

Über die Einwirkung von Silbernitrat auf die Keimfähigkeit von Getreidekörnern.

Von H. Schroeder.

Vor etwas über Jahresfrist hat V. Birckner¹⁾ in dieser Zeitschrift meine Angaben, dass Gerste nach 24stündiger Behandlung mit 5%iger Silbernitratlösung normal keimen könne, in Zweifel gezogen bzw. als unersichtlich bezeichnet. Ebenso hat derselbe — indem er meine Arbeitsweise oberflächlich nennt — die entsprechenden Ergebnisse meiner Versuche mit Weizen, wenn auch nicht gerade direkt bestritten, so doch durch Benutzung von Worten wie „angeblich“, „gibt an“ zum mindesten als fragwürdig hingestellt.

Ich möchte dieser anmaßenden Kritik gegenüber mit neuen Tatsachen aufwarten.

I.

Zuvor sei des mir gemachten Vorwurfes gedacht, dass es unzulässig sei, aus Versuchen mit 11 Individuen Keimungsprozente zu berechnen²⁾. Dessen war ich mir natürlich jederzeit bewusst und habe eben darum bei allen Versuchen mit geringer Individuenzahl die absoluten Werte zugefügt. Die Prozentzahlen sollten lediglich bequeme Vergleichsdaten liefern. Vielleicht wäre es, um dies schärfer hervorzuheben, zweckmäßiger gewesen, auf eine andere Zahl zu beziehen als gerade auf 100. Übrigens stützte ich mich, um die Widerstandsfähigkeit gegen die Silberlösung zu erweisen, nicht nur auf diesen einen von Birckner bemängelten Versuch, sondern es lag noch eine ganze Anzahl weiterer vor, die auch zum Teil in meiner Arbeit mitgeteilt sind³⁾.

Die Beschränkung in der Individuenzahl war für mich in manchen Fällen schlechtweg eine Notwendigkeit. Nämlich dann, wenn es darauf ankam, den Erfolg des Sterilisationsverfahrens für jedes einzelne Korn separatim zu prüfen. Das verlangte zur Vermeidung einer nachträglichen Infektion beim Auswaschen, Nachquellen und Versetzen in die Nährbouillon, zumal bei den für derartige Arbeiten damals recht unzulänglichen Einrichtungen des Bonner botanischen Institutes, umständliche Manipulationen, die sich nur in kleinem Umfange durchführen ließen. Außerdem richteten sich aber die Anforderungen an die Individuenzahl nach der Höhe der Ausschläge. Wenn z. B. von 24 Körnern nach 18 Stunden

1) Band 33 (1913), S. 181, speziell S. 188, 189. Die angegriffene Arbeit: Centralblatt für Bakteriologie etc., II. Abteil., Bd. 28 (1910), S. 492, im folgenden einfach zitiert als: Schroeder.

2) Der ganze Versuch umfasste übrigens immerhin 27 Individuen. Schroeder: S. 502.

3) Schroeder: S. 494, 503.

Behandlung mit 0,2 oder 0,7% HgCl_2 nicht ein einziges keimt, nach 24 Stunden 5% AgNO_3 hingegen von der gleichen Anzahl volle 20 Stück⁴⁾, so genügen diese Zahlen, um die Tatsache einer Verschiedenheit in der Wirkung beider Salze und die relative Harmlosigkeit des Silbernitrates zu erweisen.

II.

Was zunächst die Frage nach der Möglichkeit einer normalen Entwicklung der Keimpflanzen nach 24stündiger Weiche in 5% Silbernitrat anbelangt, so habe ich im vorigen Sommer meine Versuche mit rotem Schlanstedter Sommerweizen, mit Hannagerste und mit nackter oder Edelgerste⁵⁾ wiederholt. Der Gang der Behandlung war folgender:

18 oder 24 Std. 5% AgNO_3 (eine Serie hell, eine dunkel).

3 $\frac{1}{2}$ Std. 5% NaCl (einmal erneuert).

4 Std. 0,5% NaCl .

Wasser so lange, dass eine Gesamtweichdauer von 52 Stunden resultierte.

