel durchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Die Schädigungserscheinungen an den Wurzelhärcchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden, nur sind auch geplatze Härcchen bis in Konz. 10 zu finden, von Konz. 11 ab keine mehr. Eine Neubildung von Wurzelhärcchen findet in Konz. 8 - 13 in steigendem Masse statt, und die neuen Härcchen zeigen häufiger Fixierung und Granulierung des Plasmas als Plasmolyse. In Konz. 1 - 8 sind alle Wurzelhärcchen tot; in Konz. 9 - 13 steigt die Zahl der lebenden Härcchen fortlaufend an, in Konz. 11 - 13 leben sogar noch ältere Wurzelhärcchen.

Der Spross ist in Konz. 1 - 2 ganz verkümmert, welk, braun, ebenso in Konz. 3, nur von etwas hellerer, gelber Färbung. In Konz. 4 - 5 ist das erste Blatt welk, gelb, das zweite Blatt frisch, doch mit langer gelber welker Spitze, in Konz. 6 ist das erste Blatt halbwelk, von der Mitte an bis zur Spitze gelb gefärbt, das zweite Blatt frisch, turgeszent, aber blassgrün. In Konz. 7 - 8 ist das erste Blatt frisch, grün, mit langer gelber welker Spitze, das 2. Blatt frisch, turgeszent, grün; in Konz. 9 - 13 ist der Spross immer kräftiger entwickelt, gesunder mit dunklerer, grüner Blattfärbung, die Blätter sind frisch, turgeszent, behalten aber als Zeichen der Säureeinwirkung in allen Konzentrationen eine gelbe Spitze am zweiten Blatte.

Zwei am 4. III. 23. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Haferkeimlinge verhalten sich wie die in Versuch 1 beschriebenen.

Versuch 10. Roggen in HCl. (Tabelle 10). - Angesetzt am 25. II. - 27. II. - 1. III. 23.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongorot nach 10 Tagen.
1	0,09052	blauschwarz - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	blauviolett - rotviolett. - Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
7	0,00362	
8	0,00181	
9	0,00045	negativ. (Kongorot). - HCl neutralisiert.
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 undurchsichtig, opal., in Konz. 7 - 8 undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 9 halbdurchsichtig, in Konz. 10 - 13 halbdurchsichtig bis durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im ersten Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halb-

durchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 6 - 11 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal.; in Konz. 12 - 13 desgl., aber nicht opal. In Konz. 1 - 3 sind etwa 25% aller Härchen geplatzt, in Konz. 4 - 8 wird die Zahl der geplatzen Härchen immer geringer und in Konz. 9 - 13 sind nur ganz vereinzelt geplatzt. Stärkste Plasmolyse in den stärksten Konzentrationen tritt allmählig in den schwächeren Konzentrationen gegen Fixierung und Granulierung des Plasmas zurück. Deformierungen der Wurzelhärcchen, die in Konz. 1 - 6 sehr stark und zahlreich auftreten, nehmen mit Konz. 7 ab, sind aber in allen Konzentrationen zu finden. In Konz. 1 - 6 sind alle Härchen tot, in Konz. 7 - 8 leben etwa 10 - 25% der älteren Härchen, während die jüngeren plasmolysiert sind. In Konz. 9 leben etwa 75% aller Härchen, die Zahl der toten Härchen wird in den folgenden Konzentrationen fortlaufend geringer.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 3 undurchsichtig, in Konz. 4 - 8 undurchsichtig, opal., in Konz. 9 - 10 halbdurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 halbdurchsichtig, schwach opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 3 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 4 - 10 im ersten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im zweiten und letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal. Plasmolyse und Deformierungen der Härchen sind in allen Konzentrationen ausgeprägter und zahlreicher als nach 2 Stunden. Die Zahl der geplatzen Härchen ist die gleiche wie nach 2 Stunden. In Konz. 8 - 13 hat in zunehmendem Masse ein Längenwachstum der älteren Wurzelhärcchen und eine Bildung neuer Härchen stattgefunden. In Konz. 1 - 8 sind alle Härchen tot. Die Zahl der lebenden Härchen ist in Konz. 9 - 13 auf etwa 50% aller Härchen zurückgegangen.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 verfault, verkümmert, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und mit starker, nach Konz. 5 zu schwächer werdender Schimmelpilzbildung überzogen. In Konz. 6 - 8 sind die Wurzeln noch deutlich geschädigt, gelblich gefärbt, in Konz. 9 relativ normal, in Konz. 10 - 16 gesund und kräftig entwickelt von weisser Farbe.

Mikroskopisch haben die Wurzeln in Konz. 1 - 5 starke, allmählig schwächer werdende Zellwandfusion erlitten. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 3 undurchsichtig, halbopal., in Konz. 4 - 13 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 6 - 7 im ersten Drittel durchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 8 - 13 im 1. und 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Plasmolyse und Fixierung, Deformierungen und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 20 h. Eine Neubildung von Wurzelhärcchen hat in zunehmendem Masse in Konz. 6 - 13 stattgefunden. In Konz. 1 - 9 sind alle Wurzelhärcchen tot, in Konz. 10 - 13 leben etwa 10% der jüngeren, neu gebildeten Härchen im ersten Wurzel Drittel, während die andern mehr fixiert und granuliert als plasmolysiert sind.

Der Spross ist in Konz. 1 total verkümmert, welk, bräunlich, in Konz. 2 hat er das 2. Blatt angesetzt, das halbwelk, gelblich, während das erste ganz welk ist. In Konz. 3 - 6 ist das erste Blatt halbwelk mit langer, gelber Spitze, das 2. Blatt frisch, turgeszent, noch schwächlich mit bräunlicher Spitze. A l l e in in Konz. 7 ist das 3. Blatt gebildet, das 1. ist welk, gelb, das 2. und 3. frisch, turgeszent und kräftiger entwickelt als in den vorhergehenden Konzentrationen. In Konz. 8 ist das 1. Blatt halbwelk, gelblich, das 2. Blatt frisch, turgeszent, in Konz. 9 - 13 das erste Blatt frisch, turgeszent mit gelber Spitze, das zweite Blatt kräftig, gesund entwickelt, mit gesunder, grüner Farbe.

Zwei am 1. III. 23. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Roggenkeimlinge entsprechen denen in Versuch 3.

Versuch 12. Weizen in HCl. (Tabelle 12). - Angesetzt am 8. III. - 9. III. 23.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
2	0,0301	blauschwarz - Überschuss von HCl.
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	
7	0,00362	
8	0,00181	rotviolett - rotbraun. - Übergang zur Neutralisierung.
9	0,00045	negativ (Kongorot). - HCl neutralisiert.
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 12 - 13 fast durchsichtig, nur am Vegetationspunkt getrübt. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 7 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel halbdurchsichtig, halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 8 im ersten Drittel halbdurchsichtig bis durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbopal., in Konz. 9 - 10 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 11 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 12 - 13 im ersten Drittel fast undurchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, opal. Starke Plasmolyse der jüngeren Härchen, mehr Fixierung des Plasmas bei den älteren Härchen in Konz. 2 - 8. - In Konz. 9 - 13 tritt die Plasmolyse gegenüber Fixierung und Granulierung mehr in den Hintergrund. Stärkere Deformierungen in grösserer Zahl finden sich nur in Konz. 2 - 4, in Konz. 5 - 13 sind nur vereinzelte Härchen deformiert. In Konz. 2 - 4 sind nur wenige Härchen geplatzt, in Konz. 5 etwa 25 - 50% der jüngeren Härchen, in Konz. 5 - 7 etwa 25% der jüngeren, in Konz. 8 etwa 10%, in Konz. 9 - 13 sind keine Härchen geplatzt. In Konz. 2 - 7 sind alle Härchen tot, in Konz. 8 leben etwa 10% der älteren Härchen, in Konz. 9 - 10 desgleichen und einige jüngere mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Plasmolyse und Fixierung, in Konz. 11 - 13 leben etwa 50 - 75% aller Härchen mit gesunder Plasmaströmung.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 10 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 12 halbdurchsichtig, in Konz. 11 und Konz. 13 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 7 wie nach 2 Stunden getrübt, in Konz. 8 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 9 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, halbopal., in Konz. 12 - 13 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal. Plasmolyse und Fixierung der Härchen sind, in den gleichen Verhältnissen zueinander wie nach 2 Stunden, stärker und zahlreicher geworden. Zahlreiche starke Deformierungen der Härchen sind in Konz. 2 - 10 zu finden, weniger zahlreich in Konz. 11 - 13. In

Konz. 2 - 3 sind etwa 10 - 25% aller Härchen geplatzt, in Konz. 4 etwa 25 - 50% aller Härchen, in Konz. 5 - 7 wie nach 2 Stunden, in Konz. 8 etwa 75% der jüngeren Härchen, in Konz. 9 etwa 50% der jüngeren, in Konz. 10 etwa 25 - 50% der jüngeren, in Konz. 11 - 12 etwa 10% der jüngeren Härchen. In Konz. 13 sind keine Wurzelhärchen geplatzt. In Konz. 2 - 9 sind alle Wurzelhärchen tot, in Konz. 10 leben etwa 10% der älteren Härchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung des Plasmas und einige jüngere Härchen, in Konz. 11 - 13 leben etwa 50 - 75% aller Härchen mit frischer, gesunder Plasmaströmung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 6 faul, verkümmert, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und mit grünlicher, starker Schimmelbildung überzogen. In Konz. 7 - 8 sind die Wurzeln von hellerer Farbe, relativ normal, aber noch etwas verschleimt, in Konz. 9 - 13 gesund und normal entwickelt, in Konz. 12 - 13 schwächer als in Konz. 10 - 11.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 2 - 6 Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 13 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 7 und in Konz. 9 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 und Konz. 10 - 13 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Plasmolyse, Fixierung und Granulierung, Deformationen und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 10 Stunden. In Konz. 8 - 13 sind neue Wurzelhärchen gebildet, die vorwiegend fixiert, zum Teil auch deformiert sind. In Konz. 2 - 9 sind alle Wurzelhärchen tot, in Konz. 10 - 11 leben etwa 50% aller Härchen bei beginnender Fixierung des Plasmas, besonders die jüngeren, in Konz. 12 sind alle Härchen tot, in Konz. 13 leben etwa 25% aller Härchen. Eine Bildung von Seitenwurzeln hat nicht stattgefunden.

Der Spross ist in Konz. 2 - 3 ganz verkümmert, welk, gelblich gefärbt und setzt erst in Konz. 3 ein ganz schwaches erstes Blatt an. In Konz. 4 - 5 ist d. erste Blatt halbfriech, gelblichgrün, das 2. frisch, blassgrün, in Konz. 6 - 7 ist das 2. Blatt frisch, turgeszent, das 1. Blatt blassgrün mit gelblicher Spitze, beide Blätter sind kräftiger und breiter als in den vorhergehenden Konzentrationen. In Konz. 8 - 13 ist das 1. Blatt frisch, gelbgrün, das 2. Blatt frisch, turgeszent, von gesunder grüner Farbe. Am kräftigsten und gesunden ist der Spross in Konz. 8 - 9 entwickelt und wird in Konz. 10 - 13 wieder schwächer. In Konz. 12 ist das 3. Blatt gebildet.

Versuch 13. Erbsen in HCl. (Tabelle 13). - Angesetzt am 14. III. 23.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongerot am 10. Tage.
1	0,09052	blauschwarz. - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	blauviolett - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
7	0,00362	
8	0,00181	rotviolett - rotbraun. - Übergang zur Neutralisierung.
9	0,00045	
10	0,00022	negativ (Kongerot). - HCl neutralisiert.
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 6 undurchsichtig, in Konz. 7 - 8 undurchsichtig, opal., in Konz. 9 - 10 undurchsichtig bis auf die äußerste Spitze, die noch halbdurchsichtig ist, und halbopal., in Konz. 11 - 13 desgl., aber nicht opal.; Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 halbdurchsichtig bis undurchsichtig, halbopal., in Konz. 7 - 10 undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 halb- bis undurchsichtig. Starke Plasmolyse der Wurzelhäuschen findet sich vorwiegend in Konz. 1 - 9, daneben Fixierung der älteren Häuschen, in Konz. 10 - 13 überwiegen Fixierung und Granulierung. Deformierungen der Wurzelhäuschen haben in allen Konzentrationen stattgefunden. In Konz. 1 - 5 sind nur wenige Häuschen geplatzt, in Konz. 6 - 13 keine. In Konz. 1 - 9 sind alle Häuschen tot, in Konz. 10 - 13 leben 50% aller Häuschen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung des Plasmas.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 4 undurchsichtig, opal., in Konz. 5 - 6 undurchsichtig, halbopal., in Konz. 7 - 8 undurchsichtig, opal., in Konz. 9 undurchsichtig, halbopal., in Konz. 10 - 13 halbdurchsichtig, halbopal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 im ersten Drittel halb- bis undurchsichtig, im 2. Drittel undurchsichtig, halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 3 - 8 ganz undurchsichtig, opal., in Konz. 9 ganz undurchsichtig, halbopal., in Konz. 10 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel d u r c h s i c h t i g, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 13 ganz undurchsichtig, halbopal. bis opal. - Plasmolyse, Fixierung und Deformierungen der Häuschen sind in gleicher Weise wie bei den vorigen Versuchen stärker geworden. Die Zahl der geplatzen Häuschen hat zugenommen, in a l l e n Konzentrationen sind geplatze Häuschen zu finden. In Konz. 10 - 13 hat eine Neubildung von Häuschen stattgefunden. Die Zahl der lebenden Häuschen ist die gleiche wie nach 2 Stunden.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 total verfault, verkümmert, bräunlich, von schleimiger Konstitution und mit starker Schimmelpilzbildung überzogen. Von Konz. 6 ab sind Seitenwurzeln gebildet, die in Konz. 6 - 9 als relativ normal, in Konz. 10 - 13 als gesund und kräftig ausgebildet zu bezeichnen sind und sich in den letzten Konzentrationen stark vermehrt haben. Die Hauptwurzeln sind in Konz. 6 - 8 noch deutlich geschädigt, bräunlich und von schleimiger Konstitution, in Konz. 9 relativ normal und in Konz. 10 - 13 gesund und kräftig entwickelt.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 8 stärkste, allmählig abnehmende Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 - 9 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 10 - 13 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. und letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 6 - 9 ganz undurchsichtig, halbopal., in Konz. 10 - 13 ganz undurchsichtig. Plasmolyse, Fixierung und Deformierungen, Zahl der geplatzen Häuschen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. In Konz. 1 - 5 sind keine Wurzelhäuschen mehr vorhanden, Alle Wurzelhäuschen sind tot. Eine Neubildung hat nicht stattgefunden.

Der Spross ist in Konz. 1 - 5 stark geschädigt, verkümmert, gelblich-grün, in Konz. 6 - 7 etwas kräftiger entwickelt, halbfrisch, blassgrün, in Konz. 8 - 13 zunehmend frisch, turgeszent, mit kräftiger Blattentwicklung und normaler, gesunder Färbung.

Zwei zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Erbsen-Keimlinge ergaben nach 10 Tagen die gleichen entsprechenden Beobachtungen wie die andern in aq. dest. angesetzten Keimlinge. Die Wurzeln sind nicht besonders entwickelt, gelblich gefärbt, nur wenige Wurzelhäuschen sind vorhanden, sie sind tot. Seitenwurzeln wurden nicht gebildet, Der Spross ist relativ normal entwickelt.

Versuch 14. Klee in HCl. (Tabelle 14). - Angesetzt am 2. III. - 7. III. 23.

Nr.	Konzentr. % HCl	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,09052	bläuschwarz. - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	
7	0,00362	blauviolett (7) - rotbraun (8). - Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
8	0,00181	
9	0,00045	negativ (Kongorot). - HCl neutralisiert.
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 4 halbdurchsichtig, in Konz. 5 - 7 undurchsichtig, in Konz. 8 halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 13 durchsichtig, in Konz. 11 am Vegetationspunkt getrübt. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, ganz schwach opal., in Konz. 11 - 13 im ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im zweiten Drittel halbdurchsichtig, ganz schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbopal. Stärkste Plasmolyse der Wurzelhäuschen ist in den stärksten Konzentrationen zu finden, daneben Fixierung der älteren Häuschen. Von Konz. 9 ab tritt die Plasmolyse allmählich zurück und es überwiegen in den schwächeren Konzentrationen Fixierung und Granulierung des Plasmas. Nur in Konz. 11 ist besonders starke Plasmolyse wie in den stärksten Konzentrationen zu beobachten, desgl. zahlreiche, starke Deformationen der Wurzelhäuschen, die zwar in allen Konzentrationen vorhanden sind, aber von Konz. 9 ab schwächer und seltener auftreten. Nur in Konz. 6 sind etwa 10 - 25% aller Häuschen geplatzt. In Konz. 12 leben vereinzelte ältere Häuschen mit schwacher Plasmaströmung bei zum Teil vorgeschrittener Fixierung des Plasmas, in Konz. 13 ist ihre Zahl etwas grösser, und es leben auch einige jüngere Häuschen.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 9 undurchsichtig, in Konz. 10 - 12 durchsichtig, nur schwach getrübt. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 9 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 10 im 1. Drittel halbdurchsichtig, bis durchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel desgleichen, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 11 im 1. und 2. Drittel wie in Konz. 10, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbopal., in Konz. 12 - 13 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig halbopal., im letzten Drittel undurchsichtig, fast opal. Plasmolyse und Fixierung und Granulierung sind stärker ausgeprägt, jedoch im gleichen Verhältnis zueinander geblieben, desgleichen sind auch die Deformationen stärker geworden und in den stärksten Konzentrationen sind sogar die Wurzelspitzen kaulenartig aufgetrieben. In denselben stärksten Konzentrationen zeigen die Wurzeln bereits deutlich beginnende Zellwandfusion, Fäulnis und sind bräunlichgefärbt. Die Zahl der geplatzen Häuschen ist in Konz. 6 ungefähr die gleiche wie nach 2 Stunden, in Konz. 12 - 13 sind wenige jüngere Häuschen geplatzt, sonst in keiner Konzentration. Nur in Konz. 13 leben etwa 10 - 25% jüngerer Häuschen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 verfault, verkümmert, bräunlich gefärbt, von schleimiger Konstitution und mit Schimmelpilzbildung überzogen.

in Konz. 7 - 10 sind die Wurzeln relativ normal und verlieren ihre bräunliche Färbung, in Konz. 11 - 13 sind sie kräftig und gesund, normal entwickelt.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 6 stärkste, allmählig abnehmende Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 9 undurchsichtig, in Konz. 10 halbdurchsichtig, in Konz. 11 und Konz. 13 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 12 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 6 - 8 ganz undurchsichtig, halbopal., in Konz. 9 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 10 fast ganz undurchsichtig, und vom 2. Drittel ab halbopal., in Konz. 11 - 13 im 1. Drittel undurchsichtig, im 2. halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Plasmolyse, Fixierung und Gramfärbung, Deformierungen und Zahl der geplatzten Härchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. In Konz. 9 - 13 sind neue Wurzelhärchen gebildet, sie sind fast durchweg fixiert, vereinzelte haben Plasmolyse erfahren. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot.

Der Spross ist in Konz. 1 sehr schwer geschädigt, ganz verkümmert und vertrocknet, in Konz. 2 - 5 halbwelk, bräunlich gefärbt, deutlich geschädigt, in Konz. 6 - 9 turgeszent, gelbgrün, aber noch schwach entwickelt, in Konz. 10 - 13 frisch, turgeszent, von grüner Farbe und gesundem, normalem Wachstum.

Je 2 am 2. III. 23. und 7. III. 23. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Klee-Keimlinge zeigen nach 10 Tagen die gleiche entsprechende Entwicklung wie die in den vorigen Versuchen beschriebenen Keimlinge in destilliertem Wasser.

Versuch 15. Senf in HCl. (Tabelle 15). - Angesetzt am 12. III. - 14. III. - 16. III. 23.

Nr.	Konz. % HCl.	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,09052	blauschwarz - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	blauviolett - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
7	0,00362	
8	0,00181	rotviolett - Übergang zur Neutralisierung
9	0,00045	negativ (Kongorot) - HCl neutralisiert.
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, halb- bis schwach opal., in Konz. 6 - 7 undurchsichtig, opal., in Konz. 8 - 10 halbdurchsichtig, bis durchsichtig, in Konz. 11 - 13 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 im 1. Drittel durchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbopal., In Konz. 5 ist die Wurzel im ganzen etwas durchsichtiger als in Konz. 1 - 4. In Konz. 6 - 7 sind die Wurzeln im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 8 ganz undurchsichtig, halbopal., in Konz. 9 - 10 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 11-13

im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 13 ist die Wurzel im letzten Drittel nur halb- bis undurchsichtig, nicht opal. Plasmolyse der jüngeren Härchen und Fixierung der älteren treten in gleicher Weise auf wie in den vorigen Versuchen, in den schwächeren Konzentrationen sind die Härchen mehr fixiert als plasmolytisch. Deformierungen der Härchen finden sich, ausser in Konz. 13, in allen Konzentrationen, besonders stark und zahlreich in Konz. 1 - 8. In Konz. 1 - 2 sind nur vereinzelte Härchen geplatzt, in Konz. 3 - 5 10 - 25% der jüngeren Härchen, in Konz. 6 - 7 nur wenige, in Konz. 9 - 12 nur wenige, in Konz. 8 etwa 25% aller Härchen, in Konz. 13 keine. In Konz. 1 - 8 sind alle Härchen tot, in Konz. 9 - 12 leben etwa 75% aller Härchen mit schwächerer Plasmaströmung bei beginnender Fixierung des Plasmas, in Konz. 13 leben alle Härchen mit gesunder Plasmaströmung.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 - 7 undurchsichtig halbpal., in Konz. 8 - 10 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 11 - 13 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 2 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., in Konz. 5 wie nach 2 Stunden, in Konz. 6 - 7 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 8 - 13 wie nach 2 Stunden. - Plasmolyse, Fixierung und Deformierungen der Härchen sind ausgeprägter geworden. In Konz. 2 sind etwa 10% der jüngeren Härchen geplatzt, sonst ist in allen Konzentrationen die Zahl der geplatzen Härchen die gleiche wie nach 2 Stunden. In Konz. 1 - 10 sind alle Wurzelhärchen tot, in Konz. 11 - 13 sind neue Härchen gebildet, die Zahl der lebenden Härchenmist die gleiche wie nach 2 Stunden.

Nach 10 Tagen. - Die Säureschädigung durch HCl ist bei Senf besonders stark, ähnlich wie bei Gerste. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 7 auf das stärkste geschädigt, total verfault, von schleimiger Konstitution, bräunlich und von starker Schimmelbildung überzogen. In Konz. 8 - 12 nehmen die Wurzeln allmählig hellere Farbe an, zeigen noch deutliche Schädigungen, verlieren erst in Konz. 12 die schleimige Konstitution und sind in Konz. 13 relativ normal entwickelt.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 12 stärkste, allmählig abnehmende Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in allen Konzentrationen undurchsichtig aber nicht opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 13 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. - Plasmolyse, Fixierung und Granulierung des Plasmas, Deformierungen der Härchen und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. Auch in Konz. 13 sind einzelne Härchen geplatzt, andere deformiert. In Konz. 12 - 13 ist ein geringer Zuwachs von Härchen zu beobachten. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot.

Der Spross ist in Konz. 1 - 5 auf das schwerste geschädigt, ganz verkümmert, gelbbraun, welk und behält deutliche Zeichen der Säure-Schädigung bis Konz. 10 einschliesslich, eine gelbliche Färbung und ist als halbfrisch zu bezeichnen. In Konz. 11 - 12 ist der Spross frisch, turgeszent, gesund und kräftig entwickelt, in Konz. 13 halbfrisch wie in Konz. 6 - 10, aber von grünerer Farbe.

Zwei am 16. III. 23, zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Senfkeimlinge sind in der gelcuen, entsprechenden Weise entwickelt, wie die Keimlinge der anderen Versuchspflanzen in destilliertem Wasser.

Versuch 16. Buchweizen in HCl. (Tabelle 16). - Angesetzt am 13.III. - 16.III.