Die Nachbehandlung wurde gleichfalls in verschiedenen Serien — hell neben dunkel — durchgeführt, derart, dass die am längsten dunkel gehaltenen selbst die ersten Keimungsstadien bei Lichtabschluss durchliefen, während andere nach beendigter Weiche, andere nach Abschluss der NaCl -Wirkung ins Helle verbracht wurden. Da diese ungleiche Behandlung Verschiedenheiten nicht bewirkte, gehe ich nicht weiter darauf ein.

Es entwickelte sich danach von jeder Probe ein größerer oder geringerer Prozentsatz — davon gleich — völlig normal. Ganz besonders deutlich lässt sich dies beim Weizen erkennen, da bei diesem die drei ersten schon im Ruhezustand ziemlich weit ausgebildeten Würzelchen namentlich bei Bauchlage des Kornes regelmäßig übers Kreuz gestellt vordringen und ihnen danach seitlich zwei weitere folgen⁶⁾. Schädigungen, wie solche in später zu besprechenden Versuchen an Samen mit entblößtem Embryo regelmäßig auftreten, dokumentieren sich sofort durch Verringerung der Wurzelzahl, die bis zum gänzlichen Fehlen sich steigern kann, Kurzbleiben von einem oder mehreren der Würzelchen oder geringer Länge der Coleoptile. Die von mir als normal keimend bezeichneten Körner zeigten von alledem nichts, auch brach in der Folge die Plumula in typischer Weise durch. War dies geschehen, so wurden, wie schon früher⁷⁾, Stichproben von je 10 Keimlingen

4) Schroeder: S. 494.

5) Sämtlich von Haage u. Schmidt, Erfurt.

6) Vergl. Körnicke in Körnicke-Werner: Handbuch des Getreidebaues, Bd. I, S. 23.

7) Schroeder: S. 504 (damals Sägemehl; diesmal Gartenerde + Sand).

in Töpfe verpflanzt und diesmal sogar bis zur Blühreife beobachtet. Alle 50 derart gezogene Pflanzen entwickelten sich gut weiter und kamen ohne jeden Ausfall zur Blüte. Beistehend Reproduktionen einiger der Töpfe mit blühenden Versuchspflanzen nach Photographien, für deren Herstellung ich Herrn Dr. Harder verpflichtet bin. Das wird genügen, um die Möglichkeit einer normalen, d. h. ohne Regeneration verlorener Teile verlaufenden, Entwicklung nach 24stündiger Weiche in 5% Silbernitrat zu erweisen.

III.

In den Keimprozenten hatte ich in diesen Versuchen zum Teil einen erheblichen Ausfall. Denn es keimten vom Sommerweizen, und zwar in allen Serien etwa gleichmäßig⁸⁾ nur 37—56%, von der Hannagerste 65—82% und von der nackten Gerste etwa 25—40%. Da nun ohne Silbernitrat *caeteris paribus* die Keimfähigkeit für Weizen 99—100%, für Hannagerste nach 48 Std. Weiche 38—50%, nach 72 Std. Weiche 84% und für nackte Gerste 79—89% betrug, so war nur für die Hannagerste eine dem normalen Wert entsprechende Keimungszahl erreicht, während Weizen und nackte Gerste rund 50% Ausfall ergaben.

Um zuverlässig unversehrten und gut ausgereiften Weizen zu erhalten, setzte ich meine Versuche bis zur Ernte 1913 aus und besorgte mir dann im August Weizenähren direkt vom Felde⁹⁾, die ich als solche aufbewahrte und aus denen ich mir die Einzelkörner zu den Versuchen jeweils herauslöste. Mit diesen musste ich bis Anfang Dezember warten, da vordem nur vereinzelte Körner keimten. Dann erst war die Nachreife beendet und es keimten von den Kontrollen durchgängig 99—100%. Genau der gleiche Prozentsatz entwickelte sich aber auch nach 24stündiger Weiche in 5% Silbernitrat und entsprechender Nachbehandlung, wie folgender Versuch lehrt:

- Serie A. 24 Std. 5% AgNO_3 geheiztes Zimmer,
 B. 24 „ 5% AgNO_3 ungeheiztes Zimmer,
 C. 18 „ wie A,
 D. 18 „ wie B.