Nr.	Konz. ‰ HCl.	Reaktionen mit Kongorot am 10. Tage.
1	0,09052	blauschwarz - Überschuss von HCl.
2	0,0301	
3	0,0226	
4	0,0181	
5	0,0083	
6	0,0063	blauviolett - rotviolett - rotbraun. Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
7	0,00362	
8	0,00181	negativ (Kongorot). - HCl neutralisiert.
9	0,00045	
10	0,00022	
11	0,00013	
12	0,00008	
13	0,000045	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 4 undurchsichtig, in Konz. 5 - 7 undurchsichtig, halbpal., in Konz. 8 fast undurchsichtig, in Konz. 9 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 10 halbdurchsichtig, in Konz. 11 - 12 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 13 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2, im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 3 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 5 - 7 im 1. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, halbpal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 8 - 9 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 10 im 1. Drittel halbdurchsichtig, opal., im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, opal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 11 - 12 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 13 ganz undurchsichtig, halbpal. - In Konz. 1 - 7 überwiegt starke Plasmolyse die Fixierung und Granulierung des Plasmas, die sich nur auf die älteren Härchen im letzten Drittel der Wurzel erstrecken. In Konz. 8 - 12 tritt die Plasmolyse immer mehr gegenüber Fixierung und Granulierung des Plasmas zurück, in Konz. 13 tritt die Plasmolyse wieder stärker auf. Wenige Härchen sind in Konz. 1 - 4 deformiert, in Konz. 5 - 8 keine, in Konz. 9 - 11 nur wenige und in Konz. 12 - 13 ganz vereinzelte Härchen deformiert. Nur in Konz. 9 - 11 sind einige wenige Härchen geplatzt. In Konz. 9 - 10 leben etwa 25 - 50% aller Härchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung des Plasmas, in Konz. 11 - 13 etwa 50% aller Härchen mit zum Teil lebhafter, gesunder Plasmaströmung.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen und Wurzeln zeigen die gleichen Trübungen wie nach 2 Stunden, nur in Konz. 13 ist die Wurzelspitze durchsichtig bis halbdurchsichtig und die Wurzel im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal. Plasmolyse, Fixierung und Granulierung des Plasmas sind ausgeprägter geworden. In Konz. 1 - 4 sind die Deformierungen der Härchen stärker geworden, haben sich auch auf Konz. 5 erstreckt. In Konz. 6 - 8 sind keine Härchen deformiert, in Konz. 9 - 10 sind die Deformierungen stärker und zahlreicher, in Konz. 11 - 13 die gleichen geblieben wie nach 2 Stunden. In Konz. 1 - 5 sind einige wenige Härchen geplatzt, in Konz. 6 - 8 keine, in Konz. 9 - 11 etwa 25% aller Härchen geplatzt, in Konz. 12 - 13 keine. Nur in Konz. 11 - 13 leben noch vereinzel-

te Härchen mit ganz schwacher Plasmaströmung bei beginnender Fixierung und, in Konz. 13 besonders, schwacher Plasmolyse. Eine geringe Neubildung von Wurzelhärrchen hat in Konz. 11 - 13 stattgefunden.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 5 auf das schwerste geschädigt verfault, bräunlich, von schleimiger Konstitution und mit Schimmelpilzbildung überzogen. In Konz. 6 - 7 sind die Wurzeln noch deutlich geschädigt, sind von schleimiger Konstitution und gelblich brauner Färbung, ebenso in Konz. 9 - 10. In Konz. 8 und Konz. 11 - 13 sind die Wurzeln relativ normal entwickelt. In Konz. 6 - 13 sind Seitenwurzeln gebildet, die besonders stark in Konz. 8 und Konz. 11 - 13 ausgebildet sind. Sie sind in Konz. 6 - 7 und Konz. 9 - 10 weniger geschädigt als die Hauptwurzeln, haben eine festere Konstitution und hellere Farbe als diese.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 5 und Konz. 9 - 10 Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 13 undurchsichtig, die Wurzeln in Konz. 1 - 2 im ersten Drittel durchsichtig, im zweiten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 3 - 8 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 9 - 13 ganz undurchsichtig. In Konz. 9 - 10 ist die Plasmolyse stärker als nach 20 Stunden und überwiegt die Fixierung und Granulierung des Plasmas. In den andern Konzentrationen sind Plasmolyse, Fixierung und Deformationen wie nach 20 Stunden zu finden, jedoch sind auch in Konz. 6 - 8 einzelne Härchen deformiert. Desgleichen sind einzelne Härchen in Konz. 6 - 8 und Konz. 12 - 13 geplatzt, in den andern Konzentrationen ist die Zahl der geplatzen Härchen die gleiche wie nach 20 Stunden. Eine Neubildung von Wurzelhärrchen hat in Konz. 8 - 13 stattgefunden, in stärkerer Masse in Konz. 11 - 13. In keiner Konzentration sind lebende Härchen beobachtet.

Der Spross ist in Konz. 1 völlig verkümmert, verfault, in Konz. 2 - 3 halbfriech, stark geschädigt, bräunlich gefärbt, in Konz. 4 - 13 frisch, turgeszent, aber erst in Konz. 10 - 13 von gesunder grüner Färbung.

Zwei am 16. III. 23. zum Vergleich in aq. dest. angesetzte Buchweizenkeimlinge sind in gleicher Weise entwickelt wie die Keimlinge der vorhergehenden Versuche in dest. Wasser.

III C. VERSUCHE IN NATRONLAUGE.

Versuch 17. Hafer in NaOH. (Tabelle 17). - Angestzt am 26. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,048102	rot - Überschuss von NaOH.
2	0,34	
3	0,272	
4	0,204051	
5	0,136	
6	0,08002	dunkelrosa - schwachrosa. - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
7	0,08	
8	0,04002	
9	0,026	Spuren von Rosa. - Übergang zur Neutralisierung.
10	0,009	negativ - NaOH neutralisiert.
11	0,0072	
12	0,0019	
13	0,00079	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 2 halbdurchsichtig bis durchsichtig, desgl. in Konz. 4 und Konz. 6, sie sind in Konz. 3, 5, 7, 9, 11 halbdurchsichtig, in Konz. 8 durchsichtig, in Konz. 10 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 12 - 13 undurchsichtig, halbopal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 4 desgleichen, in Konz. 3, 5, 7, 9 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 6 im 1. Drittel halb- bis undurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig; in Konz. 8 im 1. Drittel halbdurchsichtig bis durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal.; in Konz. 10 im 1. Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, ganze Wurzel halbopal., in Konz. 12 - 13 ganz undurchsichtig, halbopal. Die Wurzelhärchen haben in allen Konzentrationen nur Koagulierung des Plasmas erfahren, Plasmolyse ist nicht zu beobachten. In Konz. 8 leben wenige Härchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung des Plasmas, in Konz. 9 etwa 25% aller Härchen mit gesunder Plasmaströmung, in Konz. 10 - 11 etwa 50%, in Konz. 12 - 13 etwa 50 - 75% aller Härchen. In keiner Konzentration sind Wurzelhärchen deformiert, ebenso sind in Konz. 1-2 keine Härchen geplatzt. In Konz. 3 - 12 sind vereinzelte jüngere Härchen geplatzt.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 schwer geschädigt, braun gefärbt, verkümmert und haben ihre feste Konstitution verloren, sie sind jedoch nicht als schleimig zu bezeichnen. In Konz. 3 - 8 behalten sie eine bräunliche Färbung, sind jedoch von Konz. 4 ab von festerer Konstitution, nur einzelne Wurzeln zeigen in Konz. 7 - 8 eine stärkere Schädigung. In Konz. 9 - 10 sind die Wurzeln als normal entwickelt zu bezeichnen, in Konz. 11 - 13 zeigen sie geringe Schädigungen und sind bräunlich gefärbt. In Konz. 9 - 13 sind Seitenwurzeln gebildet.

Mikroskopisch betrachtet sind die Wurzelspitzen in den Konz. 1 - 13 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., desgleichen in Konz. 11 - 13, sie sind in Konz. 7 - 10 ganz undurchsichtig. Im Gegensatz zu den durch Säure geschädigten Wurzeln haben sie keine Zellwandfusion erlitten. Plasmolyse-Erscheinungen sind nicht beobachtet, durchweg nur Koagulierung des Plasmas. In allen Konzentrationen finden sich wenig Deformationen der Wurzelhärchen, vereinzelte sind geplatzt. Eine Neubildung von Wurzelhärchen und ein Längenwachstum der älteren hat von Konz. 7 ab stattgefunden, nimmt bis Konz. 10 zu und wird in Konz. 11 - 13 wieder schwächer. In Konz. 8 - 9 leben etwa 10% der Härchen im 1. Drittel der Wurzel mit schwacher Plasmaströmung, in Konz. 10 etwa 10 - 25% der Härchen im 1. Drittel der Wurzeln mit gesunder Plasmaströmung, in Konz. 1 - 7 und in Konz. 11 - 13 sind alle Härchen tot.

Der Spross ist in Konz. 1 - 2 stark geschädigt, halbwelk, gelblich und verkümmert, setzt in Konz. 3 das zweite Blatt an, das in Konz. 3 - 4 halbfrisch, von blassgrüner Färbung, während das erste Blatt gelblich, halbwelk ist. In Konz. 3 ist der Spross frischgrün, turgeszent, nur das 1. Blatt hat eine gelbliche, welke Spitze. In Konz. 6 - 8 ist der Spross frisch grün, turgeszent, kräftig und gesund entwickelt in beiden Blättern; in Konz. 9 - 10 ist das 1. Blatt halbfrisch, etwas gelblich gefärbt, das 2. Blatt frisch grün, turgeszent und kräftig entwickelt. In Konz. 11 ist der Spross frisch grün, turgeszent, beide Blätter ganz gesund, aber schwächer entwickelt als in den vorigen Konzentrationen. Dasselbe ist in Konz. 12 der Fall, in welcher ein Keimling nur 1 Blatt gebildet hat. In Konz. 13 hat ebenfalls ein Keimling nur 1 Blatt gebildet, das eine lange, gelbliche, welke Spitze besitzt; das erste Blatt des andern Keimlinge ist blassgrün, der Spross sonst wie in Konz. 11 - 12 turgeszent und von schwächerer Entwicklung.

Versuch 18. Roggen in NaOH. (Tabelle 18). - Angesetzt am 24. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein nach 10 Tagen
1	0,08002	rosa - Spuren von rosa. - Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
2	0,06	
3	0,04002	
4	0,026	
5	0,009	negativ; NaOH neutralisiert.
6	0,0072	
7	0,0019	
8	0,00079	
9	0,00039	
10	0,000079	
11	0,000039	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 2 - 3 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 4 - 7 durchsichtig, in Konz. 8 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig.

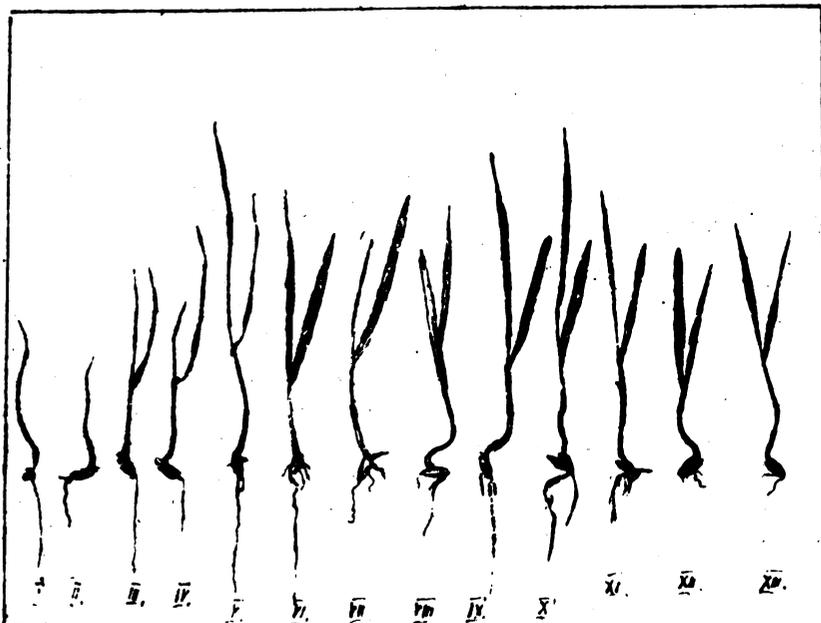


Fig. 2. Hafer in NaOH.

Die Wurzelhäarchen haben nur in Konz. 1 - 2 vereinzelt Deformationen erlitten, wenige sind geplatzt. Durchweg ist nur Koagulierung des Plasmas zu beobachten. In Konz. 1 - 3 finden sich wenige Häarchen an der Wurzelspitze schwach lebend bei beginnender Koagulierung, in Konz. 4 - 5 leben etwa 10% aller Häarchen schwach, in Konz. 6 etwa 25% aller Häarchen, in Konz. 7 - 8 etwa 50% aller Häarchen mit zum Teil normaler Plasmaströmung, in Konz. 9 - 11 etwa 75% aller Häarchen ungeschädigt mit ganz normaler Plasmaströmung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 als relativ normal zu bezeichnen, ebenso in Konz. 2 - 3, wo nur einzelne Wurzeln jedes Keimlings als stärker geschädigt auftreten, verschleimt und bräunlich gefärbt; in Konz. 4 - 6 normal, gesund entwickelt, in Konz. 7 - 10 wieder geschädigt, verschleimt, glasig aussehend, in Konz. 11 schwer geschädigt, bräunlich gefärbt und von schleimiger Kon-

Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 2 - 3 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 4 - 7 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 die ganze Wurzel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurch-

stitution. In Konz. 3 - 7 sind in steigendem Masse Seitenwurzeln gebildet, in Konz. 9 - 11 desgleichen.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 1 Zellwandfusion erlitten, ebenso die geschädigten in Konz. 2 - 3 und die Wurzeln in Konz. 7 - 11. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 undurchsichtig, in Konz. 2 - 6 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 7 - 10 undurchsichtig, in Konz. 11 halbdurchsichtig bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 undurchsichtig, in Konz. 2 - 6 im 1. Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 7 - 10 im ganzen undurchsichtig, in Konz. 11 wie in Konz. 2 - 6. Koagulierung der Wurzelhärchen, vereinzelte Deformierungen und wenige geplatze Härchen finden sich in allen Konzentrationen, ebenso ein geringer Zuwachs von neuen Wurzelhärchen und Längenwachstum der älteren. In Konz. 1 - 5 leben etwa 75% der jüngeren Härchen grösstenteils mit gesunder Plasmaströmung, in Konz. 6 etwa 25% der jüngeren Härchen, in Konz. 7 - 11 sind alle Härchen tot.

Der Spross ist in Konz. 1 - 3 frisch grün, turgeszent mit kleiner gelblicher Spitze am 1. Blatt und hat in Konz. 2 ein drittes Blatt gebildet. In Konz. 4 ist der Spross kräftig und gesund entwickelt, frisch grün, turgeszent, in Konz. 5 schwächer und blass grün, in Konz. 6 - 8 deutlich geschädigt, das erste Blatt zur Hälfte gelblich, welk nach der Spitze zu, das 2. Blatt blassgrün, halbfrisch, in Konz. 9 - 10 beide Blätter dunkler grün, halbfrisch, schwach entwickelt, das 1. Blatt mit kleiner gelber Spitze, in Konz. 11 wie in Konz. 6 - 8, doch ganz schwach entwickelt.

Versuch 19. Gerste in NaOH (Tabelle 19). - Angesetzt am 23. - 24. III. 23.

Nr.	Konz. % NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,08002	rosa - schwach rosa. Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
2	0,06	
3	0,04002	
4	0,026	Spuren von rosa. - Übergang zur Neutralisierung.
5	0,009	negativ - NaOH neutralisiert.
6	0,0072	
7	0,0019	
8	0,00079	
9	0,00039	
10	0,000079	
11	0,000039	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 3 halbdurchsichtig, in Konz. 4 - 8 halbdurchsichtig bis durchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 3 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbpopal., in Konz. 5 - 8 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. und im letzten Drittel undurchsichtig, halbpopal., in Konz. 9 - 11 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal. Das Protoplasma der Wurzelhärchen ist koaguliert; Plasmolyse ist nicht zu beobachten. Deformierungen der Härchen und geplatze Härchen sind nicht festzustellen. In Konz. 1 - 3 leben etwa 10% aller Härchen mit schwacher Plasmaströmung, bei beginnender Koagulierung des Plasmas, in Konz. 4 - 9 etwa 50 - 75% mit normaler Plasmaströmung bei beginnenden-

der Koagulierung des Plasmas, ebenso in Konz. 10 - 11 etwa 75% aller Härchen.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 stark geschädigt, von schleimiger Konstitution, bräunlich gefärbt, verkümmert, einzelne in Konz. 1 - 3 neugebildete Wurzeln weisen keine Schädigungen auf und sind als relativ normal zu bezeichnen. In Konz. 4 sind keine neuen Wurzeln gebildet. In Konz. 5 - 7 sind die

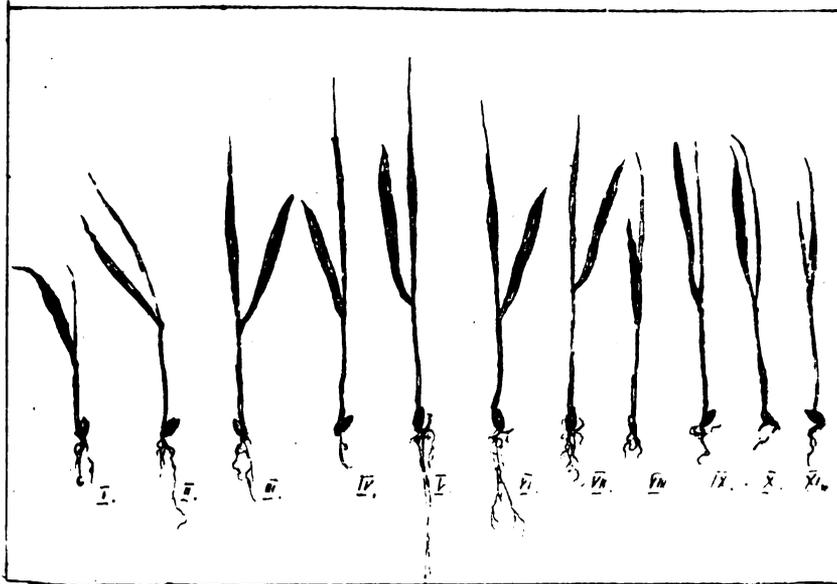


Fig. 3. Gerste in NaOH.

Wurzeln normal entwickelt, zahlreiche neue Wurzeln und Seitenwurzeln sind gebildet. In Konz. 8 - 11 sind keine neuen Wurzeln und keine Seitenwurzeln gebildet, die ursprünglichen Wurzeln sind geschädigt, von schleimiger Konstitution und bräunlich gefärbt.

Mikroskopisch weisen die Wurzeln in Konz. 1 - 4 abgesehen von den neu gebildeten geringe Zellwandfusion auf. Die Wurzelspitzen sind in allen Konzentrationen halb- bis undurchsichtig, schwach bis halb opal., ebenso die ganzen Wurzeln. Das Plasma der Wurzelhäuschen ist durchweg koaguliert, Plasmolyse ist nicht zu finden,

vereinzelte Härchen sind geplatzt, wenige haben Deformationen erlitten. Ein Längenwachstum der Wurzelhäuschen und ein Zuwachs neuer Härchen hat in Konz. 1 - 3 und Konz. 5 - 11 stattgefunden. In Konz. 1 - 3 leben etwa 50% der nachgewachsenen Wurzelhäuschen mit schwacher Plasmaströmung zum Teil, die älteren ursprünglichen Härchen sind alle tot, koaguliert. In Konz. 4 sind alle Wurzelhäuschen tot. In Konz. 5 - 7 leben etwa 25% der Härchen an den Wurzelspitzen, in grösserer Zahl auch an den Seitenwurzeln mit gesunder Plasmaströmung. In Konz. 8 leben nur ganz vereinzelt Härchen bei schwacher Plasmaströmung und beginnender, teils vorgeschrittener Koagulierung, in Konz. 9 - 11 sind alle Härchen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 2 frisch grün, turgeszent, das 1. Blatt ist blass grün mit gelblicher Spitze, in Konz. 3 - 4 normal und gesund entwickelt, in Konz. 5 - 6 besonders kräftig ausgebildet. - In Konz. 7 - 8 ist das 1. Blatt von der Hälfte bis zur Spitze gelblich gefärbt und in Konz. 9 - 11 hat der Spross wieder ein ganz gesundes, normales Aussehen.

Versuch 20. Weizen in NaOH. (Tabelle 20). - Angesetzt am 9. III. - 10. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,08002	rosa - schwachrosa. - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
2	0,06	
3	0,04002	Spuren von rosa. - Übergang zur Neutralisierung.
4	0,026	
5	0,009	negativ - NaOH neutralisiert.
6	0,0072	
7	0,0019	
8	0,00079	
9	0,00039	

normal, während sie bei den andern Keimlingen den Konz. 1 - 3 entspricht. Das gleiche gilt für die Konz. 8 - 9. In Konz. 7 und Konz. 10 - 11 ist die Bildung der Seitenwurzeln normal.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 1 - 3 starke nach Konz. 3 zu schwächer werdende Zellwandfusion erlitten. In Konz. 4 - 6 und 8 - 9 haben die jeweilig geschädigten Keimlinge ebenfalls Zellwandfusion bei ihren Wurzeln aufzuweisen. Konz. 7 und Konz. 10 - 11 sind frei davon.

Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 2 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 3 undurchsichtig, desgleichen die Spitzen der jeweilig geschädigten Wurzeln in Konz. 4 - 6 und Konz. 8 - 9. Die Spitzen der gesünderen Wurzeln in Konz. 4 - 6 und Konz. 8 - 9 sind undurchsichtig, schwach opal., ebenso die Wurzelspitzen in Konz. 7 und Konz. 10 - 11. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 2 - 3 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, desgleichen in Konz. 4 - 6 und Konz. 8 - 9 die jeweilig geschädigten Wurzeln. Die Wurzeln in Konz. 7 und Konz. 10 - 11 und die jeweilig gesünderen Wurzeln in Konz. 4 - 6 und 8 - 9 sind ganz undurchsichtig, schwach opal. In Konz. 1 - 3 sind keine Wurzelhärchen mehr zu finden, ebensowenig an den jeweilig geschädigten Wurzeln in Konz. 4 - 6 und 8 - 9. In Konz. 7 und 10 - 11, ebenfalls an den gesünderen Wurzeln in 4 - 6 und 8 - 9 sind vereinzelte Härchen zu finden, sie sind alle tot, koaguliert, wenige nur sind deformiert, geplatzt keine. Von einem bemerkenswerten Längenwachstum der Wurzelhärchen oder einem Zuwachs neuer kann nicht die Rede sein.

Der Spross ist in Konz. 1 stark geschädigt, verkümmert, halbfriech, in Konz. 2 - 3 frisch, turgeszent, als relativ normal zu bezeichnen. In Konz. 4 - 6 und Konz. 8 - 9 ist je ein Spross frisch, turgeszent, normal entwickelt, der andere halbfriech, geschädigt, etwas welk. In Konz. 7 und Konz. 11 ist der Spross frisch, turgeszent, normal entwickelt, in Konz. 10 halbfriech, etwas welk.

Der am 23. III. 23. angesetzte Kontrollversuch (siehe Tabelle 21a) gibt in der mikroskopischen Untersuchung die gleichen Resultate mit geringen Abweichungen, d. durch die Individualität der Pflanzen ihre Erklärung finden. Die mit Phenolphthalein ausgeführten Reaktionen der Lösungen nach 10-tägigem Wachstum der Keimlinge stimmen mit denen des ersten Versuches genau überein.

Versuch 22. Klee in NaOH. - Tabelle 22. - Angesetzt am 20. - 21. III. 23.

Nr.	Konz. % NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,08002	dunkel rosa - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
2	0,06	
3	0,04002	rosa - schwachrosa. - Übergang zur Neutralisierung.
4	0,026	
5	0,009	
6	0,0072	
7	0,0019	negativ. - NaOH Neutralisiert.
8	0,00079	
9	0,00039	
10	0,000079	
11	0,000039	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 8 halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 und Konz. 3 - 8 im ersten Drittel halbdurchsichtig, im zweiten und letzten Drittel undurchsichtig, halbpal., in Konz. 2 im 1. Drittel durchsichtig, ganz schwach opal., im 2. Drittel

halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 9 ganz undurchsichtig, halbopal. bis opal., in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, halbopal. Das Protoplasma der Wurzelhärcchen ist durchweg koaguliert. Wenige Härcchen sind in Konz. 1 - 2 deformiert, in den folgenden Konzentrationen treten keine Deformierungen auf, auch sind in keiner Konz. Härcchen geplatzt. In Konz. 1 - 3 sind alle Härcchen tot, nur ganz vereinzelt zeigt ein älteres, starkes Härcchen ganz schwache Plasmaströmung. In Konz. 4 - 5 leben etwa 25% aller Härcchen mit frischer Plasmaströmung, und in Konz. 6 - 11 sind etwa 50% aller Härcchen mit gesunder Plasmaströmung.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 halbdurchsichtig, in Konz. 2 durchsichtig, in Konz. 3 - 8 halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. und letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 2 im ersten Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, in Konz. 3 - 8 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. und letzten Drittel undurchsichtig, halbopal., in Konz. 9 - 11 ganz undurchsichtig, halbopal. bis opal. Die Wurzelhärcchen sind in Konz. 1-3 stärkeren Deformierungen in grösserer Zahl unterworfen, die in Konz. 4 - 11 schwächer werden und zahlenmässig abnehmen. In Konz. 1 - 2 sind bis zu etwa 50% der jüngeren Wurzelhärcchen geplatzt, in Konz. 3 - 4 beträchtlich weniger, in Konz. 5 - 8 sind keine Härcchen geplatzt, in Konz. 9 - 11 nur vereinzelt. Wie nach 2 Stunden ist das Plasma der Wurzelhärcchen koaguliert. In Konz. 1 - 3 sind alle Härcchen tot, nur ganz vereinzelt hat ein älteres Härcchen ganz schwache Plasmaströmung, in Konz. 4 - 5 leben nur noch etwa 10% aller Härcchen bei schwacher Plasmaströmung und beginnender Koagulation, in Konz. 6 - 8 desgleichen nur noch etwa 25%, ebenso in Konz. 11. In Konz. 9 - 10 sind alle Härcchen tot, koaguliert.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 stark geschädigt, verkümmert u. verfäult, bräunlich gefärbt und von schleimiger Konstitution, in Konz. 2 auch noch geschädigt, aber von etwas hellerer Farbe und festerer Konstitution. In Konz. 3 sind die Wurzeln relativ normal entwickelt, in Konz. 4 - 8 kräftig und gesund, in Konz. 9 wieder etwas geschädigt, schwach bräunlich gefärbt und nicht mehr von fester Konstitution, in Konz. 10 - 11 wie in Konz. 2. In Konz. 3 ist an jedem Keimling nur eine Seitenwurzel gebildet, in Konz. 4 - 8 steigt die Zahl und die gesunde Ausbildung der Seitenwurzeln an, in Konz. 9 - 11 sind keine Seitenwurzeln vorhanden.

Mikroskopisch weisen die Wurzeln in Konz. 1 starke Zellwandfusion, in Konz. 2 geringere Zellwandfusion auf, ebenso in Konz. 9 - 11. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 durchsichtig, in Konz. 2 - 8 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 2 - 3 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 4 - 8 ganz halbdurchsichtig bis undurchsichtig; in Konz. 9 - 11 ganz undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärcchen ist durchweg koaguliert. Deformierungen und Zahl der geplatzen Wurzelhärcchen sind die gleichen wie nach 20 Stunden. Ein bemerkenswertes Wachstum der Wurzelhärcchen und Zuwachs neuer Härcchen ist in Konz. 2 und Konz. 9 - 11 kaum festzustellen, es beginnt mit Konz. 3, nimmt fortlaufend zu und ist in Konz. 8 am stärksten. In keiner Konzentration sind lebende Härcchen gefunden worden.

Der Spross ist in Konz. 1 - 3 als frisch, turgescenzent zu bezeichnen, in Konz. 4 - 8 sehr kräftig und gesund entwickelt, in Konz. 9 schwächer, in Konz. 10 nur noch halbfrisch und in Konz. 11 wieder wie in Konz. 9.

Versuch 23. Senf in NaOH. (Tabelle 23). - Angesetzt am 18. - 19. III. 23.

Nr.	Konz. % NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,08002	rot. - Überschuss von NaOH.
2	0,06	
3	0,04002	rosa - schwachrosa. - Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
4	0,026	
5	0,009	negativ. - NaOH neutralisiert.
6	0,0072	
7	0,0019	
8	0,00079	
9	0,00039	
10	0,000079	
11	0,000039	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 2 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 2 - 3 fast durchsichtig, bis auf eine getrübe Stelle am Vegetationspunkt, in Konz. 5 - 11 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 5 - 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im 2. und letzten Drittel undurchsichtig, halbopal. Das Protoplasma der Wurzelhäuschen ist durchweg koaguliert. Deformierungen der Häuschen finden sich in Konz. 1 - 4, vereinzelt in den Konz. 5 - 11, vereinzelt Häuschen sind in Konz. 1 - 3 u. Konz. 5 - 7 geplatzt, in den anderen Konzentrationen keine. In Konz. 1 - 2 leben etwa 10% der jüngeren Häuschen bei beginnender Koagulierung mit schwacher Plasmaströmung, in Konz. 3 etwa 50% aller Häuschen mit gesunderer Plasmaströmung und beginnender Koagulierung, in Konz. 4 desgleichen etwa 75% aller Häuschen, in Konz. 5 - 6 etwa 75% aller Häuschen mit frischer, gesunder Plasmaströmung, in Konz. 7 - 11 desgleichen, etwa 90%.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 2 - 4 durchsichtig, in Konz. 5 - 9 undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 2 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 5 - 6 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 7 - 9 ganz undurchsichtig und halbopal., in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. und letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, halbopal. Koagulierung, Deformierungen und Zahl der geplatzen Häuschen sind die gleichen wie nach 2 Stunden. In allen Konzentrationen ist ein starkes Längenwachstum der älteren Wurzelhäuschen erfolgt, neue Häuschen sind zugewachsen, und etwa 50% aller Häuschen leben noch mit relativ normaler Plasmaströmung zum grossen Teil in allen Konzentrationen.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 3 sehr stark geschädigt, faul, von schleimiger Konstitution, bräunlich gefärbt, verkümmert, in Konz. 4 werden diese Schädigungen schwächer, ganz geringe Schädigungen finden sich noch in Konz. 5 - 6, doch sind die Wurzeln bereits von fester Konstitution und in Konz. 7 - 11 sind die Wurzeln als relativ normal zu bezeichnen. Eine Bildung von Seitenwurzeln beginnt mit Konz. 4 und wird in Konz. 5 - 11 zunehmend stärker.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 1 - 2 starke und in Konz. 3 - 4 schwächer werdende Zellwandfusion erlitten. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 durchsichtig, in Konz. 2 - 4 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 5 - 6 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 7 - 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Koagulierung des Plasmas, Deformierungen der Wurzelhäuschen und Zahl der geplatzen Häuschen

sind die gleichen wie nach 2 Stunden, doch sind auch in Konz. 8 - 11 vereinzelte geplatze Härchen zu finden. Ein erneuter Zuwachs von Wurzelhärchen oder ein weiteres Längenwachstum derselben hat in Konz. 1 - 5 nicht stattgefunden, in geringem Masse in Konz. 6 - 9 und etwas stärker in Konz. 10 - 11. In allen Konzentrationen sind die Wurzelhärchen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 4 frisch, turgescenzent, relativ normal, in Konz. 5 - 11 kräftig und gesund entwickelt.

Versuch 24. Buchweizen in NaOH. (Tabelle 24). - Angesetzt am 18. - 19. III.23.

Nr.	Konz. % NaOH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,08002	rot - Überschuss von NaOH.
2	0,06	
3	0,04002	
4	0,026	schwach rosa - Übergang zur Neutralisierung.
5	0,009	negativ - NaOH neutralisiert.
6	0,0072	
7	0,0019	
8	0,00079	
9	0,00039	
10	0,000079	
11	0,000039	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 durchsichtig, in Konz. 2 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 3 undurchsichtig, in Konz. 4 halbdurchsichtig, in Konz. 5 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 6 - 9 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 10 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 3 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 4 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 5 ganz halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 6 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal. Das Plasma der Wurzelhärchen ist in allen Konzentrationen koaguliert. In Konz. 1 - 4 finden sich zum Teil starke Deformationen der Wurzelhärchen, in Konz. 5 - 11 keine mehr, geplatze Härchen wurden in keiner Konzentration beobachtet: In Konz. 1 - 4 sind alle Wurzelhärchen tot, in Konz. 5 leben etwa 25 - 50% aller Härchen bei beginnender Koagulierung des Plasmas, in Konz. 6 - 8 etwa 50% aller Härchen mit gesunder Plasmaströmung, in Konz. 9 - 11 etwa 75% aller Härchen.

Nach 20 Stunden. - In Konz. 1 sind die Wurzelspitzen und das erste Drittel der Wurzel stark rostbraun gefärbt, in Konz. 2 nur die Wurzelspitze schwach rostbraun. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 2 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 3 halbdurchsichtig, in Konz. 4 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 5 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 6 - 8 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., in Konz. 5 im 1. und 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 6 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 ganz halb- bis undurchsichtig. Auch in Konz. 5 - 11 sind Deformationen der Wurzelhärchen zu finden und in Konz. 3 - 4 sind etwa 10 - 25% aller Härchen geplatzt, in Konz. 5 - 11 nur wenige, in Konz. 1 - 2 keine Härchen. Das Plasma der Wurzelhärchen ist durchweg koaguliert. In Konz.

3 - 11 hat ein Längenwachstum der Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen stattgefunden. In Konz. 3 - 4 leben etwa 10% der jüngeren Härchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung, in Konz. 5 - 11 leben noch etwa 25% aller Härchen ebenfalls mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung. - In Konz. 4 - 11 hat die Bildung von Seitenwurzeln stattgefunden.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 stark geschädigt, von schleimiger Konstitution und verkümmert, die Wurzelspitzen und das letzte Drittel der Wurzeln sind rostbraun gefärbt, jedoch sind die Seitenwurzeln in Konz. 3 - 4 frei von dieser Färbung. In Konz. 6 - 11 sind die Wurzeln als relativ normal zu bezeichnen.

Mikroskopisch betrachtet weisen die Wurzeln in Konz. 1 - 4 Zellwandfusion auf. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 5 halbdurchsichtig, in Konz. 6 - 11 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 5 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig. In Konz. 6 - 11 im ersten Drittel im 1. und 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. In Konz. 1 - 4 sind keine Wurzelhärchen mehr vorhanden, in Konz. 5 - 11 ist das Plasma der Wurzelhärchen durchweg koaguliert. Nur wenige Härchen sind in Konz. 5 - 11 deformiert und nur wenige geplatzt. Die Bildung von Seitenwurzeln beginnt bereits ganz schwach in Konz. 3, in stärkerem Masse von Konz. 5 an. In Konz. 5 - 11 ist auch ein starkes Längenwachstum der Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen festzustellen. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 4 als ganz schwach geschädigt, halbfrisch anzusehen, in Konz. 5 - 11 frisch, turgeszent, gesund und kräftig entwickelt.

III D. VERSUCHE IN AMMONIUMHYDROXYD.

Versuch 25, Hafer in NH₄OH. (Tabelle 25). - Angesetzt am 25. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NH ₄ OH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,4935	schwach rosa - ganz schwach rosa. Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
2	0,392	
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	
6	0,0705	
7	0,04935	Spuren von rosa. - Übergang zur Neutralisierung.
8	0,0235	negativ.- NH ₄ OH neutralisiert.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 halbdurchsichtig, in Konz. 2 - 5 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 6 - 7 halbdurchsichtig, in Konz. 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 2 - 5 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 6 - 7 und in Konz. 9 - 11 wie in Konz. 1, in Konz. 8 ganz undurchsichtig.

Das Plasma der Wurzelhärchen ist durchweg koaguliert, Plasmanalyse ist nicht

beobachtet. Die Wurzelhärchen sind in keiner Konzentration deformiert, in Konz. 9 - 11 leben etwa 75% aller Härchen mit frischer, gesunder Plasmaströmung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 stark geschädigt, bräunlich gefärbt, von geringfügig schleimiger Konstitution, in Konz. 7 - 8 als relativ normal zu bezeichnen, in Konz. 9 - 11 gesund und kräftig entwickelt.

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 6 Zellwandfusion, die nach Konz. 6 zu immer schwächer wird. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 6 halbdurchsichtig, in Konz. 7 - 11 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 7 - 11 ganz undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärchen ist durchweg nur koaguliert, in allen Konzentrationen finden sich nur wenig Deformationen der Härchen, vereinzelt sind geplatzt. In Konz. 2 - 11 ist ein Längenwachstum der Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen festzustellen, der von Konz. 2 bis Konz. 6 zunimmt, in Konz. 7 - 9 schwächer und in Konz. 10 - 11 stark ausgebildet ist. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 5 total verfault, verkümmert, braun gefärbt, in Konz. 6 schwächlich entwickelt, das 1. Blatt gelblich, welk, das 2. Blatt blassgrün, halbfrisch, ebenso in Konz. 7, doch hat hier das erste Blatt nur noch eine gelbliche Spitze und ist blassgrün, in Konz. 8 - 10 frischgrün, turgeszent, kräftig und gesund entwickelt, nur das 1. Blatt hat eine gelbe, welke Spitze, in Konz. 11 ebenso, doch etwas zarter, schwächerer entwickelt.

Versuch 24. Roggen in NH_4OH . (Tabelle 26.) - Angesetzt am 24. - 25. III. 23.

Nr.	Konz. % NH_4OH .	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,4935	rot - Überschuss von NH_4OH .
2	0,329	
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	rosa - Spuren von rosa. - Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
6	0,0705	
7	0,04935	
8	0,0235	negativ - NH_4OH neutralisiert.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 durchsichtig, in Konz. 2 - 3 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 4 - 6 halbdurchsichtig, in Konz. 7 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 8 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 2 - 3 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 4 - 7 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärchen ist durchweg in allen Konzentrationen koaguliert, Plasmolyse ist nicht beobachtet worden. Deformierte oder geplatze Härchen sind in keiner Konzentration gefunden. In Konz. 1 - 8 sind alle Härchen tot, koaguliert, in Konz. 9 leben etwa 50% aller Härchen mit frischer, gesunder Plasmaströmung, in Konz. 10 - 11 desgleichen etwa 75% aller Härchen.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 7 sehr stark geschädigt, vor-

fault, verkümmert, von bräunlicher Färbung und schleimiger Konstitution, in Konz. 8 fast als relativ normal zu bezeichnen, nur einzelne Wurzeln zeigen noch schwache Schädigungen, in Konz. 9 relativ normal, in Konz. 10 - 11 kräftig und gesund entwickelt.

Mikroskopisch betrachtet zeigen die Wurzeln in Konz. 1 - 2 vollkommene Zellwandfusion, die in Konz. 3 - 7 allmählig schwächer wird und von Konz. 8 an nicht mehr vorhanden ist. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 2 durchsichtig, in Konz. 3 - 7 halbdurchsichtig, in Konz. 8 undurchsichtig (nur die schwach geschädigten Wurzeln haben halbdurchsichtige Spitzen), in Konz. 9 durchweg undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 3 - 7 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 undurchsichtig, abgesehen von den schwach geschädigten Wurzeln, die sich wie in Konz. 3 - 7 verhalten, in Konz. 9 durchweg undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. und letzten Drittel undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhäärchen ist in allen Konzentrationen ausschliesslich koaguliert. In allen Konzentrationen sind wenige Häärchen deformiert, vereinzelt geplatzt. In Konz. 9 - 11 hat ein Längenwachstum der Häärchen und ein Zuwachs neuer Häärchen stattgefunden, nach Konz. 11 zu in steigendem Masse. In Konz. 9 leben noch vereinzelt Häärchen an den Wurzelspitzen mit schwacher Plasmaströmung, ebense in Konz. 10 - 11 etwa 25 - 50% der jüngeren Häärchen am ersten Drittel der Wurzeln. Mikroskopisch ist in Konz. 8 - 10 ein Ansatz von Seitenwurzeln festzustellen, die in Konz. 11 makroskopisch wahrnehmbar, schwach ausgebildet sind.

Der Spross ist in Konz. 1 - 6 sehr stark geschädigt, verfault, verkümmert, von brauner Farbe und in Konz. 1 - 5 ohne die geringste Blattbildung, in Konz. 7 noch sehr geschädigt, halbfrisch, von blassgrüner Farbe, das 1. Blatt mit gelber Spitze (ein Keimling hat nur ein Blatt angesetzt), in Konz. 8 noch schwach entwickelt, aber frisch, grün, turgeszent, beide Blätter ohne gelbe Spitze, in Konz. 9 - 11 frisch, turgeszent, gesund und kräftig entwickelt (in Konz. 11 hat ein Keimling das 3. Blatt angesetzt).

Versuch 27. Gerste in NH₄OH (Tabelle 27). - Angesetzt am 24. - 25. III. 23.

Nr.	Konz. % NH ₄ OH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,4935	rot - Überschuss von NH ₄ OH.
2	0,329	
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	rosa - schwach rosa. - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
6	0,0705	
7	0,04935	Spuren von rosa §. - Übergang zur Neutralisierung.
8	0,0235	negativ. - NH ₄ OH neutralisiert.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	
§ Schwächer als bei Roggen 7., nur in der Lösung eines Keimlings, die des andern ist negativ in der Reaktion.		

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 9 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 im

ersten Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 7 - 9 ganz halb- bis undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhäuschen ist koaguliert. Deformierte und geplatze Häuschen sind nicht beobachtet. In Konz. 1 - 7 sind alle Wurzelhäuschen tot, koaguliert, in Konz. 8 - 9 leben etwa

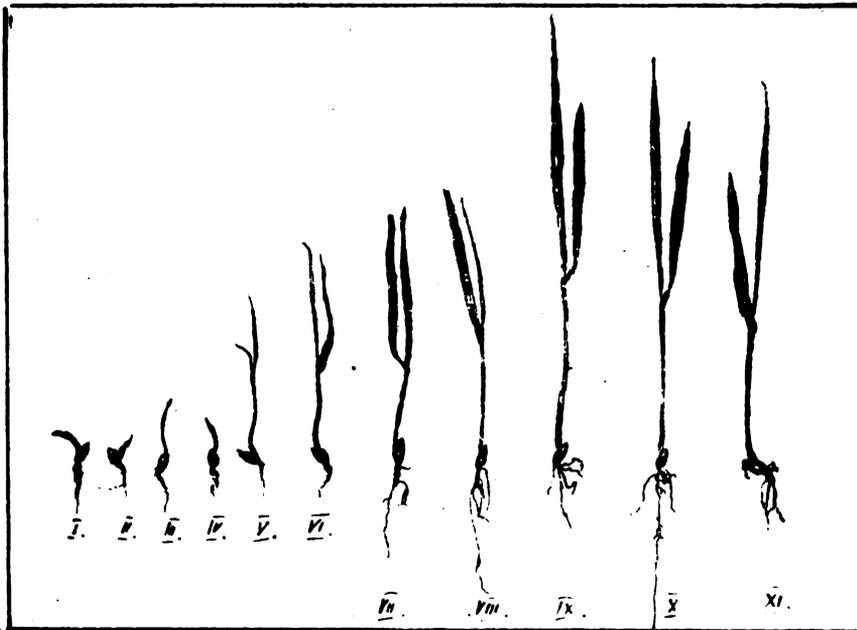


Fig. 4. Gerste in NH_4Cl .

25 - 50% aller Häuschen mit schwacher Plasmaströmung, in Konz. 10 - 11 etwa 75% aller Häuschen mit gesunder, frischer Plasmaströmung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 sehr stark geschädigt, verfault und verkümmert, bräunlich gefärbt und von schleimiger Konstitution, in Konz. 7 sind die Wurzeln eines Keimlings geschädigt wie in Konz. 1 - 6, die des andern als relativ normal zu bezeichnen, in Konz. 8 ebenso die des einen schwächer geschädigt, während die des andern Keimlings normal, kräftig und gesund entwickelt sind. In Konz. 9 - 11 sind alle Wurzeln kräftig und gesund entwickelt. In Konz. 9 - 10 sind Seiten-

wurzeln gebildet.

Mikroskopisch haben die Wurzeln in Konz. 1 - 6 starke, nach Konz. 6 zu schwächer werdende Zellwandfusion erlitten, die sich auch noch auf die Wurzeln der in Konz. 7 - 8 geschädigten Keimlinge erstreckt. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 6 halbdurchsichtig, ebenso die Spitzen der in Konz. 7 - 8 geschädigten Wurzeln. Die Spitzen der nicht geschädigten Wurzeln in Konz. 7 - 8 und die Wurzelspitzen in Konz. 9 - 11 sind undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 6 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, ebenso die in Konz. 7 - 8 geschädigten Wurzeln. Die andern Wurzeln in Konz. 7 - 8 und die Wurzeln in Konz. 9 - 11 sind ganz undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhäuschen ist in allen Konzentrationen koaguliert. Wenige Häuschen sind in allen Konzentrationen deformiert, vereinzelt geplatzt. An den nicht geschädigten Wurzeln in Konz. 7 - 8 und in Konz. 9 - 11 ist in zunehmendem Masse ein Längenwachstum der älteren Wurzelhäuschen und ein Zuwachs neuer Häuschen zu beobachten, ferner, dass etwa 25% der Häuschen am ersten Drittel der Wurzel Plasmaströmung haben. Die andern Häuschen sind alle tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 4 stark geschädigt, doch nicht so stark wie bei Roggen in den ersten Konzentrationen. Der Spross ist verkümmert, von blassgrüner Farbe, etwas faul. In Konz. 5 - 6 ist der Spross ebenfalls noch stark geschädigt, von blassgrüner Farbe, halbfrisch, das erste Blatt gelb, welk, in Konz. 7 - 8 frisch, grün, turgeszent, allmählig in Konz. 8 kräftiger werdend, in Konz. 9 - 11 kräftig, gesund entwickelt, normal.

Versuch 28. Weizen in NH_4OH . (Tabelle 28). - Angesetzt am 18. III. 23.

Nr.	Konz. % NH_4OH .	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
2	0,329	rot. - Überschuss von NH_4OH .
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	
6	0,0705	
7	0,04935	
8 1)	0,0235	Rot. - Überschuss von NH_4OH .
9	0,00809	Negativ. - NH_4OH neutralisiert.
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 3 undurchsichtig, in Konz. 4 - 6 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 7 - 8 halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 10 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 11 durchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 5 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig; schwach opal., in Konz. 6 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig schwach opal., im letzten Drittel undurchsichtig halboval., in Konz. 9 - 10 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, in Konz. 11 desgleichen, nur im letzten Drittel halbdurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärchen ist in allen Konzentrationen koaguliert. Nur wenige Härchen sind deformiert, geplatzt keine. In Konz. 2 - 7 sind alle Wurzelhärchen tot, koaguliert, in Konz. 8 - 11 leben etwa 25% aller Härchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulation.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 fast durchsichtig, in Konz. 3 - 5 durchsichtig bis auf eine getrübe Stelle am Vegetationspunkt, in Konz. 6 - 7 ganz durchsichtig, in Konz. 8 halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig. Koagulation der Wurzelhärchen und Deformationen sind die gleichen wie nach 2 Stunden, geplatzt sind keine Härchen. - In Konz. 6 - 7 und in steigendem Masse in Konz. 9 - 11 ist ein Zuwachs neuer Wurzelhärchen und ein Längenwachstum der älteren Härchen festzustellen. In Konz. 2 - 8 sind alle Wurzelhärchen tot, koaguliert, in Konz. 9 - 11 leben etwa 75% aller Härchen, besonders die jüngeren mit sehr lebhafter, gesunder Plasmaströmung.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 4 stark geschädigt, bräunlich gefärbt und von schleimiger Konstitution, werden in Konz. 5 - 7 fester, sind jedoch noch von brauner Färbung und deutlich geschädigt, in Konz. 9 als relativ normal und in Konz. 10 - 11 als gesund und kräftig entwickelt zu bezeichnen. Die Keimlinge in Konz. 8 fallen aus (siehe vorstehende Tabelle!).

Mikroskopisch zeigen die Wurzeln in Konz. 2 - 4 schwache Zellwandfusion. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 4 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 5 - 6 durch-

1) Siehe auch Versuch 31, Senf in NH_4OH , Konz. 8. Auch dort die gleiche Reaktion. Das ist ein Beweis dafür, dass für beide Arten von Keimlingen, die zu gleicher Zeit angesetzt wurden, eine falsche, zu hohe Konzentration versehentlich zusammengestellt worden ist.

sichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 7 und in Konz. 9 - 11 halb- bis undurchsichtig. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 4 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 5 - 6 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 7 und Konz. 8 - 11 ganz halb- bis undurchsichtig, halbopal. In Konz. 7 und Konz. 9 sind die Wurzelspitzen und die Wurzeln nur bei je einer Wurzel eines jeden Keimlings wie vorstehend getrübt. Die andern Wurzelspitzen und Wurzeln haben die gleiche Durchsichtigkeit wie in Konz. 5 - 6, also die Mehrzahl. Das Plasma der Wurzelhärchen ist in allen Konzentrationen koaguliert. Wenige Härchen sind in allen Konzentrationen deformiert, vereinzelte sind geplatzt. Ein weiteres Längenwachstum der Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen ist in keiner Konzentration beobachtet. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot, koaguliert. In Konz. 10 - 11 sind Seitenwurzeln gebildet.