Mit der Nachbehandlung war ich in diesen Versuchen übertrieben¹⁰⁾ vorsichtig und ließ 6 Std. in 2%, 18 Std. in 0,2%, 24 Std. in ganz verdünntem NaCl, und zwar all dies im kühlen Raum. Zum Schluss weichte ich noch 24 Std. in Wasser im warmen Zimmer nach. Es keimten:

8) Siehe vorstehend: S. 9.

9) In Laubenheim bei Mainz.

10) „Übertrieben“, weil das gleiche Resultat, 100% Keimlinge, auch bei einfacherer Nachbehandlung erzielt werden konnte. Es genügte nach dem Silber zweimaliges kurzes Abspülen mit Wasser, gefolgt von:

	Nach 2 Tagen	Nach 3 Tagen	Nach 7 Tagen
Serie A.	92	98	100 %,
B.	97	98	100 %,
C.	93	97	99 %,
D.	96	98	99 %,

oder da jeweils 100 Stück benutzt wurden, von 400 nicht weniger wie 398, d. h. 99,5%. Von den beiden nicht gekeimten war überdies das eine am Embryo deutlich verletzt.

Die Entwicklung wurde — wie immer — bis zum Durchbruch der Plumula verfolgt und ergab keinerlei Abweichung von den unbehandelten Körnern.

Ich konnte aber die Einwirkungsdauer des Silbernitrates auf volle 72 Stunden ausdehnen, ohne die Keimfähigkeit zu vernichten.

50 Körner, die im Warmen 72 Std. mit 5% Silbernitrat behandelt waren, keimten sämtlich, und von 50, die im Kühlen dem gleichen Verfahren unterworfen wurden, 48. Allerdings entwickelten sich in diesen Versuchen nicht mehr alle Keimlinge normal, denn bei 3—4 von jeder Serie verkrümmte die Coleoptile in eigentümlicher Weise¹¹⁾, bei den übrigen zeigte sich bis zum Durchbruch der Plumula keine Abweichung vom Typus.

Nehme ich meine Versuche zusammen, so ergeben sie bei 685 Weizenkörnern, die 24 Std. mit 5% Silbernitrat behandelt wurden, 681 oder 99,4% normaler Keimpflanzen.

In Übereinstimmung damit keimten je 100 Körner, nach 24 Std. Quellung in $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ Normalsilbernitrat, sämtlich ohne jede Spur einer Schädigung.

Aber auch eine höhere Silbernitratkonzentration, nämlich 10%, wurde 17 Std. lang ohne Schädigung ertragen. Denn aus 100 derart behandelten Körnern erwachsen ebensoviele normale Keimpflanzen¹²⁾.

IV.

Dass es sich bei dieser Resistenz um eine Schutzwirkung, ausgeübt von einer selektiv-permeablen Hülle, handle, hatte ich seinerzeit u. a. daraus erschlossen, dass Körner mit entblößtem Embryo schon bei einer kürzeren (14 Std.) Silbernitratbehandlung

3 Std. 2% NaCl, dann Wasserweiche oder

24 Std. 0,2% NaCl, danach Wasserweiche oder

48 Std. ca. 0,02% NaCl, gefolgt von sofortigem Auslegen ins Keimbett.

Jede dieser drei Serien umfasste 50 Körner, die sich ausnahmslos normal entwickelten und das bis zum Durchbruch der Plumula durch die in üblicher Länge ausgebildete Coleoptile.

11) Siehe im folgenden: S. 12 und 20.