Der Spross ist in Konz. 2 - 5 sehr stark geschädigt, von brauner Färbung und verfault, in Konz. 6 - 7 frisch, grün, turgeszent und hat das 2. Blatt gebildet, in Konz. 9 - 11 sehr kräftig und gesund entwickelt.

Versuch 29. Erbsen in NH₄OH. (Tabelle 29). - Angesetzt am 23. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NH ₄ OH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
1	0,4936	Rosa - ganz schwach rosa; Übergangsbeginn bis Übergang zur Neutralisierung.
2	0,329	
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	
6	0,0705	
7	0,04935	
8	0,0235	Negativ. - NH ₄ OH neutralisiert.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	

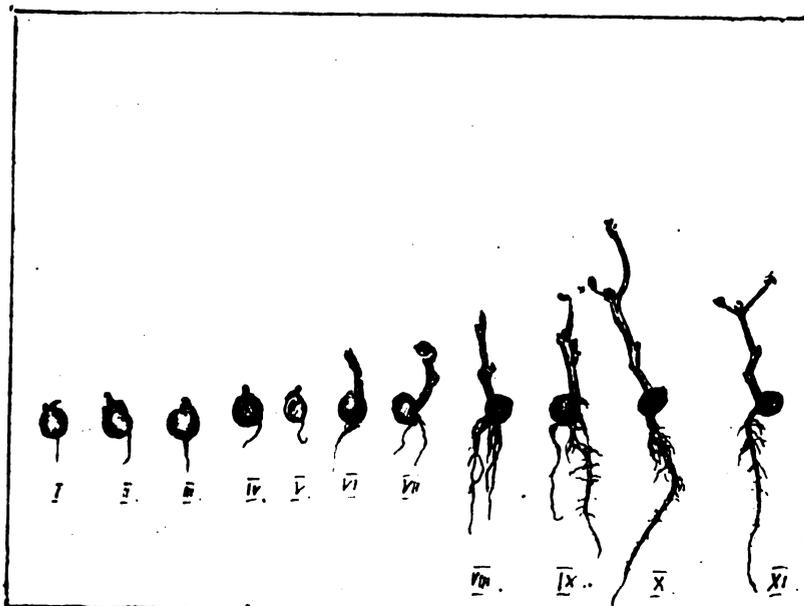


Fig. 5. Erbsen in NH₄OH.

Mikroskopische Untersuchungen 2 Stunden und 20 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge wurden nicht gemacht.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 2 stark geschädigt, halbfault, verkümmert, glasig aber von heller, weisser Farbe, in Konz. 3 stärker geschädigt, verfault, von schleimiger Konstitution, in Konz. 4 - 7 wie in Konz. 1 - 2, in Konz. 8 - 11 ganz gesund, normal ausgebildet. Die Wurzeln in Konz. 10 sind ganz besonders kräftig entwickelt, in Konz. 11 wieder schwächer, in Konz. 8 - 11 sind in steigendem Masse Seitenwurzeln gebildet.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 3 Zellwandfusion erlitten, die in Konz.

1 - 2 und Konz. 4 - 7 nicht in Erscheinung tritt. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 1 - 7 undurchsichtig, in Konz. 8 - 11 undurchsichtig schwach opal. Die Wurzeln sind in Konz. 1 - 7 ganz undurchsichtig, im 2. und letzten Drittel schwach opal., in Konz. 9 - 11 ganz undurchsichtig, schwach opal. Das Plasma der Wurzelhärrchen ist in allen Konzentrationen durchweg koaguliert, wenige Härrchen sind deformiert, vereinzelt geplatzt. Eine Längenwachstum der Härrchen oder ein Zuwachs neuer ist nicht erfolgt, es sind überhaupt in allen Konzentrationen nur wenig Härrchen vorhanden. Die Härrchen sind alle tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 1 - 5 sehr stark geschädigt, verkümmert, welk, farblos, in Konz. 6 und der Spross eines Keimlings in Konz. 7 geschädigt, halbfrisch, in Konz. 7 der Spross des andern Keimlings und der Spross eines Keimlings in Konz. 8 frisch, turgeszent, in Konz. 8 der Spross des andern Keimlings und in Konz. 9 - 10 frisch, turgeszent, kräftig und gesund entwickelt. Der Spross in Konz. 10 ist besonders kräftig entwickelt bei beiden Keimlingen, in Konz. 11 wieder schwächer.

Versuch 30. Klee in NH₄OH. (Tabelle 30). - Angesetzt am 21. III. - 25. III.23.

Nr.	Konz. % NH ₄ OH.	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
2	0,329	
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	
6	0,0705	
7	0,04935	
8	0,0235	Dunkel rosa - schwach rosa. - Übergänge zur Neutralisierung von NH ₄ OH.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 5 durchsichtig, in Konz. 6 - 8 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig, schwach opal., in Konz. 3 - 5 desgl., nur im letzten Drittel nicht opal., in Konz. 6 - 7 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 ganz halb- bis undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärrchen ist in allen Konzentrationen koaguliert. Plasmolyse ist nicht beobachtet. Nur in Konz. 2 - 7 sind wenige Wurzelhärrchen deformiert und vereinzelt geplatzt. In Konz. 11 leben einige wenige Härrchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung des Plasmas.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 4 und Konz. 6 - 7 sehr stark geschädigt, verfault, verkümmert, von schleimiger Konstitution und brauner Verfärbung. Die Schädigung ist in Konz. 5 schwächer, die Wurzeln sind halbfault und von geringfügig festerer Konstitution, weniger verkümmert. Die Schädigungen werden noch geringer in Konz. 8 und in Konz. 9 - 10 sind die Wurzeln als relativ normal zu bezeichnen. In Konz. 11 ist die Schädigung wieder stärker, die Konstitution ist schleimig, die Wurzeln entsprechen etwa denen in Konz. 5.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 2 - 4 und in Konz. 6 - 7 Zellwandfusion erlitten, die in Konz. 5 schwächer ist, in Konz. 8 weiter zurücktritt, in Konz. 9 - 10 nicht in Erscheinung tritt und in Konz. 11 wie in Konz. 5 vorhanden ist.

Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 5 und in Konz. 7 durchsichtig, in Konz. 6

halbdurchsichtig, in Konz. 8 undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 halb- bis undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 5 und in Konz. 7 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 6 im 1. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 8 ganz undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 wie in Konz. 6. In allen Konzentrationen sind die Wurzelhärchen koaguliert, wenige sind deformiert, vereinzelte geplatzt. In Konz. 8 ist ein geringfügiges Längenwachstum der Wurzelhärchen und Zuwachs neuer Härchen festzustellen, der in Konz. 9 - 11 zunimmt. Die Härchen sind in allen Konzentrationen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 2 - 8 auf das Schwerste geschädigt, verfault, farblos und verkümmert, in Konz. 9 halbfrisch und farblos, in Konz. 10 - 11 wieder mehr geschädigt, welk.

Versuch 31. Senf in NH_4OH (Tabelle 31). - Angesetzt am 18. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NH_4OH .	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
2	0,329	Rot. - Überschuss von NH_4OH .
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0987	
6	0,0705	
7	0,04935	Rosa. - Übergangsbeginn zur Neutralisierung.
8 ¹⁾	0,0235	Rot. - Überschuss von NH_4OH .
9	0,00809	Negativ. - NH_4OH neutralisiert.
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 3, in Konz. 5 und in Konz. 7 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 4 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 6 durchsichtig bis auf eine getrübe Stelle am Vegetationspunkt. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 9 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärchen ist koaguliert. In allen Konzentrationen sind nur wenige Härchen deformiert, in Konz. 2 - 8 wenige geplatzt, in Konz. 9 - 10 sind etwa 25% der jüngeren Härchen geplatzt, in Konz. 11 sind keine Härchen geplatzt. In Konz. 2 - 8 sind alle Härchen tot, koaguliert, in Konz. 9 - 11 leben etwa 75% aller Härchen, besonders die jüngeren bei beginnender Koagulierung des Plasmas.

Nach 20 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 3 durchsichtig, in Konz. 4 halbdurchsichtig, in Konz. 5 - 9 durchsichtig, in Konz. 10 halbdurchsichtig, in Konz. 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 8 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig bis undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel halbdurchsichtig, im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärchen ist koaguliert. Deformierungen und Zahl der geplatzen Härchen sind die gleichen wie nach 2 Stunden. In Konz. 9 - 11 ist ein Längenwachstum der Wurzelhärchen und ein Zuwachs neuer Härchen festzustellen. Doch leben in Konz. 9 nur noch etwa 25 - 50% aller Härchen und in Konz. 10 - 11 nur noch etwa 50% aller Härchen bei beginnender Koagulierung.

1) Siehe Seite 375 Anm.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 9 sehr stark geschädigt, verkümmert und von schleimiger Konstitution, in Konz. 10 ist die Schädigung etwas geringer und es sind schwache Seitenwurzeln gebildet, in Konz. 11 sind die Wurzeln als relativ normal entwickelt zu bezeichnen, die Seitenwurzelbildung ist stärker.

Mikroskopisch betrachtet haben die Wurzeln in Konz. 2 - 10 Zellwandfusion erlitten. Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 10 durchsichtig, in Konz. 11 halb- bis undurchsichtig, die Wurzeln sind in Konz. 2 - 10 im 1. und 2. Drittel durchsichtig, im letzten Drittel halbdurchsichtig, in Konz. 11 ganz halb- bis undurchsichtig. Die Koagulierung des Plasmas, Deformationen der Wurzelhärcchen und Zuwachs neuer Härcchen hat nicht stattgefunden. Die Härcchen sind in allen Konzentrationen tot, koaguliert.

Der Spross ist in Konz. 2 total verfault, in Konz. 3 - 7 sehr stark geschädigt, verkümmert, von brauner Färbung, in Konz. 8 - 9 halb frisch, aber glasig, von brauner Färbung, Blattansatz verkümmert, braun, in Konz. 10 halbfrisch, nur noch schwach braun, in Konz. 11 als relativ normal zu bezeichnen.

Versuch 32. Buchweizen in NH_4OH . (Tabelle 32). - Angesetzt am 18. III. 23.

Nr.	Konz. ‰ NH_4OH .	Reaktionen mit Phenolphthalein am 10. Tage.
2	0,329	Rot. - Überschuss von NH_4OH .
3	0,24675	
4	0,1974	
5	0,0967	
6	0,0705	
7	0,04935	
8	0,0235	Negativ. - NH_4OH neutralisiert.
9	0,00809	
10	0,00245	
11	0,000246	

Nach 2 Stunden. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 3 halbdurchsichtig, in Konz. 4 - 5 halb- bis undurchsichtig, in Konz. 6 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 7 durchsichtig, in Konz. 8 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 4 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 6 desgl., in Konz. 5 im ersten Drittel halbdurchsichtig, schwach opal., im 2. Drittel halb- bis undurchsichtig, halbpopal., im letzten Drittel undurchsichtig, opal., in Konz. 7 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel durchsichtig bis halbdurchsichtig, im letzten Drittel halb- bis undurchsichtig. Das Plasma der Wurzelhärcchen ist koaguliert. In allen Konzentrationen sind wenige Härcchen deformiert, in Konz. 2, 7 - 11 sind nur vereinzelte Härcchen geplatzt, in Konz. 3 - 6 etwa 25% der jüngeren Härcchen. In Konz. 2 - 8 sind alle Wurzelhärcchen tot, in Konz. 9 leben ganz wenige bei vorgeschrittener Koagulierung des Plasmas, in Konz. 10 - 11 leben etwa 50% aller Härcchen mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung.

Nach 20 Stunden. - In Konz. 2 - 9 sind die Wurzeln wie bei Buchweizen in NaOH (Versuch 24) rostbraun gefärbt. Die Färbung, die allmählich in Rot übergeht, und nach Konz. 9 zu schwächer wird, erstreckt sich in Konz. 8 - 9 nur noch auf die Wurzelspitzen.

Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 undurchsichtig, in Konz. 3 durchsichtig, in Konz. 4 - 5 undurchsichtig, in Konz. 6 halbdurchsichtig, in Konz. 7 durchsichtig bis halbdurchsichtig, in Konz. 8 durchsichtig, in Konz. 9 halbdurchsichtig, in Konz. 10 - 11 durchsichtig bis halbdurchsichtig. - Die Wurzeln sind in Konz. 2

ganz undurchsichtig, in Konz. 3 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 7 - 8 desgleichen, in Konz. 4 - 6 im 1. Drittel durchsichtig, bis halbdurchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 9 im 1. und 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig, in Konz. 10 - 11 im 1. Drittel durchsichtig, im 2. Drittel halbdurchsichtig, im letzten Drittel undurchsichtig. Koagulierung der Wurzelhäuschen, Deformierungen und Zahl der geplatzen Häuschen sind die gleichen wie nach 2 Stunden. Die Häuschen an den Hauptwurzeln sind in Konz. 2 - 9 alle tot, koaguliert, in Konz. 10 - 11 leben nur noch wenige der jüngeren Häuschen an der Wurzelspitze mit ganz schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung. In Konz. 8 - 11 sind Seitenwurzeln gebildet, die sich ganz gesund entwickeln, sie sind durchsichtig, ebenso die Wurzelspitzen. Etwa 10 - 25% der Häuschen an den Seitenwurzeln leben mit schwacher Plasmaströmung bei beginnender Koagulierung des Plasmas.

Nach 10 Tagen. - Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 11 in von Konz. 10 ab abnehmendem Masse stark rostbraun gefärbt. Sie sind in Konz. 2 - 6 sehr stark geschädigt, verkümmert und von schleimiger Konstitution, in Konz. 7 - 11 als relativ normal anzusehen. In Konz. 7 - 11 sind Seitenwurzeln gebildet, die von Konz. 8 ab nicht rostbraun gefärbt sind.

Mikroskopisch betrachtet zeigen die Wurzeln in Konz. 2 - 5 Zellwandfusion. - Die Wurzelspitzen sind in Konz. 2 - 11 undurchsichtig. Die Wurzeln sind in Konz. 2 - 11 ganz halb- bis undurchsichtig, desgl. die Seitenwurzeln und deren Spitzen. Die Koagulierung des Plasmas, Deformierungen und Zahl der geplatzen Wurzelhäuschen sind die gleichen wie nach 2 Stunden. Ein Längenwachstum der Wurzelhäuschen und ein Zuwachs neuer Häuschen hat in Konz. 7 - 11 stattgefunden. Die Häuschen sind in allen Konzentrationen tot. Die rostbraune Färbung hat sich sogar auf die Wurzelhäuschen ausgedehnt. Das Plasma der Wurzelhäuschen an den Seitenwurzeln ist koaguliert, wenige Häuschen sind deformiert, vereinzelte geplatzt.

Der Spross ist in Konz. 2 - 5 sehr stark geschädigt, ohne den geringsten Blattansatz, total verkümmert und ebenfalls rostbraun gefärbt. In Konz. 6 hört die Färbung auf, der Spross ist blassgrün, aber noch sehr stark geschädigt. In Konz. 7 ist der Spross halbfrisch, von grüner Farbe, noch sehr schwächlich, in Konz. 8 - 11 frisch, grün, turgeszent, kräftig und gesund entwickelt.

IV. DAS VERHALTEN DER KEIMLINGE GEGENÜBER DER GIFTWIRKUNG DER FREIEN SÄUREN UND BASEN.

STIEHR hat in seinen Untersuchungen allein die Wurzelhäuschen als Indikatoren für Schädigungen der Keimpflanzen durch die Einwirkung von Säuren, Basen und Salzen herangezogen. In den vorstehend beschriebenen Versuchen hat Verfasser sich die Aufgabe gestellt, sowohl Spross wie Wurzel und Wurzelhäuschen der Keimpflanzen auf ihre Reaktionen und ihre Reaktionsempfindlichkeit innerhalb eines gewissen Zeitabschnittes zu beobachten, der für die Weiterentwicklung der Pflanzen ein wichtiges Stadium bedeutet, in dem es sich herausstellt, ob die jungen Keimlinge den schädlichen Einwirkungen erliegen, oder sie kraft ihrer Individualität und ihrer Gegenwirkungen zu überwinden, zu neutralisieren imstande sind.

a. Resultate der mikroskopischen Beobachtung.

Eines der schärfsten Kriterien für Schädigungen der lebenden Pflanze, seien es solche chemischer oder physikalischer Art, sind in jedem Wachstumsstadium die Wurzelspitzen. Die Wurzelspitzen einer gesunden, ungestört sich entwickelnden Pflanze sind durch das Mikroskop betrachtet hell, durchsichtig. Wirken auf die Wurzel in ihrer Gesamtheit freie Säuren oder Basen ein, so trübt sich die Wurzelspitze zunächst im Vegetationspunkt immer mehr, bis sie schliesslich ganz undurchsichtig geworden ist, unter Umständen sogar ein opaleszierendes Aussehen angenommen hat. Das bedeutet einen Stillstand im Wachstum der Wurzel. Der Grad der Trübung und die Zeit, in welcher sie vor sich geht, sind von der Konzentration der

Lösung abhängig, in gleicher Weise das weitere Verhalten der Wurzelspitze.

2 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge sind die Wurzelspitzen in den stärkeren H_2SO_4 - und HCl -Konzentrationen undurchsichtig geworden. Die Trübung nimmt in den mit "Übergang zur Neutralisierung" bezeichneten Konzentrationen bis zur halben Durchsichtigkeit ab und verliert sich ganz in den schwächsten Konzentrationen, die nach 10 Tagen eine negative Reaktion mit Kongerot aufweisen. Dies trifft jedoch in der Hauptsache nur für die 4 Haupt-Getreidearten zu. Bei den besonders säure-empfindlichen Stickstoff-Sammlern erleiden die Wurzelspitzen noch bis in die schwächsten Konzentrationen hinein Trübungen. Eine ähnliche Regelmässigkeit in der Beeinflussung der Wurzelspitze scheint durch die Basen $NaOH$ und NH_4OH nicht gegeben zu sein. In unregelmässiger Weise werden durch sie die Wurzelspitzen getrübt, es scheint also ihre Giftwirkung eine beträchtlich geringere zu sein, sodass starke Pflanzenindividualitäten ihr von vornherein einen grösseren Widerstand entgegen zu setzen vermögen. Auch BRENNER hat bereits festgestellt, dass die OH -Ionen weniger giftig auf die Pflanzen einwirken als die H -Ionen ¹⁾.

20 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge sind die Wurzelspitzen in H_2SO_4 und HCl durchweg bis in die schwächsten Konzentrationen hinein stärker getrübt, als nach 2 Stunden. Wurzelspitzen, die ein opaleszierendes Aussehen hatten, oder nur schwach opal. waren, sind stärker opal. geworden, andere, die nicht opal. waren, nach 2 Stunden, sind nach 20 Stunden schwach opal. geworden. Die Wurzelspitzen sind in $NaOH$ und NH_4OH zum Teil unverändert wie nach 2 Stunden, zum Teil sind sie in unregelmässiger Weise \pm getrübt. Den Grund hierfür sieht Verfasser wie oben in der schwächeren Giftwirkung der Basen-Konzentrationen. Die verschieden kräftigen Keimlinge sind entweder vorübergehend im Wachstum sistiert oder ihre Wurzeln sind trotz der Base-Einwirkung gewachsen. Opaleszierende Wurzelspitzen sind weder in $NaOH$ noch in NH_4OH nach 2 oder nach 20 Stunden beobachtet.

10 Tage nach dem Ansetzen sind die Wurzelspitzen bis in die schwächsten Säurekonzentrationen noch stärker getrübt, auch stärker opaleszierend. Eine Ausnahme bilden Klee und Senf in Schwefelsäure, die in den Übergangskonzentrationen ihre stärkste Undurchsichtigkeit verloren haben. Es besteht die Möglichkeit, dass gerade diese Konzentrationen von Schwefelsäure auf das Wachstum von Klee und Senf eine Reizwirkung ausgeübt haben, die ein vorübergehendes Wachstum bewirkt hat. Sie kann jedoch nur eine zeitweilige sein, da die übrigen Schädigungsmerkmale, die dem Grade der Konzentration entsprechen, trotzdem vorhanden sind. In den Basekonzentrationen sind die Wurzelspitzen durchweg stärker getrübt, als nach 20 Stunden und zum ersten male zeigt sich jetzt nach 10 Tagen eine Regelmässigkeit der Trübung. In den stärksten Konzentrationen, in welchen die Wurzeln die schwersten Schädigungen (Zellwandfusion!) erlitten haben, ist die Trübung der Wurzelspitzen am schwächsten und nimmt zu, je schwächer die Konzentration der Lösung wird. Ein Opaleszieren der Wurzelspitzen ist nur ganz selten beobachtet worden. Die Trübung der Wurzelspitzen nach 10-tägigem Wachstum der Keimlinge durch Einwirkung der Basen ist demnach der Trübung durch Säuren genau entgegengesetzt.

Verfasser hat dann weiter versucht, einen Einblick in den Vorgang der Wurzeltrübungen zu erhalten und zu untersuchen, ob die Trübung der Wurzeln in Säuren u. Basen einer bestimmten Gesetzmässigkeit unterworfen ist. Es hat sich herausgestellt, dass die Wurzeln in Schwefelsäure und Salzsäure 2 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge in den stärksten Konzentrationen stark getrübt werden, dass die Trübung in den mittlern Übergangskonzentrationen jedoch noch zunimmt und in den letzten, schwächsten Konzentrationen schwächer ist als in den stärksten. In gleicher Weise variiert das Opaleszieren der Wurzeln. Die Trübungen der Wurzeln durch Salzsäure sind stärker als die durch Schwefelsäure, ebenso ist in den HCl -Konzentrationen das Vorkommen des Opaleszierens häufiger. In $NaOH$ und NH_4OH sind die

1) WIDAR BRENNER, Studien über die Empfindlichkeit und Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Säuren u. Basen (Oefvers. Finck. Vetensk. Soc. Förhandl. LX (1917-1918) p. 48); vergl. auch JAR. KRIZENECKY, Einige Experimente über die verschiedene Giftigkeit von Hydroxyl- und Wasserstoffionen (Pflüger's Arch. für Phys. CLXIV, 1916, p. 137 - 165).

Wurzeln in den stärksten Konzentrationen und in den mittleren Übergangskonzentrationen meist stärker getrübt und opaleszierend als in den schwächeren. Doch vollzieht sich die Trübung bei den verschiedenen Pflanzen nicht so gleichmässig wie in den Säuren.

20 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge sind die Wurzeln in den Säure-Konzentrationen zum teil in gleicher Weise getrübt wie nach 2 Stunden, vorwiegend aber stärker getrübt und stärker opaleszierend. Die Unterschiede in der Trübung scheinen sich hier so auszugleichen, dass in den stärksten und den mittleren Konzentrationen die Wurzeln am schwersten mitgenommen sind und dass sie in den schwächsten Konzentrationen an Durchsichtigkeit zunehmen. Bei besonders säureempfindlichen Pflanzen ist bereits eine Gelbfärbung der Wurzeln und beginnende Zellwandfusion zu beobachten. In den Base-Konzentrationen kann man von einer ausgesprochenen Regelmässigkeit der Trübungs-Vorgänge nicht sprechen. In NaOH haben die Wurzeln stärkere Trübungen erfahren als in NH_4OH , es scheint die Giftwirkung von NaOH eine stärkere zu sein. Auch sind die Wurzeln durchweg stärker opaleszierend. Dagegen sind die Wurzeln in NH_4OH durchsichtiger in den stärksten Konzentrationen und in den Übergangskonzentrationen nimmt die Durchsichtigkeit zum teil bis zur vollständigen Undurchsichtigkeit und Opaleszenz in den schwächeren Konzentrationen zu. Es zeigt sich hier somit eine gewisse Parallele zur Trübung der Wurzelspitzen durch die Basen nach 10 Tagen. Bei Buchweizen-Keimlingen ist in NaOH und NH_4OH bereits eine Bildung von Seitenwurzeln in den schwächeren Konzentrationen zu beobachten.

10 Tage nach dem Ansetzen sind die Wurzeln in Schwefelsäure mit Ausnahme der Klee-Keimlinge in den stärksten Konzentrationen, den mittleren Übergangskonzentrationen bis in die schwächeren Konzentrationen sehr stark getrübt und opaleszierend. Ihre Durchsichtigkeit nimmt erst in den schwächsten Konzentrationen zu, und es verliert sich das Opaleszieren. Viel stärker ist die Wirkung von HCl. Selbst in den schwächsten Konzentrationen sind die Wurzeln absolut undurchsichtig, opaleszierend und häufiger ist gerade in den stärksten Konzentrationen die Trübung eine schwächere, obgleich die üblichen anderen Merkmale schwerster Säureschädigung vorhanden sind und jedes Wachstum sistiert ist. In den Basen NaOH und NH_4OH sind die Wurzeln in den stärksten, zum teil auch noch in den Übergangskonzentrationen schwach getrübt, während sie fast durchweg in den schwächeren und schwächsten Konzentrationen ganz undurchsichtig und opaleszierend sind. Die Trübungen sind in NaOH stärker als in NH_4OH .

Die Giftwirkung der freien Säuren und Basen auf die Wurzeln macht sich in d. Weise bemerkbar, dass sich zunächst die Wurzelspitzen trüben; dass die Wurzeln selbst, und zwar vom Korn an progressiv zur Wurzelspitze hin, ihre Durchsichtigkeit verlieren. Bei stärkster Giftwirkung nehmen die undurchsichtigen Wurzelteile schliesslich ein opaleszierendes Aussehen an. Die Opaleszenz ist jedoch innerhalb der Beobachtungszeit nicht immer konstant, sie kann z.B. 2 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge auftreten und nach 20 Stunden wieder verschwunden sein. Bezüglich des Verhaltens eines jeden Wurzel-Drittels innerhalb der Beobachtungszeiten in den Säuren und Basen kann von einer Gesetzmässigkeit nicht gesprochen werden. Massgebend scheint hierfür in der Hauptsache die Individualität der Keimpflanze zu sein. Die Opaleszenz entsteht in der Wurzelaxe und breitet sich radial nach aussen aus, ergreift schliesslich die Epidermiszellen der Wurzeln. In den Säure- und Base-Konzentrationen, welche 10 Tage nach dem Ansetzen noch einen Überschuss von Säure oder Base aufweisen, sind die Wurzeln ausnahmslos am aller schwersten geschädigt. Ihre Zellstruktur ist vernichtet, die Zellwände sind aufgelöst und die Form der Wurzel im ganzen ist gewissermassen schleimig geworden. Diese Zellwand-Fusion erstreckt sich zunächst auf die Wurzelspitzen und schreitet vom 1. Drittel der Wurzeln mit höherer Konzentration und spezieller Empfindlichkeit der Pflanzenart progressiv zum letzten Drittel vor 1). Seitenwurzeln,

1) Siehe B. HANSTEDT GRANNER, Zur Biochemie u. Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen, in Meldinger fra Norges Landbrukskole II, Heft 1 - 1922.

welche in den Übergangs-Konzentrationen und in den schwächeren Konzentrationen, in denen die Keimlinge nach 10-tägigem Wachstum die Säuren oder Basen neutralisiert haben, gewachsen sind, weisen sehr viel geringere Schädigungen auf als ihre Hauptwurzeln, sind bedeutend durchsichtiger und im ganzen normaler. Auch die Rostbraun-Färbung der Wurzeln der Buchweizenkeimlinge in NaOH und NH_4OH erstreckt sich nicht auf die Seitenwurzeln.

Die an den Wurzelhärcchen im einzelnen beobachteten Veränderungen als Folge der Giftwirkungen entsprechen im allgemeinen den STIEHRschen Ergebnissen. Die Härcchen erleiden Deformierungen wie Kniebildungen, Umbiegen, keulenförmige Auftreibungen der Härcchenspitzen. Teile des Protoplasmas werden an der Spitze, häufig mit dem Zellkern, herausgeschleudert, das Protoplasma wird plasmolysiert, fixiert und koaguliert.

2 Stunden nach dem Ansetzen der Keimlinge zeigen die Wurzelhärcchen in den Konzentrationen von Schwefelsäure und Salzsäure in voller Gleichmässigkeit bei allen Versuchen die Einwirkungen der Säure an. In den stärksten Konzentrationen, in welchen nach 10-tägigem Wachstum noch Säure im Überschuss vorhanden ist, sind die Wurzelhärcchen alle tot und zwar ist der grösste Teil von ihnen plasmolysiert. Der kleinere Teil, besonders die älteren grösseren Härcchen, erleiden Fixierung und Granulierung des Protoplasmas. Je nach der speziellen Säure-Empfindlichkeit der Keimpflanzen ist ein grosser Teil der Härcchen deformiert und geplatzt. In den mittleren Übergangs-Konzentrationen nimmt die Zahl der geplatzen und deformierten Härcchen ab und diese Erscheinungen verlieren sich schliesslich mehr oder weniger ganz in den schwächeren und schwächsten Konzentrationen. Das Verhältnis der plasmolysierten und fixierten Härcchen gleicht sich in den Übergangskonzentrationen aus und in den schwächeren Konzentrationen beschränkt sich die Plasmolyse nur auf die jüngeren Härcchen, während die Mehrzahl Fixierung und Granulierung des Plasmas erleidet. In den schwächeren Konzentrationen, in welchen die Keimlinge nach 10 Tagen die Säure neutralisiert haben, findet sich je nach Pflanzenart eine Anzahl lebender Härcchen, die nach den schwächsten Konzentrationen hin ständig zunimmt. In gleicher Weise nimmt auch in den schwächeren Konzentrationen die Lebendigkeit der Körnchenströmung des Protoplasmas zu, die zuerst träge, ganz ausserordentlich langsam ist, sodass sie oft nur nach langer gründlichster Beobachtung als solche erkannt wird, wobei Teile des Plasmas bereits fixiert oder plasmolysiert sind. Allmählig nehmen die Härcchen dann in den schwächsten Konzentrationen ein ganz normales Aussehen an und haben frische, ungeschädigte Plasmaströmung.

In ganz ähnlicher Weise verhalten sich die Wurzelhärcchen in NaOH und NH_4OH , sie sind in den stärksten Konzentrationen durchweg koaguliert, Plasmolyse findet nicht statt. Schon mit Beginn der Übergangskonzentrationen finden sich lebende Härcchen, zunächst bei beginnender Koagulierung des Protoplasmas und schwacher Körnchenströmung, deren Zahl in den schwächeren Konzentrationen kontinuierlich zunimmt bis zu ganz normaler Plasmaströmung. Deformierungen der Wurzelhärcchen beschränken sich wie das Platzen von Härcchen auf die stärksten und die Übergangskonzentrationen.

20 Stunden nach dem Ansetzen sind im allgemeinen in den Säure-Konzentrationen Plasmolyse, Fixierung und Granulierung des Protoplasmas ausgeprägter geworden. Doch ist das gegenseitige Verhältnis von Plasmolyse und Fixierung in den stärksten, den Übergangs-Konzentrationen und den schwächeren Konzentrationen das gleiche wie nach 2 Stunden. Je nach der Säure-Empfindlichkeit der Keimpflanzen sind die Deformierungen stärker geworden und ist im grossen und ganzen die Zahl der geplatzen Härcchen die gleiche geblieben wie nach 2 Stunden, oder es finden sich selbst bis in die schwächsten Konzentrationen deformierte und geplatze Härcchen. Desgleichen ist die Zahl der lebenden Härcchen ungefähr die gleiche, oder sie wird in den gleichen Konzentrationen kleiner, oder es finden sich bei besonders säureempfindlichen Pflanzen nur noch in den letzten, schwächsten 2 - 3 Konzentrationen wenige lebende Härcchen mit langsamer Plasmaströmung. Bei weniger säureempfindlichen Pflanzen werden in den schwächeren Konzentrationen neue Wurzelhärcchen gebildet und es findet ein Längenwachstum der älteren Härcchen statt. Die nicht le-

benden neuen Härchen sind im allgemeinen fixiert, seltener erleiden sie Plasmolyse oder platzen sie. Es ist anzunehmen, dass die neu gebildeten Härchen sich von vorn herein den Druckverhältnissen der entsprechenden Lösungen bei ihrer Entstehung anpassen. Eine Neubildung von Wurzelhärchen in den Übergangs-Konzentrationen führt Verfasser, wenn sie in den schwächeren nicht stattfindet, auf eine Reizwirkung der betreffenden Säure-Konzentrationen zurück. In den Base-Konzentrationen ist das weitere Verhalten der Wurzelhärchen kein so regelmässiges wie in den Säuren. Verfasser sieht den Grund hierfür in einer geringeren Giftwirkung der gewählten Base-Konzentrationen, die vorübergehend stärkeren Pflanzen-Individualitäten ein zeitliches Wachstum gestatten mögen. Im allgemeinen ist die Giftwirkung von NaOH eine stärkere als von NH_4OH ; denn in NH_4OH finden sich beträchtlich weniger deformierte und geplatze Härchen als in NaOH. Die Zahl der deformierten und geplatzen Härchen ist im allgemeinen die gleiche wie nach 2 Stunden. Lebende Härchen finden sich je nach der speziellen Empfindlichkeit der betr. Pflanzen im allgemeinen nur noch in den letzten Übergangskonzentrationen und in den schwächeren Konzentrationen, auch ist ihre Zahl eine geringere als nach 2 Stunden, oder es ist ihr Vorkommen ungefähr das gleiche wie nach 2 Stunden. Die Neubildung von Wurzelhärchen und das Längenwachstum der älteren Härchen unterliegt denselben Bedingungen wie in den Säure-Konzentrationen, nur tritt hier Koagulierung an die Stelle der Plasmolyse.

10 Tage nach dem Ansetzen zeigen die Wurzelhärchen in H_2SO_4 und HCl im allgemeinen die gleichen Schädigungen, Deformierungen, Zahl der geplatzen Härchen, Plasmolyse und Fixierung des Plasmas wie nach 20 Stunden. Nur bei besonders säureempfindlichen Keimpflanzen sind die Wurzeln so stark geschädigt, dass in den stärksten und in den Übergangs-Konzentrationen keine oder nur noch sehr wenige Härchen überhaupt zu beobachten sind. Bei den andern hat in den schwächeren Konzentrationen ein Längenwachstum der älteren und ein Zuwachs neuer Härchen stattgefunden. Von den neu gewachsenen Härchen sind keine mehr geplatzt und ihr Protoplasma ist vorwiegend fixiert, eine Anzahl von Härchen ist aber deformiert. In H_2SO_4 sind d. Härchen in allen Konzentrationen (die einzige Ausnahme bildet Buchweizen, Konz. 6 in H_2SO_4) tot, dagegen leben noch in HCl bei Hafer, Roggen und Weizen eine Anzahl Wurzelhärchen in den schwächsten Konzentrationen. - In den Base-Konzentrationen finden sich die Deformierungen und geplatzen Härchen teils wie nach 2 Stunden, teils haben sie sich auf alle Konzentrationen erstreckt. Durchweg ist das Protoplasma in den Basen aber nur koaguliert, Plasmolyse ist nicht beobachtet worden. In NaOH finden sich bei den weniger empfindlichen Keimpflanzen ein Zuwachs neuer Härchen und ein Längenwachstum der älteren nur in den letzten Übergangs- u. den ersten schwächeren Konzentrationen, desgleichen in diesen Konzentrationen lebende Härchen, nicht in den schwächsten Konzentrationen. Es scheint hier für NaOH gerade in diesen Konzentrationen eine Reizwirkung sich zu äussern. In NH_4OH weisen die weniger empfindlichen Pflanzen in den schwächsten Konzentrationen lebende Härchen und Wachstum derselben auf. Bei den besonders empfindlichen Pflanzen sind in den stärkeren Konzentrationen die Wurzeln ähnlich wie durch die Säure-Wirkung so geschädigt, dass wenige oder gar keine Wurzelhärchen zu beobachten sind. Dies trifft sowohl für NaOH wie für NH_4OH zu. Jedenfalls ist in NaOH und NH_4OH während der ganzen Beobachtungszeit eine geringere Anzahl Härchen geplatzt als in den Säuren, eine Beobachtung, die auch STIEHR (p. 64 - 65) gemacht hat.

Allgemein äussert sich schon nach kurzer Einwirkung die Säure-Schädigung bei den Wurzelhärchen in der Weise, dass das Protoplasma der jüngeren Härchen im 1. Drittel der Wurzel Plasmolyse erfährt, während das Plasma der älteren, stärkeren Härchen fixiert und zum Teil granuliert wird. Im Gegensatz hierzu wird das Plasma der Wurzelhärchen durch die Einwirkung der Basen ganz gleichmässig nur koaguliert. Das Platzen der Härchen ist nur bei den jüngeren, im Wachstum befindlichen Härchen zu beobachten, und zwar zeigen geplatze Härchen im allgemeinen nur noch kurze Zeit eine Plasmaströmung, dann wird ihr Plasma koaguliert, fixiert oder plasmolysiert. Ein Weiterwachsen von geplatzen Härchen findet nicht statt. Bei besonders hohen Konzentrationen scheint die Einwirkung der Säuren oder Basen auf die Härchen nach kurzer Zeit schon eine derartig starke zu sein, dass ihr Wachstum augenblicklich sistiert wird, das Plasma abgetötet ist und die Härchen gar nicht erst platzen.

Die in den Petri-Schalen zur mikroskopischen Untersuchung nach 2 und 20 Stunden angesetzten Keimlinge liess Verfasser ebenso wie die Keimlinge in Reagenzgläsern 10 Tage wachsen. Die Lösungen in den Petrischalen waren innerhalb dieser Zeit einer Konzentrationsverstärkung unterworfen, da Teile der Flüssigkeit verdunsteten. Trotzdem entsprachen die Beobachtungs-Resultate durchaus den exakt ausgeführten Versuchen in Reagenzgläsern, nur waren alle Schädigungen um einige Grade stärker. Durch die Krümmungen der Wurzeln kam es im Wachstumsverlauf dazu, dass einzelne Wurzelteile aus der Lösung ganz herausragten oder nicht ganz von ihr umgeben waren. Diese Teile hatten meist ein viel normaleres, gesünderes Aussehen als die übrigen in der Lösung befindlichen Wurzeln. Sie wiesen stets ein in der feuchten Luft ausserordentlich stark entwickeltes Wachstum von lebenden Härchen auf, während die in der Lösung befindlichen Wurzelhärchen abgetötet waren. Dies ist eine Beobachtung, die auch HANSTEEN schon gemacht hat, wenn er sagt: "der Angriff tritt immer lokalisiert auf, d.h. nur an solchen Stellen der Wurzeln, die in unmittelbarem Kontakt mit der schädlichen Flüssigkeit sind. Von dieser nicht berührte Wurzelteileilchen werden - selbst wenn sie den ersteren direkt benachbart sind - nicht angegriffen".¹⁾

b. Resultate der makroskopischen Beobachtung.

Für die makroskopische Beobachtung äussern sich die Giftwirkungen der Säuren und Basen nach 10-tägigem Wachstum durch eine starke Verkümmern der Wurzeln. Sie sind in den stärksten Konzentrationen bräunlich gefärbt, sehen verfault aus und haben eine schleimige Konstitution (Zellwandfusion). Bei besonders säureempfindlichen Pflanzen kommt es vor, dass das erste Drittel der Wurzel durch eine starke Einschnürung von den andern Teilen gewissermassen getrennt ist. Diese stärksten Schädigungen verlieren sich in den Übergangskonzentrationen, und in den schwächeren Konzentrationen, in denen die Keimlinge die Säuren und Basen neutralisiert haben, sind die Wurzeln im allgemeinen normal entwickelt. Selten machen sich schwere Schädigungen der Wurzeln durch eine gelb-braune Färbung schon 20 Stunden nach dem Ansetzen bemerkbar. Typisch für die schwerste Säure-Schädigung durch H_2SO_4 und HCl ist eine grünliche Schimmelpilzbildung, die in abnehmendem Masse bis zur 1. Übergangskonzentration die exakte Grenze zwischen den Konzentrationen, in denen nach 10-tägigem Wachstum noch ein Säure-Überschuss vorhanden ist, und den Übergangskonzentrationen zieht. Sie umgibt bei schwerster Schädigung Korn und Wurzel und zieht sich an der Wurzel entlang schliesslich auf die Wurzelspitze zurück. Bei den in Petrischalen angesetzten Keimlingen tritt sie in genau der gleichen Weise in verstärktem Masse entsprechend der Konzentrationsverstärkung auf. Für die Buchweizen-Keimlinge in $NaOH$ und NH_4OH ist eine Rostbraunfärbung der Wurzel typisch, die bereits 20 Stunden nach dem Ansetzen in Erscheinung tritt und nach 10 Tagen in $NaOH$ sich nur auf die stärksten Konzentrationen und die Übergangskonzentrationen erstreckt, dagegen in NH_4OH in allen Konzentrationen vorhanden ist, von rostbraun allmählig in helleres Rot übergehend.

Der Spross zeigt wie die Wurzeln in ganz charakteristischer Weise die Giftwirkung von Säuren und Basen an. Bemerkenswert ist vor allem, dass trotz Sistierung des Wurzelwachstums der Spross weiter wächst, ausser in den stärksten Konzentrationen, in welchen die Giftwirkung eine so schwere ist, dass auch der Spross völlig verfault und verkümmert. Die Einwirkungen der Säuren äussern sich in einer schwachen Entwicklung des Sprosses, der erst allmählig bei zunehmender Verdünnung der Lösung das zweite, selten das dritte Blatt bildet, in gelber, gelblich grüner, hellgrüner, brauner, gelbbrauner Färbung der Blätter, die zum Teil lange, gelbe Spitzen haben und als welk, halbfrisch zu bezeichnen sind. In den Übergangskonzentrationen verlieren sich diese Schädigungen und in den schwächeren Konzentrationen erlangt der Spross im allgemeinen eine kräftige, gesunde, normale Entwicklung. In ganz gleicher Weise äussern sich die Giftwirkungen der Basen $NaOH$

1) B. HANSTEEN CRAMER, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen, in Pringsh. Jahrb. XXXVII (1910) p. 368.

und NH_4OH . Die Entwicklung des Sprosses in NH_4OH ist im allgemeinen wie die für die Säuren geschilderte. Das trifft auch für Senf und Buchweizen in NaOH zu. Dagegen ist die Spross-Entwicklung der übrigen Pflanzen in NaOH in den hier gewählten Konzentrationen keine so regelmässige. Verfasser führt diese Tatsache darauf zurück, dass dieselben gegen NaOH weniger empfindlich sind als Senf und Buchweizen, sodass auch hier Reizwirkungen die Ursache einer solchen Unregelmässigkeit darstellen. Teils ist gerade in den Übergangskonzentrationen ein Höhepunkt in der Sprossentwicklung zu finden, teils treten sogar zwei Höhepunkte auf, vor und zwischen und nach welchen sich die Schädigungen oben beschriebener Art \pm stark bemerkbar machen.

Den Grund für die Schädigungserscheinungen, die sich bei einzelnen Pflanzen, bei Hafer, Roggen, Gerste und Klee durch NaOH auch in den schwächeren Lösungen bemerkbar machen, sieht Verfasser darin, dass in den betreffenden Lösungen vorhandene geringe Mengen freier NaOH , nachdem sie eine gewisse Giftwirkung auf die Pflanzen ausgeübt hatten, durch die Pflanzenausscheidungen neutralisiert wurden, und nicht, wie stärkere Mengen von NaOH , in höheren Konzentrationen eine Reizwirkung auf die hierfür speziell empfänglichen Pflanzen ausübten. Die Pflanzen waren dann den schlechten Entwicklungsbedingungen quasi in *aq. dest.* unterworfen. Jedenfalls geht aus allen Beobachtungen hervor, dass die Giftwirkung von NaOH eine stärkere ist als die von NH_4OH . BRENNER erklärt diese Tatsache damit, dass die Giftwirkung von NH_4OH nicht nur auf die Einwirkung seiner OH -Ionen, sondern des NH_4OH -Moleküls beruhe ¹⁾.

Das Längenwachstum von Wurzel und Spross zeigt im allgemeinen innerhalb der verschiedenen Konzentrationen einer Lösung 2 Höhepunkte ²⁾, die jedoch bei besonders schwer geschädigten Pflanzen nicht in Erscheinung treten. Teilweise treten diese beiden Höhepunkte der Entwicklung auch nur im Wachstum des Sprosses auf, was mit der bereits von ONODERA gemachten Beobachtung übereinstimmt ³⁾. Auch SCHULTZ hat die Beobachtung gemacht, dass das Längenwachstum des Sprosses forstschreiten kann, wenn die Wurzeln bereits durch eine Giftwirkung im Wachstum sistiert oder sogar auf das schwerste geschädigt sind ⁴⁾.

V. DIE NEUTRALISIERUNG DER FREIEN SÄUREN UND BASEN DURCH DIE WURZELAUSSCHIEDUNGEN DER PFLANZEN - DIE GRUNDLAGE FÜR EINE NEUE UNTERSUCHUNGSMETHODE IHRER REAKTIONSEMPFINDLICHKEIT.

Im Verlauf dieser Untersuchungen kam dem Verfasser die Arbeit von PRJANISCHNIKOW "Das Ammoniak als Anfangs- und Endprodukt des Stickstoff-Umsatzes in den Pflanzen" zu Gesicht. Eine Nachprüfung der von PRJANISCHNIKOW erwähnten Beobachtung, dass die Lupinenpflanzen in einer schwachprozentigen H_2SO_4 -Lösung nach 10-tägigem Wachstum die Säure durch die Ausscheidung von Ammoniak zu neutralisieren vermögen, mit Erbsen in H_2SO_4 führte zu dem gleichen Ergebnis. Verfasser wies mit Kongorot die neutrale Reaktion der Lösung nach und mit NESSLER'schem Reagenz das Vorhandensein von Ammoniak in der ursprünglich reinen H_2SO_4 -Lösung.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung im Gang der vorliegenden Versuche mit andern Pflanzen und mit HCl erwiesen, dass die Pflanzen tatsächlich zur Neutralisierung der freien Säure umso mehr Ammoniak ausscheiden, je stärker die Säure-Konzentration der Lösung ist. In den stärksten Konzentrationen von H_2SO_4 und HCl lieferten die Reaktionen mit NESSLER'schem Reagenz nach 10 Tagen den Nachweis grösserer Mengen Ammoniaks. Die Reaktionen wurden mit zunehmender Verdünnung

1) l.c. p. 48. - 2) OLOF ARRHENIUS, Absorption of nutrients and plant growth in relation to hydrogen ion concentration. (The journal of General Physiology 1922, V, nr. 1, p. 81 - 88). - 3) ONODERA, Untersuchungen über die Beschädigung der Pflanzen durch Säuren und über die Reizwirkungen der Säuren auf Pflanzen, in Ber. des Chara Institutes für landwirtschaftliche Forschungen in Karuschiki, Japan, I, Heft 1 (1916) p. 53 - 110. - 4) MAX SCHULTZ, Studien über den Einfluss von Nitriten auf die Keimung von Samen und auf das Wachstum von Pflanzen. Dissertation Königsberg 1903.

der Säurelösung von Konzentration zu Konzentration schwächer. Andererseits zeigen die Reaktionen der stärksten Lösungen auf Kongorot noch nach 10 Tagen das Vorhandensein von starker Säure an. Den Pflanzen war es hier also nicht gelungen, auch diese starke Säure-Konzentration ganz zu neutralisieren. Und genau so weit, wie in den makroskopischen und mikroskopischen Beobachtungen während des Zeitraumes von 10 Tagen die schwersten Säure-Schädigungen giengen, die zum gänzlichen Absterben der Keimlinge geführt hatten, soweit erwiesen auch je nach Säure und Pflanzenart verschieden die Reaktionen mit Kongorot einen Überschuss von Schwefelsäure oder Salzsäure nach. In den folgenden Konzentrationen, in welchen deutlich makro- wie mikroskopisch die Schädigungen schwächer wurden, zeigten auch die Reaktionen mit Kongorot das Vorhandensein von immer schwächeren Säure-Mengen nach 10-tägigem Wachstum der Keimlinge an. Und schliesslich waren die Reaktionen mit Kongorot negativ - die Säure war gänzlich neutralisiert - in den Konzentrationen, in welchen die verschiedenen Pflanzen entsprechend ihrer verschiedenen Säure-Empfindlichkeit die Säure-Schädigungen durch die Ammoniak-Ausscheidung überwunden und sich sozusagen selbst ein normales Wachstum erkämpft hatten. Auch HOAGLAND wies nach, dass Konzentration und Zusammensetzung der Lösung von den Pflanzen während der Vegetationszeit verändert werden, dass die Wasserstoffionen-Konzentration der Lösungen bis zu neutraler Reaktion kleiner wird ¹⁾.