12) Behandlung: 17 Std. 10% AgNO_3 ; 6 Std. ca. 3 $\frac{1}{4}$ % NaCl;

18 Std. 0,2% NaCl; 8 Std. Wasser.

Von 100 Körnern nach 48 Std. Keimbett gekeimt 100.

ausnahmslos zugrunde gingen¹³⁾. Hier das ausführlich mitgeteilte Resultat der Wiederholungsversuche, bei denen ich mir die Arbeit insofern erleichterte, als ich nicht mehr den Embryo in seiner ganzen Ausdehnung freilegte, sondern mich damit begnügte, durch vorsichtiges Anritzen mit einer Nadel die Kontinuität der Hüllen über demselben zu unterbrechen. Das Ergebnis war eine volle Bestätigung meiner früheren Versuche. Denn von je 25 derart verletzter Samen keimte nach 24 Std. in 5% AgNO_3 nicht einer. Ebensowenig trat bei den auf diese Weise angeritzten Körnern Keimung ein, wenn die Konzentration der Silberlösung auf $\frac{1}{100}$ Normal, also etwa $\frac{1}{30}$ des obigen Wertes herabgesetzt wurde.

Die in gleicher Weise wie oben (S. 10) durchgeführte Nachbehandlung war auch bei entblößtem Embryo ohne schädigende Wirkung. So entwickelten sich von 25 angeritzten Körnern nach 6 Std. 2%, 18 Std. 0,2%, 24 Std. 0,02% NaCl und 24 Std. Wasser 24 normal und eines verkrüppelte. In einem entsprechenden Versuch, in dem auch noch das 2% NaCl wegblieb, sonst in gleicher Weise verfahren wurde, keimten alle normal. Oder mit anderen Worten, die Nachbehandlung ergab quantitativ und qualitativ dasselbe wie die Kontrollen, womit zugleich die Harmlosigkeit der Schalenverletzung an sich dargetan ist, was außerdem noch in einem besonderen Versuche erwiesen wurde.

Wurde bei den, wie angegeben, verwundeten Körnern die Dauer der Silberwirkung herabgesetzt, so ergab sich bei den wenigen von mir in dieser Richtung angestellten Versuchen das vorauszusehende Resultat, dass die Schädigung mit Abnahme der Wirkungszeit wie der Konzentration zurückging.

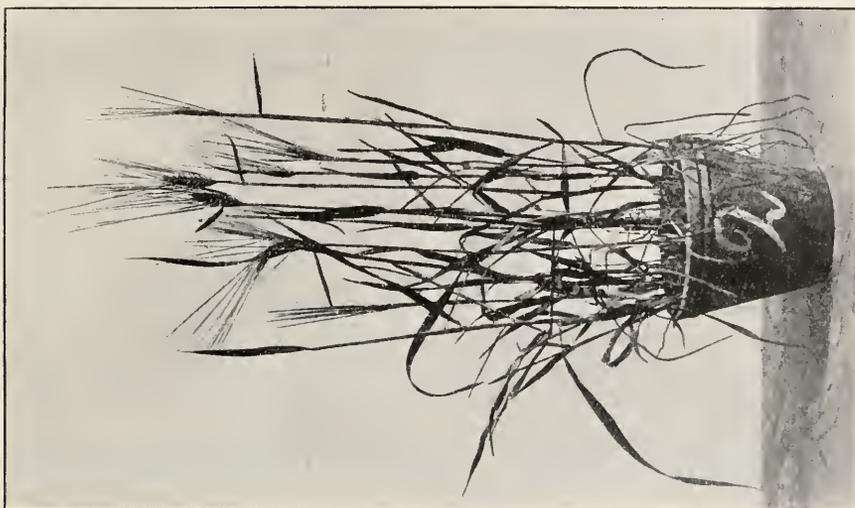
Körner mit über dem Embryo verletzter Schale:

5% AgNO_3 , 4 Std.: Von 20 Samen keimt nicht einer.

$\frac{1}{100}$ Normal- AgNO_3 , 4 Std.: Von 20 Samen keimen 9.