Diese Beobachtung der Säure-Neutralisierung durch die jungen Keimpflanzen veranlasste den Verfasser zu untersuchen, ob umgekehrt auch die Pflanzen bestrebt sind, die Giftwirkung der freien Basen NaOH und NH_4OH zu bekämpfen, zu neutralisieren. Zu diesem Zweck wurden die Lösungen von NaOH und NH_4OH nach 10-tägigem Wachstum der Keimlinge Reaktionen mit Phenolphthalein unterworfen und es zeigte sich, dass die hier gewählten stärksten Konzentrationen von NaOH und NH_4OH deutlich das Vorhandensein von Base nachwiesen, also einen Überschuss von NaOH oder NH_4OH , welchen die Keimlinge nicht zu neutralisieren imstande gewesen waren, enthielten. Und dies wieder in völliger Übereinstimmung mit den makroskopisch wie mikroskopisch beobachteten schwersten Beschädigungen. Je schwächer die Konzentrationen waren, umso geringer wurden diese Schädigungen und umso schwächer fiel die Phenolphthalein-Reaktion aus, bis sie schliesslich in den schwächsten Konzentrationen negativ war - die Pflanze hatten die freie Base neutralisiert. Verfasser nimmt an, dass die Pflanzen die Neutralisierung der freien Basen durch Ausscheidung von Kohlensäure bewerkstelligen ²⁾. Diese muss jedoch in den je 30 ccm Lösung für einen Keimling bei den gewählten Säure-Konzentrationen in so geringen Mengen ausgeschieden sein, dass sie nur durch exakte Analysen, die über den Rahmen vorliegender Untersuchungen hinausgehen, festzustellen wäre.

Diese Neutralisierungsvorgänge vollziehen sich mit absoluter Genauigkeit entsprechend der speziellen Empfindlichkeit der verschiedenen Pflanzen gegen Säuren und Basen. Sie ziehen exakte Grenzen zwischen der absolut zum schnellen Absterben der Pflanzen führenden Wirkung der stärksten Konzentrationen, der eine deutliche Wachstumshemmung und auch noch eine starke Schädigung verursachenden Wirkung der Übergangskonzentrationen, welcher die Pflanzen meist auch noch erliegen, und der schwächeren Konzentrationen, deren Säure- oder Basegehalt die Pflanzen zu neutralisieren imstande sind, sodass die meist nur geringfügigen Schädigungen und die Entwicklung der Keimlinge darauf hinweisen, dass die Pflanzen gegebenen Falls einem Vorkommen von freien Säuren oder Basen dieser Konzentrationsgrade im Boden nicht unterliegen. Bemerkenswert ist, dass in den Übergangskonzentrationen verschieden starke Pflanzenindividualitäten innerhalb enger Grenzen, die ein Kriterium noch nicht sicher zulassen, verschieden stark neutralisieren, dass die Reak-

1) D. R. HOAGLAND, Relation of the Concentration and reaction of the nutrient Medium to the growth and absorption of the plant, in Journ. of agricultural research XVIII, nr. 2, Washington 1919. - 2) Friedrich CZAPEK, zur Lehre von den Wurzelasscheidungen (Pringsh. Jahrb. XXIX, 1896, p. 352); vergl. auch H. KAPPEN, Untersuchungen an Wurzelsäften (Landw. Versuchsstat. XCI, 1918, p. 1 - 40) und G. KUNZE, über Säureausscheidung bei Wurzeln und Pilzhyphen und ihre Bedeutung, in Pringsh. Jahrb. XLII, 1906, p. 357 - 393.

tion der Lösung des einen Keimlings mit Kongorot z.B. rotviolett, die der Lösung des andern vom gleichen Konzentrationsgrad braunrot ausfällt.

Überträgt man diese Beobachtungen auf die Schädigungserscheinungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen durch die Azidität oder Alkalität des Bodens, so mögen sie eine Erklärung dafür abgeben, aus welchem Grunde die Pflanzen verschieden stark geschädigt, teils ganz abgestorben, teils relativ normal entwickelt sind. Sie liefern ferner die Erklärung für die von STIEHR auf Seite 15 - 16 seiner Arbeit mitgeteilten Beobachtungen über eine neue Wurzelbildung in sehr verdünnter H_2PO_4 nach 5 - 6 Tagen. Auch dürften sie einen Beitrag zur Erklärung von Alkalitätserscheinungen in verschiedenen Bodenarten abgeben, die in diesem Jahre von MITSCHERLICH der pflanzenphysiologischen Bodenanalyse unterzogen wurden, und über welcher an anderer Stelle berichtet werden wird.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen stützen sich auf eine Reihe von verschiedenen Argumenten, die alle innerhalb der Fehlergrenzen, welche durch die Individualität der für je einen Konzentrationsgrad einer Säure- oder Basenlösung angesetzt nur 2 Keimlinge gezogen werden, eine absolute Übereinstimmung aufweisen. Als erstes Argument sei die mikroskopische Untersuchung der Trübungen von Wurzelspitzen und Wurzeln genannt, als zweites die Beobachtung der Wurzelhärchen 2 Stunden, 20 Minuten und 10 Tage nach dem Ansetzen der Keimlinge. Exakte Prüfungsmomente für die Grenzen der unbedingt zum Absterben der Pflanzen führenden Konzentrationsgrade von Säuren und Basen sind ferner: für Säuren und Basen in gleicher Weise die Zellwandfusion, für die Säuren allein die Schimmelpilzbildung nach 10 Tagen. Weiter folgen die makroskopischen Beobachtungen an Wurzel u. Spross, denen sich die Messungen des Längenwachstums von Wurzel und Spross anschließen, und als letztes die Farbreaktionen mit Kongorot und Phenolphthalein. Wie genau diese Reaktionen selbst bei den geringfügigen Unterschieden der verschiedenen Konzentrationsgrade arbeiten, dürfte aus den im III. Teil mitgeteilten Beobachtungsergebnissen hervorgegangen sein.

Für später anzustellende Versuche mit anderen Säuren und Basen und physiologisch sauren oder alkalischen Salzen kann demnach der äusserst zeitraubende und mühevollen mikroskopischen Untersuchung die Rolle einer Kontrollmethode vorbehalten bleiben, während die Hauptarbeit selbst für feinste Konzentrationsunterschiede in völlig ausreichender Weise durch die Farbreaktionen geleistet werden wird, letzten Endes - ähnlich wie bei der MITSCHERLICH'schen pflanzenphysiologischen Bodenanalyse - von den Pflanzen selbst.

VI. DIE GRENZEN DER REAKTIONSEMPFINDLICHKEIT DER UNTERSUCHTEN KEIMLINGS- GEGEN SCHWEFELSÄURE, SALZSÄURE, NATRONLAUGE, AMMONIUMHYDROXYD.

Versuch 1. - Die Giftwirkungen von H_2SO_4 auf die Haferkeimlinge, die zum sichern Absterben der Pflanzen oder zum mindesten zu einer schweren Wachstumsschädigung führen, hören mit Konz. 11 auf, einer Lösung von 0,0019 % H_2SO_4 . Hafer erträgt noch Lösungen freier H_2SO_4 von 0,00048% und darunter.

Versuch 2. - Roggen hat die gleichen Schädigungs- und Empfindlichkeitsgrenzen gegen H_2SO_4 wie Hafer.

Versuch 3. - Zum sicheren Absterben der Gerstenkeimlinge führt noch eine Lösung freier H_2SO_4 von 0,00245%, schwere Wachstumsschädigungen treten bis zu Konzentrationen von 0,00095% H_2SO_4 auf. Gerste erträgt also noch 0,00004% Lösungen freier H_2SO_4 und darunter.

Versuch 4. - Weizen hat die gleichen Schädigungs- und Empfindlichkeitsgrenzen gegen H_2SO_4 wie Hafer und Roggen, doch scheidet Weizen etwas säureempfindlicher zu sein als erstere.

Versuch 5. - Erbsen ertragen zur Not eine 0,0019% Lösung freier H_2SO_4 , in stärkeren Konzentrationen sterben die Keimlinge ab.

Versuch 6. - Kleekeimlinge sterben in 0,0038% und stärkeren Lösungen freier H_2SO_4 ab, erleiden schwere Wachstumsschädigungen in 0,00245% und schwächeren Lösungen, wobei sie jedoch auch noch durch die Giftwirkungen im Mitleidenschaft gezogen werden. Erst in 0,000095% Lösungen und schwächeren ist die Entwicklung

der Wurzeln eine gesündere.

Versuch 7. - Senfkeimlinge sterben in 0,0019% und stärkeren Lösungen ab, ertragen zur Not 0,00048% und schwächere Lösungen unter Merkmalen der Säure-Schädigung und entwickeln sich erst gesünder in 0,000095% und schwächeren Lösungen freier H_2SO_4 .

Versuch 8. - Buchweizenkeimlinge sterben in 0,0019% und stärkeren Lösungen ab, erleiden noch Wachstumsschädigungen in 0,00048% und 0,00024% Lösungen freier H_2SO_4 und ertragen 0,00014% und schwächere Lösungen.

Von den untersuchten Pflanzen ist am empfindlichsten gegen die Einwirkung freier H_2SO_4 : Gerste. Es folgen in der Säure-Empfindlichkeit: Senf, Klee, Buchweizen, Weizen, Hafer, Roggen, Erbsen.

Versuch 9. - Haferkeimlinge sterben in 0,00362% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, sie erleiden noch Säure-Schädigungen in 0,00181% Lösung und ertragen 0,00045% und schwächere Lösungen freier HCl.

Versuch 10. - Roggenkeimlinge sterben in 0,0083% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, erleiden stärkere Wachstumsschädigungen in 0,0063% bis 0,00181% Lösungen und ertragen 0,00045% und schwächere Lösungen.

Versuch 11. - Gerstenkeimlinge sterben in 0,0063% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, erleiden stärkere Wachstumsschädigungen in 0,00362% und 0,00181% Lösungen und ertragen zur Not 0,00045% und schwächere Lösungen, behalten jedoch Merkmale der Säure-Einwirkung.

Versuch 12. - Weizenkeimlinge haben die gleichen Schädigungs- und Empfindlichkeitsgrenzen wie Gerstenkeimlinge, nur zeigen sie in 0,00045% und schwächeren Lösungen freier HCl eine gesündere Entwicklung.

Versuch 13. - Erbsenkeimlinge sterben in 0,0083% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, erleiden in 0,0063% bis 0,00045% Lösungen noch Wachstumsschädigungen und ertragen bei gesunder Entwicklung 0,00022% und schwächere Lösungen freier HCl.

Versuch 14. - Kleekeimlinge sterben in 0,0063% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, zeigen in 0,00362% und 0,00181% Lösungen deutliche Wachstumsschädigungen und ertragen 0,00045% und schwächere Lösungen, behalten jedoch bis zu 0,00022% Lösungen einschliesslich Merkmale der Säure-Einwirkung.

Versuch 15. - Senfkeimlinge sterben in 0,0083% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, erfahren schwere Wachstumsschädigungen in 0,0063% bis 0,00181% Lösungen und ertragen zur Not unter deutlichen Merkmalen der Säure-Einwirkung 0,00045% und schwächere Lösungen, gelangen jedoch erst in 0,00045% Lösungen zu einer gesunden Entwicklung der Wurzeln.

Versuch 16. - Buchweizenkeimlinge sterben in 0,0083% und stärkeren Lösungen freier HCl ab, erleiden Wachstumsschädigungen in 0,0063% bis 0,00362% Lösungen u. ertragen 0,00181% und schwächere Lösungen, jedoch tragen die Wurzeln in 0,00045% und in 0,00022% Lösungen noch deutliche Merkmale der Säure-Einwirkung.

Die Empfindlichkeit gegen freie HCl ist am stärksten bei Gerste, es folgen kontinuierlich weniger empfindlich: Senf, Klee, Buchweizen, Weizen, Hafer, Erbsen, Roggen.

Versuch 17. - Haferkeimlinge erleiden in 0,04002% und stärkeren Lösungen freier NaOH starke Wachstumsschädigungen, sie gelangen in 0,026% und schwächeren Lösungen zu gesunder Entwicklung.

Versuch 18. - Roggenkeimlinge haben ungefähr die gleichen Schädigungs- und Empfindlichkeitsgrenzen gegen die Einwirkungen freier NaOH wie Hafer.

Versuch 19. - Gerstenkeimlinge erfahren in 0,026% und stärkeren Lösungen freier NaOH die schwersten Schädigungen, die zu einem Absterben der Pflanzen führen müssen, und gelangen in 0,009% und schwächeren Lösungen zu gesunder Entwicklung.

Versuch 20. - Weizenkeimlinge sterben in 0,06% und stärkeren Lösungen freier NaOH ab, erlangen in 0,04002% und schwächeren Lösungen eine gesunde Entwicklung.

Versuch 21. - Erbsenkeimlinge sterben in 0,04002% und stärkeren Lösungen freier NaOH unbedingt ab, ebenso zu 50% der untersuchten Pflanzen noch in 0,026%

bis 0,0072% Lösungen, sie gelangen in 0,0019% und schwächeren Lösungen zu relativ normaler Entwicklung.

Versuch 22. - Kleekeimlinge sterben in 0,06% und stärkeren Lösungen freier NaOH unbedingt ab, sie erleiden in 0,04002% bis 0,0072% Lösungen noch ± starke Wachstumsschädigungen und ertragen 0,0019% und schwächere Lösungen.

Versuch 23. - Senfkeimlinge sterben in 0,06% und stärkeren Lösungen freier NaOH unbedingt ab, sie erleiden in 0,04002% bis 0,026% Lösungen noch die schwersten Wachstumsschädigungen, die zum Absterben führen, und erlangen in 0,009% und schwächeren Lösungen eine relativ normale Entwicklung.

Versuch 24. - Buchweizenkeimlinge sterben in 0,026% und stärkeren Lösungen freier NaOH ab, sie erlangen in 0,009% und schwächeren Lösungen eine relativ normale Entwicklung.

Die Empfindlichkeit gegen freie NaOH ist am stärksten bei Erbsen, es folgen kontinuierlich weniger empfindlich: Klee, Senf, Buchweizen, Gerste, Hafer, Roggen, Weizen.

Versuch 25. - Haferkeimlinge erleiden in 0,0705% und stärkeren Lösungen freier NH_4OH so starke Wachstumsschädigungen, dass sie unbedingt zum Absterben führen müssen, sind in 0,04935% Lösungen noch unter dem Einfluss der Giftwirkung und erlangen in 0,0235% und schwächeren Lösungen eine gesunde Entwicklung.

Versuch 26. - Roggenkeimlinge sterben in 0,04935% und stärkeren Konzentrationen unbedingt ab und erlangen in 0,0235% und schwächeren Konzentrationen eine gesunde, kräftige Entwicklung.

Versuch 27. - Gerstenkeimlinge sterben in 0,04935% und stärkeren Lösungen freien NH_4OH unbedingt ab, erleiden zu 50% der angesetzten Pflanzen in 0,0235% Lösungen noch stärkere Wachstumsschädigungen der Wurzeln und erlangen in 0,00809% und schwächeren Lösungen eine gesunde Entwicklung.

Versuch 28. - Weizenkeimlinge sterben in 0,0987% und stärkeren Lösungen freier NH_4OH unbedingt ab, erfahren in 0,0705% Lösungen noch stärkere Wachstumsschädigungen und erlangen in 0,00809% und schwächeren Lösungen ein relativ gesundes Wachstum.

Versuch 29. - Erbsenkeimlinge erleiden in 0,04935% und stärkeren Lösungen freien NH_4OH ± starke Wachstumsschädigungen, die zum Absterben der Pflanzen führen.

Versuch 30. - Kleekeimlinge erfahren selbst in der schwächsten zur Einwirkung gelangten Lösung von 0,000246% NH_4OH stärkere Wachstumsschädigungen, die zum Absterben der Pflanzen führen.

Versuch 31. - Senfkeimlinge sterben in 0,0235% und stärkeren Lösungen freien NH_4OH unbedingt ab, erleiden noch in 0,00809% bis 0,00245% schwere Wachstumsschädigungen und erlangen in 0,000246% und schwächeren Lösungen eine relativ normale Entwicklung.

Versuch 32. - Buchweizenkeimlinge sterben in 0,0987% und stärkeren Lösungen freien NH_4OH unbedingt ab, erfahren noch in 0,0705% bis 0,04935% Lösungen starke Wachstumsschädigungen und erlangen in 0,0235% und schwächeren Lösungen eine relativ gesunde Entwicklung.

Die Empfindlichkeit gegen freies NH_4OH ist am stärksten bei Klee, es folgen kontinuierlich weniger empfindlich: Senf, Weizen, Buchweizen, Gerste, Roggen, Hafer, Erbsen.

Aus den vorliegenden Resultaten geht, wie auch BRENNER (l.c. p. 27) mitteilt, klar hervor, dass die verschiedenen Pflanzen gegen Säuren und Basen sehr verschieden empfindlich sind. Eine gewisse Regelmässigkeit in der Reaktions-Empfindlichkeit zeigt sich nur bei Schwefel- und Salzsäure. Der Verlauf der Untersuchungen hat erwiesen, dass eine ausschliesslich mikroskopische Beobachtung der Wurzelhäutchen und ihres Verhaltens während einiger Stunden unter dem Einfluss v. Säuren oder Basen zur Beurteilung wirklicher Giftwirkungen, die das Wachstum unserer Kulturpflanzen tiefgreifend schädigen, nicht ausreicht. STIEHR setzt die Grenzwerte schwerster Schädigungen durch H_2SO_4 , HCl , NaOH und NH_4OH viel zu hoch an, die Pflanzen sterben in Wirklichkeit bereits bei bedeutend schwächeren Kon-

zentrationen der betreffenden freien Säuren oder Basen ab. Zu ähnlichen Schlüssen aufgrund von Keimversuchen in H_2SO_4 kommen auch LEMMERMANN und PRESENIUS ¹⁾ für Hafer, Gerste, Roggen und Weizen, desgleichen BOKORNY ²⁾ zu wenig exakten Ergebnissen für Gerste, Weizen, Erbsen in NH_4OH . Allerdings haben diese Forscher quantitativ beträchtlich geringere Mengen von Lösungen auf die Keimlinge einwirken lassen. Es entsteht hier die Frage, deren Klärung späteren Untersuchungen vorbehalten sein soll, ob und inwieweit ein verschiedenes Verhältnis von ccm Lösung zur Pflanzenwurzel von Einfluss auf die Reaktionserscheinungen und die Reaktionsempfindlichkeits-Grenzen der Keimlinge ist. Fest steht jedoch, dass nur die Beobachtung der Keimlinge während eines längeren Zeitraumes, sowohl mikroskopisch wie makroskopisch, und letzten Endes der Einfluss, den sie auf die Konzentration der Lösungen ausgeübt haben, ein zuverlässiges Bild von den Grenzen ihrer Reaktionsempfindlichkeit zu geben vermag.

VII. TABELLEN.

 Tabelle 1. Hafer in H_2SO_4 . - 25. III. 23.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,9 - 3,2	3,0 - 3,4	2,3 - 3,4	13,8 - 13,9
Konz. 8	103,4 - 93,7	83,3 - 73,5	86,9 - 104,1	68,8 - 68,3
" 9	51,7 - 93,7	66,6 - 102,9	86,9 - 83,3	83,3 - 107,9
" 10	68,9 - 62,5	83,3 - 58,8	86,9 - 83,3	86,9 - 68,3
" 11	103,4 - 93,7	116,6 - 117,6	108,6 - 104,1	130,4 - 136,6
" 12	120,6 - 93,7	116,6 - 88,2	108,6 - 104,1	101,4 - 61,6
" 13	120,6 - 93,7	133,3 - 102,9	108,6 - 104,1	94,2 - 125,8
" 14	86,2 - 109,3	+) - 117,6	108,6 - 145,8	+) - 107,9
" 15	137,9 - 156,2	100,0 - 102,9	108,6 - 87,3	112,3 - 107,9
" 16	103,4 - 109,3	106,6 - 126,4	108,6 - 104,1	119,5 - 118,7

+) Nach 10 Tagen fällt ein Keimling zur Berechnung aus, da das Reagenzglas zerbrochen u. Keimling vertrocknet ist.

 Tabelle 2. Roggen in H_2SO_4 . - 27. III. 23.

	3,4 - 2,9	3,7 - 3,2	2,3 - 2,4	10,6 - 10,3
M=100				
Konz. 4	117,6 - 137,9	121,6 - 140,6	152,1 - 175,8	99,0 - 106,7
5	132,3 - 103,4	121,6 - 93,7	108,6 - 125,0	108,4 - 87,3
6	147,0 - 137,9	135,1 - 140,6	108,6 - 104,1	66,0 - 87,3
7	88,2 - 120,6	81,0 - 109,3	86,9 - 104,1	94,3 - 87,3
8	73,5 - 86,2	67,5 - 78,4	86,9 - 83,3	89,6 - 97,0
9	73,5 - 68,9	67,5 - 78,4	86,9 - 62,5	99,0 - 82,5
10	58,8 - 68,9	54,0 - 62,5	86,9 - 83,3	94,3 - 72,8
11	58,8 - 68,9	54,0 - 62,5	65,2 - 62,5	94,3 - 116,5
12	102,9 - 137,9	100,0 - 131,2	108,6 - 125,0	97,1 - 121,3
13	147,0 - 137,9	148,6 - 140,6	130,4 - 125,0	113,2 - 116,5
14	147,0 - 120,6	148,6 - 125,0	130,4 - 145,8	117,9 - 106,7

1) LEMMERMANN und PRESENIUS, Untersuchungen über die Azidität der Böden und ihre Wirkung auf keimende Pflanzen (Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, Teil A, I, Heft 1, p. 21 - 23, Berlin 1922. - 2) T. BOKORNY, Einwirkung einiger basischer Stoffe auf Keimpflanzen, Vergleich mit der Wirkung auf Mikroorganismen (Centralbl. f. Bakteriologie, XXXII, 1912).

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
Tabelle 2 cont.				
Konz. 15	88,2 - 86,2	94,5 - 93,7	108,6 - 83,3	132,0 - 97,0
16	73,5 - 51,7	108,0 - 46,8	86,9 - 62,5	103,7 - 126,2

Tabelle 3. Gerste in H₂SO₄.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,22 - 2,38	2,416 - 2,66	3,38 - 3,44	14,97 - 16,05
Konz. 1	112,6 - 126,0	103,5 - 112,8	103,5 - 87,2	53,4 - 59,2
2	112,6 - 84,0	103,5 - 75,2	103,5 - 87,2	80,2 - 53,0
3	135,1 - 126,0	124,2 - 112,8	88,8 - 101,7	76,8 - 71,7
4	135,1 - 126,0	124,2 - 112,8	103,5 - 101,7	73,5 - 81,0
5	112,6 - 105,1	124,2 - 112,8	88,8 - 101,7	90,2 - 99,7
6	112,6 - 126,0	103,5 - 112,8	118,4 - 116,2	80,2 - 93,5
7	157,7 - 126,0	144,9 - 112,8	118,4 - 116,2	103,5 - 96,6
8	112,6 - 105,1	103,5 - 94,0	133,1 - 130,8	100,2 - 99,7
9	112,6 - 84,0	103,5 - 75,2	147,9 - 116,2	106,9 - 77,9
10	112,6 - 105,1	103,5 - 94,0	133,1 - 130,8	106,9 - 127,7
11	67,6 - 63,0	62,1 - 56,4	88,8 - 87,2	110,3 - 118,4
12	90,1 - 84,0	82,8 - 75,2	73,9 - 72,7	116,9 - 118,4
13	45,0 - 42,0	82,8 - 75,2	73,9 - 72,7	126,9 - 124,7
14	67,6 - 84,0	62,1 - 75,2	73,9 - 72,7	113,5 - 115,3
15	45,0 - 84,0	41,1 - 75,2	88,8 - 87,2	113,5 - 124,7
1	45,0 - 84,0	41,1 - 75,2	73,9 - 72,7	120,2 - 115,3
Aq. dest.	135,1 - 126,0	165,6 - 150,4	88,8 - 87,2	126,9 - 118,4
aq. dest.	90,1 - 126,0	124,2 - 169,1	103,5 - 145,3	100,2 - 106,0

Angesetzt 1 - 5 und aq. dest. am 6. I., 6 - 10 und aq. dest. am 8. I., 11 - 16 am 11. I. 23.

Tabelle 4. Weizen in H₂SO₄.