Aber von diesen entwickeln 4 nur 2 Würzelchen, worunter eines außerdem ohne Blattkeim, und 3 nur je 1 Würzelchen, wobei abermals 1 ohne Blattkeim. Die beiden anderen bildeten zunächst überhaupt keine Wurzeln aus, sondern schoben nur den Blattkeim vor. Durchgängig war ferner die Coleoptile sitzen geblieben, so dass der Blattkeim meist nur aus der verkrümmten Plumula bestand. Kurz von allen 9 oben als keimend bezeichneten Körnern war nicht eines normal. Von den übrigen spitzten, d. h. blieben auf den allerersten Stadien der Keimung stehen 3, während 5 überhaupt kein Anzeichen von Entwicklung verrieten. Selbst nach 2stündiger Einwirkung von $\frac{1}{100}$ Normalsilbernitrat, auf den ungeschützten Embryo war eine Schädigung durchweg erkennbar, wenn

13) Schroeder: S. 494. Bezüglich der anderen Gründe siehe im folgenden: S. 23 und 24.



auch weniger ausgesprochen als in den eben besprochenen Versuchen mit 4 Std. Behandlung.

Aber nicht jede Schalenverletzung oder jede Verletzung überhaupt bewirkt bei ca. 24 Std. Berührung mit 5% AgNO_3 Verlust der Keimfähigkeit. Diesen Effekt haben lediglich Wunden unmittelbar am Embryo oder doch nur in solcher Entfernung von demselben, dass das durch Ausfällung und Adsorption wohl gegen das Wasser zurückbleibende Silbernitrat in der gewählten Einwirkungszeit bis zu ihm zu diffundieren vermag. Denn als ich bei je 25 Körnern die äußerste Spitze bis zum makroskopisch erkennbaren Bloßlegen des Stärkeendosperms glatt abschnitt und sie dann für 24 Std. in 5% oder in $\frac{1}{100}$ Normal- AgNO_3 einbrachte, danach wie oben mit NaCl und Wasser bearbeitete, keimten von der $\frac{1}{100}$ Normalserie alle 25, von der 5%-Serie 21, während 3 der letzteren auffallend in der Entwicklung zurückblieben und eines überhaupt nicht keimte. Schnitte lehrten, dass die am Lichte sich schwärzende Chlorsilberzone, wenn typische Keimung eintrat, nicht bis zum Scutellum reichte, zuweilen allerdings erst unmittelbar davor endete. Bei den nur gespitzten oder nach eingetretener Keimung bald absterbenden Körnern war die Silberlösung bis in die Spitze des Scutellums vorgedrungen¹⁴⁾. Prinzipiell ebenso verhielten sich Körner, die vor der Ag-Weiche durch einen Nadelstich am Rücken verletzt waren. In anderen Versuchen resultierte etwas mehr Ausfall, das ist verständlich und es ist wertlos, hier nach bestimmten Keimungsprozenten zu streben. Die Größe der Wunde, der variable Abstand Embryo, Wunde, die Temperatur mit ihrer Beeinflussung der Diffusionsgeschwindigkeit, geben genügende Gründe für schwankende Resultate.

Als Fazit aus diesen Versuchen mit dem selbstgeernteten Weizen ergibt sich demnach, dass: Die Keimfähigkeit beim unversehrten Material — wie es ohne Auslese beim Isolieren von der Spindel vorlag — durch 24stündige Behandlung mit 5% Silbernitratlösung in keiner Weise alteriert wurde, sondern es resultierte danach der gleiche Prozentsatz normal entwickelter Keimpflanzen wie bei den Kontrollen. Gegenversuche an Körnern mit entblößtem Embryo lehren, dass diese Widerstandsfähigkeit als Membranfunktion anzusprechen sei.

Oder mit anderen Worten genau das, was ich in der angegriffenen Arbeit auf Grund meiner damaligen Befunde behauptet hatte.

14) Als gespitzt bezeichne ich Körner, bei denen der Keimling eben die Schale durchbrochen hat.

V.

Ich habe mich bisher auf Weizen beschränkt, weil mir dieser das Hauptobjekt meiner früheren Arbeiten¹⁵⁾ besonders nahe lag und weil gerade dieser, wie oben ausgeführt, jede Schädigung besonders deutlich erkennen ließ.