	5,65 - 6,61	5,88 - 6,84	4,69 - 5,23	13,5 - 14,8
M=100				
Konz. 5	106,2 - 121,1	102,1 - 87,7	85,3 - 95,6	81,5 - 87,8
6	106,2 - 121,1	102,1 - 116,9	106,6 - 95,6	81,5 - 81,1
7	88,5 - 90,8	85,0 - 87,7	85,3 - 95,6	81,5 - 81,1
8	106,2 - 121,1	102,1 - 131,5	106,6 - 114,8	100,0 - 91,2
9	106,2 - 121,1	85,0 - 87,7	106,6 - 114,8	81,5 - 81,1
10	106,2 - 121,1	110,5 - 109,6	85,3 - 95,6	96,3 - 91,2
11	88,5 - 90,8	119,1 - 102,3	85,3 - 114,8	96,3 - 87,8
12	88,5 - 75,5	85,0 - 73,1	106,6 - 95,6	111,1 - 121,6
13	88,5 - 75,5	102,1 - 102,3	127,9 - 114,8	111,1 - 108,1
14	106,2 - 90,8	110,5 - 109,6	127,9 - 114,8	122,3 - 118,2
15	106,2 - 90,8	102,1 - 102,3	106,6 - 95,6	100,0 - 94,6
16	123,9 - 105,9	119,1 - 116,9	85,3 - 76,5	92,6 - 108,1
Aq. dest.	79,7 - 75,7	76,5 - 73,1	85,3 - 76,5	140,8 - 148,6

Angesetzt: 5 - 11 am 2. XII; 12 - 16 und aq. destill. am 8. XII. 1922.

Tabelle 5. Erbsen in H₂SO₄. - 23. III. 23.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,6 - 2,6	4,0 - 3,9	0,66 - 0,66	3,7 - 4,1
Konz. 5	96,1 - 96,1	62,5 - 64,1	75,7 - 75,7	121,6 - 73,1
6	115,3 - 115,3	75,0 - 76,9	151,5 - 151,5	81,0 - 97,5
7	115,3 - 134,6	75,0 - 89,7	151,5 - 151,5	67,5 - 97,5
8	115,3 - 115,3	75,0 - 76,9	75,7 - 75,7	135,0 - 97,5
9	115,3 - 115,3	75,0 - 76,9	75,7 - 75,7	135,0 - 97,5
10	115,3 - 96,1	75,0 - 64,1	75,7 - 75,7	148,6 - 85,3
11	115,3 - 115,3	75,0 - 102,5	75,7 - 75,7	102,7 - 117,0
12	115,3 - 115,3	100,0 - 141,0	75,7 - 75,7	81,0 - 185,5
13	96,1 - 96,1	100,0 - 102,5	151,5 - 151,5	62,1 - 56,0
14	76,9 - 76,9	100,0 - 76,9	151,5 - 151,5	81,0 - 104,8
15	57,6 - 57,6	237,5 - 205,5	75,7 - 75,7	121,6 - 124,1
16	57,6 - 57,6	162,5 - 115,3	75,7 - 75,7	67,5 - 92,6

Tabelle 6. Klee in H₂SO₄.

	1,11 - 1,08	1,11 - 1,11	0,44 - 0,47	1,48 - 1,62
M=100	1,11 - 1,08	1,11 - 1,11	0,44 - 0,47	1,48 - 1,62
Konz. 1	90,1 - 92,6	45,1 - 45,1	113,6 - 106,4	33,8 - 0,0
2	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	227,3 - 212,8	67,6 - 61,7
3	135,2 - 92,6	135,2 - 90,1	113,6 - 212,8	101,4 - 123,4
4	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	113,6 - 106,4	101,4 - 92,6
5	135,2 - 138,9	135,2 - 135,2	113,6 - 106,4	135,1 - 123,4
6	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	67,6 - 49,4
7	90,1 - 92,6	90,1 - 135,2	0,0 - 0,0	101,4 - 123,4
8	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	67,6 - 92,6
9	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	67,6 - 92,6
10	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	340,9 - 313,2	168,9 - 154,3
11	135,2 - 138,9	135,2 - 135,2	227,3 - 212,8	135,1 - 123,0
12	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	101,4 - 123,0
13	135,2 - 138,9	135,2 - 135,2	227,3 - 212,8	101,4 - 123,0
14	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	84,5 - 77,2
15	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	101,4 - 92,6
16	90,1 - 92,6	90,1 - 90,1	0,0 - 0,0	101,4 - 92,6
Aq. dest.	90,1 - 92,6	135,2 - 135,2	227,3 - 212,8	168,9 - 154,3

Angesetzt 1 - 5, 10, aq. dest.: 28. II., 6 - 9: 23. II., 11 - 13: 25. II., 14 - 16: 1!. II. 1923.

Tabelle 7. Senf in H₂SO₄.

	2,57 - 2,14	2,61 - 2,11	1,75 - 1,42	3,39 - 2,32
M=100	2,57 - 2,14	2,61 - 2,11	1,75 - 1,42	3,39 - 2,32
Konz. 1	155,2 - 140,2	153,3 - 142,2	257,1 - 281,7	0,0 - 0,0
6	77,8 - 140,2	57,5 - 118,5	171,4 - 211,3	182,7 - 159,6
7	38,9 - 46,7	38,3 - 47,4	142,9 - 176,0	118,0 - 141,9
8	155,7 - 140,2	153,3 - 142,2	57,2 - 70,4	147,5 - 141,9
9	77,8 - 140,2	76,6 - 142,2	57,2 - 70,4	73,7 - 124,2
10	77,8 - 163,6	76,6 - 165,9	142,9 - 176,0	103,2 - 124,2

Tabelle 7 cont.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
Konz. 11	58,4 - -	57,5 - -	114,4 - -	103,2 - -
12	155,7 - 233,6	153,3 - 237,0	57,2 - 140,8	103,2 - 141,9
13	97,3 - 116,8	95,8 - 118,5	57,2 - 70,4	59,0 - 124,2
14	77,8 - 93,4	76,6 - 94,8	57,2 - 70,4	103,2 - 124,2
15	77,8 - 93,4	76,6 - 94,8	57,2 - 70,4	103,2 - 177,3
16	38,9 - 93,4	38,3 - 94,8	57,2 - 70,4	103,2 - 141,9
H ₂ O	155,7 - +)	191,6 + -	85,7 - -	206,4 + -
Aq. dest.	155,5 - +)	153,3 - -	85,7 - -	44,3 - -

Angesetzt 6 - 9 am 8. I., 1, 10 - 11 am 10. I., 12 - 16 am 15. I., aq. dest. und H₂O (Leitungswasser) am 6. I. 1923. - +) bei 11, aq. dest. und H₂O wurden nur je ein Keimling angesetzt.

Tabelle 7 a. Senf in H₂SO₄. - 19. III. 23.

M=100	1,1 - 1,0	0,9 - 0,9	1,2 - 1,3	2,4 - 2,7
Konz. 1	90,9 - 100,0	55,5 - 55,5	83,3 - 115,3	41,6 - 55,5
2	90,9 - 100,0	55,5 - 55,5	125,0 - 115,3	62,5 - 55,5
3	90,9 - 100,0	55,5 - 55,5	125,0 - 115,3	83,3 - 74,0
4	90,9 - 100,0	111,1 - 111,1	83,3 - 76,9	83,3 - 92,5
5	90,9 - 100,0	111,1 - 111,1	125,0 - 115,3	145,8 - 129,6
6	90,9 - 100,0	111,1 - 111,1+)	83,3 - 115,3	62,5 - 168,1+)
7	90,9 - 100,0	111,1 - 111,1	125,0 - 153,8	145,8 - 148,1
8	181,8 - 150,0	222,2 - 166,6	83,3 - 76,9	145,8 - 92,5
9	90,9 - 100,0	111,1 - 111,1	83,3 - 76,9	104,1 - 111,1
10	45,4 - 100,0	56,5 - 111,1	83,3 - 76,9	145,8 - 103,7
11	138,3 - 100,0	111,1 - 111,1	83,3 - 76,9	83,3 - 74,0

+) In Konz. 6 ist der Keimling vertrocknet, ohne Lösung gewesen.

Tabelle 8. Buchweizen in H₂SO₄.

M=100	2,43 - 2,68	2,09 - 2,21	0,0 - 0,0	2,31 - 2,09
Konz. 2	82,3 - 111,9	47,9 - 67,9	0,0 - 0,0	86,6 - 143,5
3	123,4 - 111,9	119,6 - 90,5	0,0 - 0,0	181,6 - 95,7
4	123,4 - 111,9	95,8 - 113,1	0,0 - 0,0	129,9 - 95,7
5	123,4 - 149,3	143,5 - 158,4	0,0 - 0,0	173,2 - 239,3
6	123,4 - 149,3	119,0 - 135,8	0,0 - 0,0	173,2 - 143,5
7	123,4 - 149,3	143,5 - 148,4	0,0 - 0,0	129,9 - 143,5
8	123,4 - 111,9	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	194,8 - 95,7
9	123,4 - 111,9	119,6 - 113,1	0,0 - 0,0	129,9 - 143,5
10	82,3 - 74,6	71,8 - 67,9	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
11	82,3 - 74,3	71,8 - 67,9	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
12	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
13	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
14	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
15	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	43,3 - 47,9
16	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	86,6 - 95,7
aq. dest.	82,3 - 74,6	95,8 - 90,5	0,0 - 0,0	108,2 - 119,6

Angesetzt 2 - 9, aq. dest. am 23. II., 10 - 16 am 19. II. 1923.

Tabelle 9. Hafer in HCl.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	3,21 - 2,96	3,34 - 3,05	2,32 - 2,25	10,28 - 10,0
Konz. 1	46,7 - 33,8	44,9 - 32,8	86,2 - 88,9	29,2 - 30,0
2	77,9 - 50,7	74,9 - 49,2	107,7 - 66,7	63,2 - 55,0
3	62,3 - 67,6	68,9 - 75,4	86,2 - 88,9	82,7 - 70,0
4	186,9 - 270,3	104,8 - 164,0	258,6 - 266,7	97,3 - 100,0
5	124,6 - 101,4	119,8 - 98,4	107,7 - 133,4	92,4 - 95,0
6	124,6 - 101,4	119,8 - 98,4	86,2 - 88,9	92,4 - 95,0
7	171,4 - 67,6	164,7 - 65,6	107,7 - 88,9	126,4 - 90,0
8	77,9 - 84,5	74,9 - 82,0	86,2 - 88,9	107,0 - 135,0
9	77,9 - 101,4	74,9 - 98,4	86,2 - 66,7	116,8 - 115,0
10	77,9 - 101,4	91,9 - 114,8	64,7 - 44,5	116,8 - 155,0
11	93,5 - 101,4	134,8 - 147,5	86,2 - 88,9	121,6 - 125,0
12	93,5 - 118,2	119,8 - 147,5	107,7 - 111,1	97,3 - 120,0
13	93,5 - 119,2	119,8 - 147,5	86,2 - 111,1	141,1 - 110,0
Aq. dest.	93,5 - 84,5	91,9 - 82,0	43,1 - 66,7	116,8 - 105,0

Angesetzt: 1 - 2 am 25. II.; 3. am 27. II.; 4. am 1. III., 5 - 13. und aq. destill. am 4. III. 1923.

Tabelle 10. Roggen in HCl.

	2,46 - 2,6	2,57 - 2,6	2,57 - 2,6	9,46 - 10,5
M=100	2,46 - 2,6	2,57 - 2,6	2,57 - 2,6	9,46 - 10,5
Konz. 1	81,3 - 76,9	77,8 - 76,9	97,3 - 96,1	47,6 - 38,1
2	122,0 - 115,3	97,3 - 96,1	116,8 - 115,3	74,0 - 38,1
3	81,3 - 57,7	77,8 - 57,7	77,8 - 76,9	79,3 - 71,4
4	162,6 - 153,8	155,6 - 153,8	214,0 - 211,5	101,0 - 81,0
5	122,0 - 153,8	116,8 - 153,8	58,4 - 57,7	68,7 - 76,2
6	81,3 - 76,9	77,8 - 76,9	97,3 - 96,1	101,0 - 61,9
7	182,9 - 192,3	175,1 - 192,2	116,8 - 134,6	95,1 - 104,7
8	81,3 - 76,9	116,8 - 76,9	97,3 - 76,9	101,0 - 114,3
9	61,0 - 57,7	58,4 - 57,7	77,8 - 96,1	116,2 - 123,8
10	122,0 - 115,3	136,2 - 115,3	116,8 - 115,3	163,9 - 147,6
11	81,3 - 115,3	77,8 - 115,3	97,3 - 96,1	116,2 - 133,4
12	81,3 - 76,3	77,8 - 76,9	97,3 - 96,1	116,2 - 128,5
13	61,0 - 57,7	58,4 - 57,7	77,8 - 76,9	116,2 - 152,4
aq. dest.	81,3 - 76,9	97,3 - 96,1	58,4 - 57,7	105,7 - 109,5

Angesetzt: 1 - 3 am 25. II.; 4 - 5 am 27. II., 6 - 13 und aq. dest. am 1. III.

Tabelle 11. Gerste in HCl.

	1,8 - 1,75	1,8 - 1,75	1,61 - 1,62	10,46 - 11,1
M=100	1,8 - 1,75	1,8 - 1,75	1,61 - 1,62	10,46 - 11,1
Konz. 1	81,4 - 85,7	81,4 - 85,7	93,2 - 92,6	19,1 - 31,5
2	81,4 - 114,3	81,4 - 114,3	93,2 - 92,6	62,2 - 85,6
3	111,1 - 57,2	111,1 - 57,2	93,2 - 123,4	114,8 - 81,1
4	111,1 - 114,3	111,1 - 114,3	93,2 - 92,6	100,4 - 85,6
5	81,4 - 85,7	81,4 - 85,7	62,1 - 61,7	105,2 - 90,1
6	81,4 - 57,2	81,4 - 57,2	62,1 - 61,7	90,8 - 112,7

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
	Tabelle 11 cont.			
Konz. 7	81,4 - 85,7	81,4 - 85,7	62,1 - 61,7	105,2 - 99,1
8	81,4 - 114,3	81,4 - 114,3	62,1 - 92,6	119,5 - 135,2
9	111,1 - 85,7	111,1 - 85,7	62,1 - 61,7	133,9 - 85,6
10	138,9 - 171,4	138,9 - 171,4	155,2 - 154,3	124,3 - 144,2
11	111,1 - 114,3	111,1 - 114,3	124,3 - 124,3	133,9 - 135,2
12	111,1 - 114,3	111,1 - 114,3	186,2 - 185,2	86,0 - 112,7
13	111,1 - -	111,1 - -	155,2 - -	95,6 - -

Angesetzt 1 - 9 am 5. III., 10 - 13: am 6. III. 23. - Bei 13 wurde nur ein Keimling angesetzt.

Tabelle 12. Weizen in HCl.

M=100	2,5 - 2,5	2,5 - 2,65	1,4 - 1,4	9,5 - 9,85
Konz. 2	80,0 - 80,0	60,0 - 56,6	71,4 - 71,4	31,3 - 60,9
3	100,0 - 80,0	80,0 - 56,6	71,4 - 71,4	62,6 - 48,7
4	60,0 - 60,0	60,0 - - ⁺)	71,4 - 71,4	62,6 - - ⁺)
5	80,0 - 80,0	80,0 - 75,5	71,4 - 71,4	84,2 - 60,9
6	80,0 - 100,0	80,0 - 94,3	71,4 - 71,4	79,0 - 76,2
7	100,0 - 80,0	100,0 - - ⁺)	71,4 - 71,4	94,7 - - ⁺)
8	120,0 - 120,0	120,0 - 113,2	121,4 - 121,4	131,6 - 147,2
9	120,0 - 120,0	120,0 - 113,2	92,8 - 92,8	147,3 - 121,8
10	80,0 - 80,0	100,0 - 94,3	71,4 - 71,4	121,1 - 111,7
11	120,0 - 140,0	120,0 - 132,1	142,8 - 142,8	121,1 - 116,8
12	160,0 - 160,0	160,0 - 150,6	214,2 - 214,2	126,3 - 142,1
13	120,0 - 120,0	120,0 - 113,2	142,8 - 142,8	136,9 - 116,8

Angesetzt: 2 - 7 am 8. III.; 8 - 13 am 9. III. 1923. - In Konz. 4 und 7 (+) fiel je ein Keimling zur Untersuchung aus, er war in das Reagenzglas hineingefallen.

Tabelle 13. Erbsen in HCl. - Angesetzt 14. III. 23.

M=100	3,4 - 3,3	4,2 - 3,5	0,82 - 0,82	2,8 - 2,9
Konz. 1	102,9 - 106,0	83,3 - 100,0	182,9 - 182,9	53,5 - 51,7
2	117,6 - 90,9	95,2 - 85,7	121,9 - 121,9	71,4 - 51,7
3	102,9 - 106,0	83,3 - 100,0	121,9 - 121,9	53,5 - 51,7
4	88,2 - 90,9	71,4 - 85,7	121,9 - 121,9	53,5 - 51,7
5	102,9 - 106,0	71,4 - 85,7	121,9 - 121,9	107,1 - 68,9
6	117,6 - 106,0	95,2 - 100,0	121,9 - 121,9	125,0 - 86,2
7	117,6 - 121,2	95,2 - 114,2	60,9 - 60,9	28,5 - 68,9
8	88,2 - 90,9	71,4 - 85,7	60,9 - 60,9	107,1 - 137,9
9	88,2 - 90,9	71,4 - 85,7	60,9 - 60,9	107,1 - 103,4
10	132,3 - 136,3	154,7 - 114,2	121,9 - 121,9	125,0 - 189,6
11	132,3 - 136,3	238,0 - 142,8	182,9 - 182,9	250,0 - 213,7
12	58,8 - 60,6	95,2 - 114,2	0 - 0	107,1 - 86,2
13	58,8 - 60,6	71,4 - 85,7	0 - 0	107,1 - 120,6
aq. dest.	88,2 - 90,9	95,2 - 85,7	121,9 - 121,9	89,2 - 103,1

Tabelle 14. Klee in HCl.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	1,2 - 1,23	1,1 - 1,13	1,03 - 1,06	1,8 - 1,8
Konz. 1	125,0 - 122,0	136,3 - 132,7	97,1 - 94,3	55,6 - 55,6
2	125,0 - 122,0	136,3 - 132,7	97,1 - 94,3	55,6 - 55,6
3	125,0 - 122,0	136,3 - 132,7	97,1 - 94,3	55,6 - 55,6
4	83,3 - 81,3	90,9 - 89,0	145,6 - 141,6	83,3 - 83,3
5	125,0 - 122,0	136,3 - 132,7	145,6 - 141,6	138,9 - 138,9
6	125,0 - 122,0	136,3 - 132,7	97,1 - 141,6	83,3 - 83,3
7	83,3 - 81,3	90,9 - 89,0	145,6 - 141,6	111,1 - 111,1
8	83,3 - 81,3	90,9 - 89,0	145,6 - 94,3	111,1 - 83,3
9	83,3 - 122,0	90,9 - 89,0	145,6 - 141,6	83,3 - 83,3
10	83,3 - 81,3	90,9 - 132,7	145,6 - 141,6	166,6 - 138,9
11	125,0 - 81,3	90,9 - 89,0	48,6 - 47,2	111,1 - 138,9
12	83,3 - 81,3	90,9 - 89,0	48,6 - 47,2	83,3 - 111,1
13	83,3 - 122,0	45,5 - 89,0	48,6 - 47,2	111,1 - 111,1
aq. dest. a	83,3 - 81,3	45,5 - 89,0	48,6 - 47,2	111,1 - 111,1
aq. dest. b	83,3 - 40,7	90,9 - 44,3	48,6 - 94,3	138,9 - 138,9

Angesetzt 1 - 10 und aq. dest. b am 2. III., 11 - 13 und aq. dest. a am 7. III.

Tabelle 15. Senf in HCl.

	1,7 - 1,6	1,5 - 1,4	1,2 - 1,2	2,0 - 2,2
M=100				
Konz. 1	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	83,3 - 83,3	0 - 0
2	176,4 - 156,2	166,2 - 142,8	208,3 - 208,3	75,0 - 68,1
3	235,2 - 250,0	200,0 - 214,2	125,0 - 125,0	100,0 - 90,9
4	205,8 - 218,7	200,0 - 214,2	166,6 - 166,6	125,0 - 156,2
5	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	83,3 - 83,3	100,0 - 68,1
6	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	125,0 - 125,0	125,0 - 113,6
7	176,4 - 125,0	200,0 - 142,8	208,3 - 208,3	150,0 - 136,2
8	29,4 - 31,2	33,3 - 35,7	41,6 - 41,6	50,0 - 159,0
9	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	41,6 - 41,6	50,0 - 113,6
10	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	0 - 0	50,0 - 45,5
11	88,2 - 93,7	100,0 - 107,1	58,3 - 58,3	175,0 - 159,0
12	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	83,3 - 83,3	175,0 - 113,6
13	58,8 - 62,5	66,6 - 71,4	41,6 - 41,6	75,0 - 68,1
aq. dest.	88,2 - 93,7	66,6 - 71,4	83,3 - 83,3	125,0 - 113,6

Angesetzt: 1 - 5 am 12. III., 6 - 7 am 14. III., 8 - 13 und aq. dest. am 16. III.

Tabelle 16. Buchweizen in HCl.

	2,0 - 1,9	2,0 - 1,9	1,2 - 1,2	3,6 - 3,8
M=100				
Konz. 1	75,0 - 78,9	50,0 - 52,6	83,3 - 83,3	27,7 - 26,3
2	25,0 - 52,6	25,0 - 52,6	125,0 - 125,0	55,5 - 52,6
3	50,0 - 52,6	50,0 - 52,6	125,0 - 166,6	69,4 - 78,9
4	150,0 - 105,2	150,0 - 105,2	166,6 - 166,6	166,6 - 105,2
5	150,0 - 131,5	150,0 - 131,5	166,6 - 166,6	152,7 - 144,7
6	75,0 - 78,9	75,0 - 78,9	166,6 - 166,6	138,8 - 144,7

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
	Tabelle 16 cont.			
Konz.7	150,0 - 131,5	150,0 - 131,5	83,3 - 83,3	125,0 - 118,4
8	50,0 - 78,9	50,0 - 78,9	83,3 - 83,3	125,0 - 118,4
9	100,0 - 105,2	100,0 - 105,2	41,6 - 41,6	92,2 - 105,2
10	200,0 - 184,2	200,0 - 184,2	83,3 - 83,3	69,4 - 65,7
11	100,0 - 105,2	100,0 - 105,2	83,3 - 83,3	55,5 - 78,9
12	125,0 - 131,5	125,0 - 131,5	83,3 - 83,3	125,0 - 105,2
13	50,0 - 52,6	50,0 - 52,6	83,3 - 83,3	111,1 - 105,2
aq. dest.	100,0 - 105,2	100,0 - 105,2	83,3 - 83,3	83,3 - 131,5

Angesetzt: 1 - 8 am 13. III., 9 - 13 und aq. dest. am 16. III. 1923.

Tabelle 17. Hafer in NaOH. - 26. III. 1923.

M=100	2,6 - 2,8	3,8 - 3,7	3,0 - 2,9	11,4 - 11,5
Konz.1	230,7 - 178,5	144,7 - 121,6	150,0 - 103,4	78,8 - 73,9
2	76,9 - 107,1	78,9 - 84,5	66,6 - 103,4	48,2 - 52,1
3	134,6 - 125,0	92,1 - 94,5	83,3 - 60,9	83,3 - 69,5
4	96,1 - 89,2	65,7 - 67,5	83,3 - 103,4	92,1 - 100,0
5	96,1 - 178,5	92,1 - 148,6	83,3 - 68,9	109,6 - 126,0
6	173,0 - 142,8	131,5 - 121,6	83,3 - 68,9	109,6 - 78,2
7	57,6 - 125,0	52,6 - 94,5	66,6 - 68,9	114,0 - 134,7
8	57,6 - 53,5	52,6 - 54,0	116,6 - 120,6	109,6 - 126,0
9	76,9 - 71,4	197,3 - 81,0	116,6 - 120,6	135,9 - 91,3
10	76,9 - 71,4	184,2 - 216,2	116,6 - 120,6	140,3 - 143,4
11	76,9 - 71,4	105,2 - 108,1	133,3 - 137,9	122,8 - 113,0
12	96,1 - 89,2	65,7 - 67,5	116,6 - 137,9	92,1 - 95,6
13	38,4 - 17,8	39,4 - 40,5	83,3 - 86,2	65,7 - 104,3

Tabelle 18. Roggen in NaOH. - 24. III. 1923.