Die gleichen Resultate erzielte ich mit Roggen (Ernte 1913 aus hiesiger, Kieler Gegend). Auch dieser stand mir, dank der freundlichen Vermittlung von Herrn Dr. Blohm, ungedroschen zur Verfügung und wurde durch mich von der Spindel gelöst.

Versuch 1. Je 50 Körner. (Vorversuch.)

Behandlung: A. 22 Std. 5% AgNO₃; 7¹/₂ Std. 2% NaCl; 16 Std. 0,2% NaCl.
26 Std. Wasser.
Gesamtweiche: 71¹/₂ St.
B. Kontrolle 50 Std. in Wasser.

Gekeimt nach Tagen:	4	6	9	12	20	Ungekeimt
A.	42	46	47	48	49	1
B.	4	16	36	46	46	4

Versuch 2. Je 100 Körner.

Behandlung: A. 24 Std. 5% AgNO₃; 5¹/₂ Std. 2% NaCl; 17¹/₂ Std. 0,2% NaCl.
24 Std. Wasser.
Gesamtweiche: 71 Std.
B. Kontrolle 65 Std. in Wasser.

Gekeimt nach Tagen:	2	4	9	Ungekeimt
A.	61	96	96 (ferner 1 nur gespitzt)	3
B.	44	72	96 (ferner 2 gespitzt)	2

Die Plumula hatte die Coleoptile durchbrochen:

Nach Tagen:	7	8	9
Bei A in	70	85	91 Fällen
Bei B in	57	77	87 „

Diese 91 Keimpflanzen hatten sich trotz der Silberbehandlung in typischer Weise entwickelt¹⁶⁾. Zu ihnen kommen noch 5, denen

15) Vergl. außer der mehrfach zitierten Arbeit auch: Flora 102 (1911), S. 186.

16) Vielleicht waren die, übrigens sonst gut ausgebildeten, Wurzelhaare bei den mit Silber behandelten Pflanzen nicht ganz so zahlreich als bei den Kontrollen. Doch bin ich dem nicht weiter nachgegangen, so dass auch andere Ursachen als die Silberbehandlung wirksam gewesen sein können.

der Durchbruch durch die Schale Schwierigkeiten bereitete. Von 4 derselben wurden diese überwunden, während 1 mit seiner aus der Coleoptile hervorgestreckten Plumula innerhalb des breiigen Endosperms in mannigfacher Weise hin- und hergewachsen war. Bei den 4 schließlich — natürlich ohne mein Zutun — befreiten brach ebenso die Plumula aus der mehr oder weniger verkrümmten Coleoptile durch und 2 derselben waren in der Lage, zu typischen Keimlingen auszuwachsen. Die beiden anderen hingegen blieben verkrüppelt, besonders behielt die Spitze des ersten Laubblattes eine Einkrümmung neben einer anormalen Verdickung. Bezüglich der möglichen Gründe für diese bei den Kontrollen nicht oder sehr viel seltener beobachteten Anomalie verweise ich auf das Folgende¹⁷⁾. Zunächst dürfen wir sie außer acht lassen, denn selbst, wenn man die fraglichen 5 und ebenso die bloß gespitzten Körner weglässt, resultieren im Silbernitratversuch 91 normale Keimlinge gegen 96 in der Kontrolle oder 95% des normalen Wertes. Andernfalls erhält man die Keimziffer der unbehandelten Proben.

Die Resektionsversuche verliefen beim Roggen genau wie beim Weizen, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Behandlung: Je 20 Körner.

- A. Schale über Embryo durchgerissen.
 - B. Spitze des Kornes weggeschnitten.
 - C. Im oberen Drittel durch einen Nadelstich in der Flanke verletzt.
 - D. Unverletzte Kontrolle.
- A—D: 18 Std. 5% AgNO_3 , $5\frac{1}{2}$ Std. 2% NaCl ; $17\frac{1}{2}$ Std. 0,2% NaCl ; 24 Std. Wasser, Gesamtweiche 65 Std.
- E. Schale über Embryo durchrissen; nicht mit AgNO_3 behandelt, sonst wie oben; also $5\frac{1}{2}$ Std. 2% NaCl u. s. w.; Gesamtweiche 47 Std.

Nach 8 Tagen:	A.	B.	C.	D.	E.
Gekieimt	0	19	16 ¹⁸⁾	18 ¹⁸⁾	20
Nicht gekieimt	20	1	2	0	0

Also wie beim Weizen tötet die Silberbehandlung (5%; 18 Std.) die Körner mit entblößtem Embryo ausnahmslos, nicht aber die in gewisser Entfernung vom Keimling verletzten. Ebensovienig alteriert die Nachbehandlung allein beim Fehlen des Silberbades die Keimfähigkeit von Roggen mit unbedecktem Embryo. Doch zeigten von

17) S. 20.

18) Bei C. und D. die beiden fehlenden Körner nur gespitzt. In letzterer Serie entwickelte sich das eine davon in der Folge normal weiter, das andere blieb stehen. Bei C. zeigte das eine, der Unterscheidung geopfert, die geschwärtzte AgCl -Zone, bis in die Spitze des Scutellums reichend.

den 20 in letzterem Falle (E.) gekeimten nicht weniger als 6 Unregelmäßigkeiten, wie Verkrümmung der Coleoptile, basal seitliches Herausschieben der Plumula aus dieser bzw. Einrollung und Anschwellung der Spitze des ersten Laubblattes; kurz Erscheinungen, die an die (S. 16) beschriebenen Anomalien erinnern.

Im übrigen verweise ich auf das vorn S. 12 beim Weizen Ausgeführte und füge nur zu, dass nach 10 Tagen der Durchbruch der Plumula mit folgender Frequenz registriert wurde: A. 0; B. 18; C. 16; D. 17¹⁹⁾; E. 20²⁰⁾ Individuen.

VI.

Der Besprechung des Verhaltens der Gerste sei eine kurze methodische Bemerkung vorangestellt. Die Keimung vollzog sich in den Versuchen mit Weizen und Roggen durchweg in geschlossenen sterilisierten Petrischalen auf 3–4 Lagen Filtrierpapier bei loser Bedeckung mit einer Einzellige. Weizen, Roggen und die infolge der Behandlung mit einer Chlorsilbereinlagerung in Spelzen und Schale versehenen Gerstenkörner keimten dabei normal, d. h. zu 90–100 % oder doch im gleichen Prozentsatz wie beiderseits umhüllt von 4 Lagen Filtrierpapier zwischen Glasplatten. Nicht versilberte Gerste zeigte jedoch bei letzterer Behandlung zumeist eine höhere Keimfähigkeit. Es dürfte dies wohl auf ein größeres Feuchtigkeitsbedürfnis der Gerste zurückzuführen sein, das aber bei Silbereinlagerung, vielleicht infolge erschwerter Durchlässigkeit für Wasser, nicht zutage tritt. Wenigstens scheint dies die einfachste Erklärung, weiter verfolgt habe ich die Frage nicht.

Als Konsequenz aus dieser Erfahrung ergab sich, dass die Keimung der Gerste zwischen Glasplatten zu erfolgen hatte; natürlich dann für Kontrollen und mit Silbernitrat behandelte Körner in gleicher Weise. Doch habe ich im folgenden auch die älteren Versuche in Petrischalen mit aufgeführt, jedoch jedesmal unter ausdrücklichem Hinweis auf die Methodik.

Die Weiterentwicklung bis zum Durchbruch der Plumula wurde nach Scheidung der gekeimten und der ungekeimten Körner einfach in der offenen Petrischale weiter verfolgt. Wurde der Boden recht feucht gehalten, es stand bei diesen vorderückten Stadien in der Regel Wasser darin, so übrigte jeder Transpirationsschutz.

Die Methoden sind primitiv, da sie aber zweifelsfreie Resultate ergaben, hatte ich keine Veranlassung, von denselben abzugehen.

VII.