M=100	2,0 - 1,9	4,6 - 4,5	1,8 - 1,5	14,3 - 13,4
Konz.1	25,0 - 52,6	54,3 - 111,1	83,3 - 133,3	107,6 - 104,4
2	250,0 - 184,2	130,4 - 111,1	166,6 - 100,0	121,5 - 125,8
3	200,0 - 52,6	163,0 - 188,8	111,1 - 100,0	104,1 - 85,8
4	50,0 - 52,6	173,9 - 144,4	55,5 - 66,6	114,5 - 97,0
5	50,0 - 105,2	108,6 - 133,3	83,3 - 100,0	100,6 - 126,8
6	75,0 - 131,5	184,7 - 155,5	111,1 - 66,6	107,6 - 85,8
7	100,0 - 105,2	54,3 - 55,5	166,6 - 133,3	107,6 - 111,9
8	50,0 - 78,9	32,6 - 44,4	83,3 - 100,0	72,2 - 115,6
9	100,0 - 105,2	54,3 - 55,5	111,1 - 133,3	104,1 - 119,4
10	75,0 - 78,9	86,9 - 66,6	83,3 - 100,0	72,2 - 70,8
11	125,0 - 131,5	65,2 - 33,3	55,5 - 66,6	86,8 - 55,9

Tabelle 19. Gerste in NaOH.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,2 - 2,2	3,1 - 4,2	1,4 - 1,4	13,9 - 14,9
Konz. 1	113,6 - 113,6	161,2 - 119,0	107,1 - 142,8	68,3 - 100,6
2	113,6 - 113,6	80,6 - 130,9	107,1 - 107,1	82,7 - 93,9
3	113,6 - 113,6	96,7 - 142,8	107,1 - 107,1	115,1 - 117,4
4	113,6 - 113,6	96,7 - 71,4	71,4 - 107,1	86,3 - 120,0
5	181,8 - 113,6	177,4 - 119,0	107,1 - 71,4	122,3 - 90,6
6	66,1 - 113,6	112,9 - 154,7	71,4 - 71,4	86,3 - 104,0
7	45,4 - 45,4	112,9 - 166,6	35,7 - 35,7	125,8 - 90,6
8	68,1 - 68,1	64,5 - 47,6	35,7 - 35,7	97,1 - 90,6
9	90,9 - 90,9	64,5 - 47,6	142,8 - 142,8	100,7 - 97,3
10	113,6 - 113,6	80,6 - 59,5	142,8 - 142,8	118,7 - 100,6
11	90,9 - 90,9	64,5 - 47,6	142,8 - 142,8	97,1 - 90,6
Angesetzt: 1 - 8 am 23. III., 9 - 11 am 24. III. 1923.				

Tabelle 20. Weizen in NaOH.

	4,0 - 4,0	6,5 - 5,7	2,5 - 2,5	15,9 - 17,7
M=100				
Konz. 1	87,5 - 87,5	53,8 - 61,4	80,0 - 80,0	66,0 - 67,7
2	100,0 - 100,0	61,5 - 70,1	80,0 - 80,0	69,1 - 73,4
3	75,5 - 75,5	123,0 - 70,1	60,0 - 60,0	69,1 - 115,8
4	112,5 - 100,0	138,4 - 105,2	60,0 - 60,0	106,9 - 101,6
5	125,0 - 100,0	130,7 - 140,2	120,0 - 120,0	141,5 - 124,2
6	75,0 - 75,0	100,0 - 122,8	160,0 - 180,0	119,4 - 121,4
7	175,0 - 150,0	138,4 - 105,2	140,0 - 140,0	125,7 - 112,9
8	125,0 - 137,5	138,4 - 175,4	120,0 - 120,0	128,9 - 124,2
9	75,0 - 125,0	76,9 - 105,2	120,0 - 120,0	100,6 - 90,3
aq. dest.	50,0 - 50,0	30,7 - 35,0	40,0 - 40,0	69,1 - 64,9

Angesetzt: 1 - 4 am 9. III.; 5 - 9 und aq. dest. am 9. III. 1923.

Tabelle 21. Erbsen in NaOH. - 14. III. 1923.

	3,7 - 3,5	6,6 - 6,7	1,0 - 1,0	3,7 - 3,8
M=100				
Konz. 1	94,5 - 100,0	53,0 - 52,2	150,0 - 150,0	32,4 - 39,4
2	108,1 - 114,2	60,6 - 59,7	100,0 - 100,0	67,5 - 92,0
3	135,1 - 114,2	75,7 - 74,6	100,0 - 100,0	81,0 - 78,9
4	108,1 - 114,2	75,7 - 194,0	100,0 - 100,0	175,6 - 210,5
5	81,0 - 71,4	136,3 - 111,9	50,0 - 50,0	67,5 - 65,7
6	108,1 - 85,7	159,0 - 97,0	100,0 - 100,0	175,6 - 92,0
7	81,0 - 85,7	128,7 - 134,3	100,0 - 100,0	121,6 - 131,4
8	81,0 - 85,7	106,0 - 111,9	50,0 - 50,0	108,1 - 105,2
9	108,1 - 114,2	75,7 - 59,7	100,0 - 100,0	94,5 - 92,0
10	108,1 - 114,2	121,2 - 104,4	100,0 - 100,0	108,1 - 65,7
11	81,0 - 85,7	106,0 - 104,4	150,0 - 150,0	67,5 - 118,4

Tabelle 21 a. Erbsen in NaOH. - 23. III. 23.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,7 - 2,7	5,1 - 4,8	0 - 0	1,8 - 1,8
Konz. 1	111,1 - 111,1	58,8 - 62,5		92,3 - 138,8
2	111,1 - 111,1	58,8 - 62,5		111,1 - 83,3
3	92,5 - 92,5	49,6 - 52,0		0 - 0
4	92,5 - 92,5	49,6 - 145,8		55,5 - 166,6
5	111,1 - 111,1	117,5 - 62,5		111,1 - 55,5
6	92,5 - 92,5	186,2 - 104,1	0 - 0	111,1 - 55,5
7	92,5 - 92,5	186,2 - 93,7		111,1 - 111,1
8	74,0 - 74,0	58,8 - 156,2		55,5 - 111,1
9	111,1 - 111,1	78,4 - 177,0		83,3 - 55,5
10	111,1 - 111,1	88,2 - 93,7		83,3 - 83,3
11	92,5 - 92,5	166,6 - 93,7		194,4 - 111,1

Tabelle 22. Klee in NaOH.

	0,77 - 0,77	1,6 - 1,7	0,72 - 0,72	2,6 - 2,5
M=100	0,77 - 0,77	1,6 - 1,7	0,72 - 0,72	2,6 - 2,5
Konz. 1	64,9 - 64,9	31,2 - 29,4	69,4 - 69,4	76,9 - 80,0
2	64,9 - 64,9	93,7 - 117,6	69,4 - 69,4	76,9 - 120,0
3	64,9 - 64,9	112,5 - 105,8	69,4 - 69,4	96,1 - 100,0
4	194,8 - 194,8	125,0 - 117,6	138,8 - 138,8	134,6 - 140,0
5	129,8 - 129,8	158,2 - 147,0	138,8 - 138,8	134,6 - 140,0
6	64,9 - 64,9	93,7 - 117,6	69,4 - 69,4	115,3 - 100,0
7	64,9 - 64,9	112,5 - 105,8	69,4 - 69,4	134,6 - 100,0
8	64,9 - 64,9	112,5 - 88,2	69,4 - 69,4	96,1 - 80,0
9	129,8 - 129,8	93,7 - 88,2	138,8 - 138,8	76,9 - 80,0
10	129,8 - 129,8	93,7 - 88,2	138,8 - 138,8	69,2 - 72,0
11	129,8 - 129,8	93,7 - 88,2	138,8 - 138,8	96,1 - 80,0

Angesetzt: 1 - 8 am 20. III., 9 - 11 am 21. III. 23.

Tabelle 23. Senf in NaOH.

	1,2 - 1,2	1,4 - 1,5	1,2 - 1,2	4,4 - 4,0
M=100	1,2 - 1,2	1,4 - 1,5	1,2 - 1,2	4,4 - 4,0
Konz. 1	166,6 - 166,6	142,8 - 133,3	166,6 - 166,6	90,9 - 87,5
2	125,0 - 125,0	71,4 - 100,0	125,0 - 125,0	79,5 - 75,0
3	41,6 - 41,6	35,7 - 100,0	41,6 - 41,6	90,9 - 75,0
4	83,3 - 83,3	107,1 - 66,6	83,3 - 83,3	90,9 - 125,0
5	83,3 - 83,3	107,1 - 133,3	83,3 - 83,3	147,7 - 112,5
6	83,3 - 83,3	107,1 - 133,3	83,3 - 83,3	136,3 - 112,5
7	83,3 - 83,3	142,8 - 100,0	83,3 - 83,3	102,2 - 137,5
8	125,0 - 125,0	71,4 - 100,0	125,0 - 125,0	125,0 - 100,0
9	83,3 - 83,3	107,1 - 100,0	83,3 - 83,3	90,9 - 100,0
10	83,3 - 83,3	71,4 - 66,6	83,3 - 83,3	90,9 - 100,0
11	125,0 - 125,0	128,5 - 86,6	125,0 - 125,0	56,8 - 87,5

Angesetzt: 1 - 4 am 18. III., 5 - 11 am 19. III. 1923.

Tabelle 24. Buchweizen in NaOH.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	2,4 - 2,3	3,2 - 3,1	1,0 - 1,0	4,4 - 3,6
Konz. 1	104,1 - 108,6	78,1 - 80,6	100,0 - 100,0	22,7 - 55,5
2	125,0 - 130,4	93,7 - 96,7	100,0 - 100,0	22,7 - 27,7
3	62,5 - 65,2	46,8 - 48,3	100,0 - 100,0	102,2 - 152,7
4	83,3 - 86,9	78,1 - 64,5	100,0 - 100,0	136,3 - 111,1
5	104,1 - 108,6	125,0 - 145,1	100,0 - 100,0	125,0 - 180,5
6	125,0 - 130,4	140,6 - 145,1	100,0 - 100,0	147,7 - 166,6
7	104,1 - 108,6	125,0 - 112,9	100,0 - 100,0	170,4 - 69,4
8	104,1 - 108,6	109,3 - 96,7	100,0 - 100,0	122,2 - 27,7
9	83,3 - 86,9	93,7 - 80,6	100,0 - 100,0	125,0 - 111,1
10	145,8 - 130,4	109,3 - 129,0	100,0 - 100,0	90,9 - 152,7
11	125,0 - 86,9	93,7 - 96,7	100,0 - 100,0	45,4 - 55,5

Angesetzt: 1 - 4 am 18. III., 5 - 11 am 19. III. 1923.

Tabelle 25. Hafer in NH₄OH. - 25. III. 1923.

	1,6 - 1,0	2,5 - 2,5	1,7 - 1,7	9,4 - 8,7
M=100				
Konz. 1	62,5 - 166,6	40,0 - 120,0	88,2 - 88,2	15,9 - 17,2
2	93,7 - 83,3	60,0 - 60,0	117,6 - 117,6	26,5 - 28,7
3	93,7 - 83,3	100,0 - 80,0	117,6 - 117,6	26,5 - 22,9
4	125,0 - 111,1	80,0 - 80,0	58,8 - 58,8	21,2 - 22,9
5	62,5 - 55,5	60,0 - 60,0	88,2 - 58,8	42,5 - 34,4
6	93,7 - 83,3	100,0 - 60,0	88,2 - 88,2	90,4 - 57,4
7	125,0 - 83,3	120,0 - 80,0	88,2 - 117,6	138,2 - 80,4
8	125,0 - 138,8	200,0 - 280,0	117,6 - 147,0	127,6 - 189,6
9	93,7 - 83,3	120,0 - 80,0	88,2 - 88,2	223,4 - 201,1
10	125,0 - 83,3	120,0 - 120,0	117,6 - 117,6	223,4 - 229,8
11	125,0 - 111,1	100,0 - 80,0	117,6 - 117,6	159,5 - 212,6

Tabelle 26. Roggen in NH₄OH.

	1,9 - 1,9	2,4 - 2,5	2,0 - 1,8	6,9 - 6,2
M=100				
Konz. 1	52,6 - 78,9	41,6 - 60,0	100,0 - 111,1	28,9 - 32,2
2	78,9 - 78,9	62,5 - 60,0	75,0 - 83,3	21,7 - 24,1
3	105,2 - 105,2	125,0 - 100,0	125,0 - 111,1	43,4 - 32,2
4	78,9 - 78,9	62,5 - 60,0	100,0 - 83,3	28,9 - 24,1
5	105,2 - 105,2	83,3 - 80,0	125,0 - 83,3	36,2 - 24,1
6	78,9 - 78,9	62,5 - 60,0	100,0 - 83,3	72,4 - 64,4
7	131,5 - 131,5	104,1 - 120,0	75,0 - 100,6	86,8 - 137,0
8	105,2 - 105,2	125,0 - 160,0	100,0 - 111,1	130,4 - 88,7
9	52,6 - 78,9	62,5 - 100,0	125,0 - 83,3	231,8 - 241,9
10	78,9 - 105,2	125,0 - 180,0	125,0 - 111,1	202,8 - 250,0
11	210,5 - 157,8	229,1 - 100,0	75,0 - 83,3	217,3 - 185,4

Angesetzt: 1 - 6 am 24. III., 7 - 11 am 25. III. 1923.

Tabelle 27. Gerste in NH_4OH .

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	1,6 - 1,6	3,7 - 2,7	1,5 - 1,4	9,9 - 8,7
Konz. 1	62,5 - 93,7	45,9 - 81,4	100,0 - 107,1	18,1 - 22,9
2	93,7 - 93,7	54,0 - 66,6	66,6 - 71,4	13,1 - 14,2
3	125,0 - 62,5	67,5 - 55,5	133,3 - 107,1	25,2 - 22,9
4	62,5 - 62,5	40,5 - 55,5	33,3 - 71,4	15,1 - 22,9
5	93,7 - 93,7	54,0 - 92,5	66,6 - 71,4	75,7 - 109,1
6	93,7 - 93,2	54,0 - 55,5	33,3 - 35,7	95,9 - 28,7
7	93,7 - 93,7	148,6 - 148,1	100,0 - 107,1	121,2 - 149,4
8	187,5 - 187,5	162,1 - 111,1	133,3 - 142,2	131,3 - 149,4
9	125,0 - 125,0	148,6 - 185,1	166,6 - 142,8	217,1 - 206,8
10	93,7 - 93,7	189,1 - 92,5	133,3 - 107,1	202,0 - 189,6
11	125,0 - 125,0	121,6 - 166,6	100,0 - 107,1	181,8 - 178,1

Angesetzt: 1 - 6 am 24. III., 7 - 11 am 25. III. 23.

Tabelle 28. Weizen in NH_4OH . - 18. III. 23.

M=100	3,9 - 3,8	4,2 - 4,3	1,7 - 1,7	9,2 - 8,8
Konz. 2	102,5 - 105,2	95,2 - 93,0	88,2 - 88,2	21,7 - 22,7
3	102,5 - 78,9	95,2 - 69,7	117,6 - 88,2	32,6 - 22,7
4	102,5 - 105,2	95,2 - 93,0	88,2 - 88,2	27,1 - 34,0
5	128,2 - 131,5	119,0 - 116,2	117,6 - 117,6	27,1 - 28,4
6	102,5 - 105,2	96,2 - 93,0	58,8 - 58,8	97,8 - 102,2
7	64,1 - 65,7	83,3 - 58,1	147,0 - 88,2	97,8 - 85,2
8	*)			
9	76,9 - 118,4	83,3 - 116,2	117,6 - 176,4	152,1 - 176,1
10	89,7 - 92,1	83,3 - 162,7	88,2 - 88,2	217,3 - 272,7
11	128,2 - 92,1	142,8 - 146,5	88,2 - 88,2	228,2 - 159,0

*) Konz. 8: Keimlinge vertrocknet, da die Reagenzgläser zerbrochen waren.

Tabelle 29. Erbsen in NH_4OH . - 23. III. 23.

M=100	2,4 - 2,4	4,2 - 4,2	0,45 - 0,45	2,5 - 2,4
Konz. 1	145,8 - 125,0	83,3 - 71,4	222,2 - 222,2	20,0 - 20,8
2	125,0 - 125,0	71,4 - 71,4	222,2 - 222,2	20,0 - 20,8
3	166,6 - 166,6	95,2 - 95,2	222,2 - 222,2	20,0 - 20,8
4	83,3 - 83,3	47,6 - 47,6	0 - 0	8,0 - 8,3
5	83,3 - 83,3	47,6 - 47,6	0 - 0	8,0 - 8,3
6	83,3 - 83,3	47,6 - 47,6	0 - 0	80,0 - 83,3
7	83,3 - 83,3	47,6 - 47,6	0 - 0	60,0 - 125,0
8	83,3 - 83,3	47,6 - 130,4	0 - 0	80,0 - 145,8
9	41,6 - 41,6	178,5 - 154,7	111,1 - 111,1	180,0 - 229,1
10	125,0 - 125,0	238,0 - 226,1	222,2 - 222,2	360,0 - 312,5
11	83,3 - 83,3	202,3 - 154,7	111,1 - 111,1	280,0 - 145,8

Tabelle 30. Klee in NH₄OH.

	Wurzeln beim Ansetzen	Wurzeln nach 10 Tagen	Spross beim Ansetzen	Spross nach 10 Tagen
M=100	0,95 - 1,0	1,3 - 1,4	0,8 - 0,75	0,96 - 0,91
Konz. 2	52,6 - 50,0	38,4 - 35,7	62,5 - 66,6	104,1 - 109,8
3	52,6 - 50,0	38,4 - 35,7	125,0 - 133,3	156,2 - 163,8
4	105,2 - 100,0	76,9 - 71,4	125,0 - 133,3	156,2 - 163,8
5	105,2 - 100,0	115,3 - 107,1	187,5 - 200,0	104,1 - 109,8
6	105,2 - 100,0	76,9 - 71,4	187,5 - 133,3	156,2 - 109,8
7	52,6 - 100,0	38,4 - 71,4	62,5 - 66,6	52,0 - 54,9
8	157,8 - 150,0	115,3 - 107,1	62,5 - 66,6	52,0 - 54,9
9	105,2 - 100,0	192,3 - 128,5	62,5 - 66,6	82,2 - 87,9
10	105,2 - 100,0	153,8 - 178,5	62,5 - 66,6	82,2 - 87,9
11	157,8 - 150,0	146,1 - 157,1	62,5 - 66,6	52,0 - 54,9

Angesetzt: 2 - 7 am 21. III., 8 - 11 am 25. III. 23.

Tabelle 31. Senf in NH₄OH. - 18. III. 23.

	1,6 - 1,5	1,6 - 1,5	1,1 - 1,1	1,6 - 1,7
M=100	1,6 - 1,5	1,6 - 1,5	1,1 - 1,1	1,6 - 1,7
Konz. 2	62,5 - 66,6	82,5 - 66,6	90,9 - 90,9	62,5 - 58,8
3	31,2 - 33,3	31,2 - 33,3	0 - 0	0 - 0
4	62,5 - 66,6	62,5 - 66,6	136,3 - 136,3	93,7 - 88,2
5	62,5 - 66,6	62,5 - 66,6	136,3 - 136,3	93,7 - 88,2
6	187,5 - 200,0	187,5 - 200,0	90,9 - 90,9	62,5 - 58,8
7	62,5 - 66,6	62,5 - 66,6	136,3 - 136,3	125,0 - 117,6
8	93,7 - 66,6	93,7 - 66,6	90,9 - 90,9	93,7 - 117,6
9	93,7 - 100,0	93,7 - 100,0	90,9 - 90,9	93,7 - 88,2
10	187,5 - 200,0	87,5 - 200,0	181,8 - 181,8	156,2 - 147,0
11	125,0 - 133,3	125,0 - 133,3	45,4 - 45,4	218,7 - 205,8

Tabelle 32. Buchweizen in NH₄OH. - 18. III. 23.

	2,5 - 2,5	2,5 - 2,5	0,95 - 0,95	2,9 - 2,4
M=100	2,5 - 2,5	2,5 - 2,5	0,95 - 0,95	2,9 - 2,4
Konz. 2	200,0 - 160,0	200,0 - 160,0	105,2 - 105,2	34,4 - 41,6
3	100,0 - 100,0	100,0 - 100,0	52,6 - 52,6	17,2 - 20,8
4	120,0 - 120,0	120,0 - 120,0	105,2 - 105,2	34,4 - 41,6
5	80,0 - 100,0	80,0 - 100,0	105,2 - 105,2	34,4 - 41,6
6	72,0 - 60,0	72,0 - 60,0	105,2 - 105,2	34,4 - 41,6
7	60,0 - 60,0	60,0 - 60,0	105,2 - 105,2	34,4 - 62,5
8	100,0 - 100,0	100,0 - 100,0	105,2 - 105,2	103,4 - 166,6
9	100,0 - 100,0	100,0 - 100,0	105,2 - 105,2	137,9 - 104,1
10	80,0 - 80,0	80,0 - 80,0	105,2 - 105,2	327,5 - 270,8
11	80,0 - 100,0	100,0 - 120,0	105,2 - 105,2	224,1 - 187,5

LITERATUR-VERZEICHNIS.

- (1) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, 2. ed., Leipzig 1897. - (2) MITSCHERLICH, Bodenkunde, 4. ed. Berlin 1923. - (3) FITTING, Untersuchungen über d. Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle, in Pringsh. Jahrb. LVI, 1915. - (4) HILTNER, Versuche über das Wachstum der Pflanzen in Nährlösungen, in Landw. Jahrb. für Bayern 1913, Nr. 10. - (5) STIEHR, Über das Verhalten der Wurzelhärchen gegen Lösungen, Diss. Kiel 1903. - (6) ONODERA, Untersuchungen über die Beschädigung der Pflanzen durch Säuren und über die Reizwirkung der Säuren auf Pflanzen, in Ber. des Chara-Instituts f. landwirtschaftl. Forschungen in Kuraschike, Japan, I, Heft 1, 1916. - (7) OLSEN, Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants, in Travaux du Laboratoire Carlsberg, XV, nr. 1, 1923. - (8) ARRHENIUS, Absorption of nutrients and plant growth in relation to hydrogen ion concentration, in Journ. of General Physiology V, nr. 1, 1922. - (9) ARRHENIUS, G., Hydrogen ion concentration, soilproperties and growth of higher plants (in Ark. f. Bot. XVII, nr. 1, Stockholm 1922). - (10) HANSTEEN CRANNER, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen I und II (in Pringsh. Jahrb. XXXVII, 1910. - (10a) HANSTEEN CRANNER, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen III (l.c. LIII, 1914). - (10b) HANSTEEN CRANNER, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen, in Meldinger fra Norges Landbruks høgskole II, 1-2, Kristiania 1922. - (11) SCHULTZ, Max, Studien über den Einfluss von Nitriten auf die Keimung von Samen und auf das Wachstum von Pflanzen, Diss. Königsberg 1903. - (12) PRJANISCHNIKOW, Das Ammoniak als Anfangs- und Endprodukt des Stickstoffumsatzes in den Pflanzen (in Landw. Versuchsstat. IC, Heft 4 - 5, 1922). - (13) CZAPEK, Zur Lehre von den Wurzel-Ausscheidungen (in Pringsh. Jahrb. XXIX, 1896). - (14) KUNZE, Über Säureausscheidung bei Wurzeln und Pilzhyphen und ihre Bedeutung, in Pringsh. Jahrb. XXXII, 1906. - (15) BRENNER, Studien über die Empfindlichkeit und Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Säuren und Basen, in Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar LX, 1917-18. - (16) KRIZENECKY, Einige Experimente über die verschiedene Giftigkeit von Hydroxyl- u. Wasserstoff-Ionen, in Pflügers Arch. CLXIV, 1916. - (17) KAPPEN, Untersuchungen an Wurzelsäften (in Landw. Versuchsstationen LXXXI, 1916). - (17a) KAPPEN, Über die Aziditätsformen des Bodens und ihre pflanzenphysiologische Bedeutung, in Landw. Versuchs-Stationen LXXXVI, 1920. - (18) HOAGLAND, Relation of the Concentration and reaction of the nutrient medium to the growth and absorption of the plant, in Journal of agricultural research XVIII, nr. 2, Washington 1919. - (19) LEMMERMANN und FRESSENIUS, Untersuchungen über die Azidität der Böden und ihre Wirkung auf keimende Pflanzen, in Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung Teil A, Band I, Heft 1, Berlin 1922. - (20) BOKORNY, Einwirkung einiger basischer Stoffe auf Keimpflanzen, Vergleich mit der Wirkung auf Mikroorganismen, in Centralbl. f. Bakteriologie XXXII, 1912. - Fast erschöpfende Zusammenstellungen der einschlägigen Literatur finden sich in den Literaturverzeichnissen von (7), OLSEN, und (9), ARRHENIUS.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im landwirtschaftlichen Institut der Universität Königsberg ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH, sage ich an dieser Stelle für das grosse Interesse und die gütige Unterstützung, die er meinen Arbeiten jederzeit in weitgehendstem Masse zuteil werden liess, meinen herzlichsten, ergebensten Dank aus.

Auch Herrn Dr. DÜHRING, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand, und den Herrn BOTHO v. ROSE und Dr. WAGNER, die mir in liebenswürdigster Weise beim Ansetzen der Versuche behilflich waren, spreche ich hiermit meinen herzlichsten Dank aus.