Auch unter den Gersteproben fand ich unschwer solche, die nach der Silberbehandlung die gleichen Keimprozente ergaben wie die Kontrollen: Dies Verhalten zeigte z. B. die eingangs erwähnte Hannagerste²¹⁾ (Erntejahr unbekannt). Ebenso Handelsware (Ernte 1912), wie folgende Tabelle zeigt (s. oben S. 17):

Das gleiche Material ergab in Petrischalen für die AgNO_3 -Serie nach 12 Tagen 84 normale Keimlinge, 5 mit verkrümmter Coleoptile und 11 ungekeimte Körner. Bei 75 der Keimlinge war zu diesem Termin die Plumula durchgebrochen. Von den Kontrollen (65 Std. Wasserweiche) keimten bei dieser Anordnung nur 55 von 100.

19) Darunter 1 abnorm Verkrümmtes.

20) Darunter die 6 vorstehend erwähnten verkrümmten Individuen.

21) S. 9.

Versuch A. 100 Körner, Keimung zwischen Glasplatten.

Serie I: 24 Std. 5% AgNO_3 ; 7 Std. 2% NaCl ; 15 Std. 0,2% NaCl ,
26 Std. Wasser. Gesamtweiche 72 Std.

Serie II: Wasser (mehrmals erneuert) 72 Std.

Gekeimt nach Tagen:	4	5	6	7
Serie I	84 (13) *	86 (11)	87 (10)	88 (9)
Serie II	79 (21)	83 (17)	86 (14)	86 (14)

Die eingeklammerten Werte: Anzahl der ungekeimten Körner.

*) Die 3 fehlenden waren gekeimt, hatten Schwierigkeiten beim Durchbrechen der Schale.

Bei einer selbst von der Spindel befreiten Probe²²⁾ konnte ich nach Silbernitratbehandlung in Petrischalenkultur von 100 Körnern nach 4 Tagen 74 und nach 9 Tagen 83 durchaus normale Keimlinge erzielen. Nach 13 Tagen war bei diesen allen die Plumula durchgetreten. Verkrüppelte Individuen beobachtete ich hier überhaupt nicht.

Wenn auch die Kontrolle in der Petrischale nur 25 Keimlinge bei 75 ungekeimten Körnern ergab, stelle ich den Versuch doch hierher, weil zwischen Glasplatten von unbehandelten Körnern 88—92% keimten.

Bei anderen Proben fand ich aber tatsächlich eine Erhöhung der Keimprobe durch die Silberbehandlung²³⁾. So bei einer Hannagerste des Handels (Ernte 1913).

Versuch B. 100 Körner. Keimung zwischen Glasplatten.

Serien und deren Behandlung wie bei Versuch A.

Gekeimt nach Tagen:	4	5	6	7
Serie I	68	69	69	71 (29) ²⁴⁾
Serie II	46	46	48	48 (52)

Bei Serie II (unbehandelte Kontrolle) vom 5. Tage ab starke Entwicklung von Schimmelpilzen, die mich am 7. Tage veranlasste, den Versuch abzubrechen.

In der Petrischale war in diesem Falle die Keimung sehr schlecht, doch ergab sich auch so ein Plus für die Silberbehandlung. Das eine Mal keimten 62 der Silberserie gegen 12 der Kontrolle, das andere Mal 48 gegen 24; alles von je 100 Körnern.

Ebenso verhielt sich eine andere Gerstenprobe, die ich wieder selbst entspindelte.

22) Auch die Gerstenähren verdanke ich Herrn Dr. Blohm.

23) Ebenso gibt Appel eine Erhöhung der Keimziffer nach Silberbehandlung an (Jahresber. der Vereinigung für angewandte Botanik. Jahrg. IX (1912), S. XIV).

24) Die Klammerwerte Anzahl der ungekeimten Körner.

Versuch C. Frequenz, Behandlung, Serien wie bei Versuch A u. B.

Gekeimt nach Tagen:	4	5	6	8
Serie I	79	80	80 (20)	80 (20) ²⁵⁾
Serie II	27	29	29	30 (70)

Auch in der Petrischale keimten von der Kontrolle nur 30, von der Silberserie 80 von jeweils 100. Von diesen hatten 7 Schwierigkeiten beim Durchbruch der Coleoptile. Doch konnten sie sämtlich in der Folge dies ausgleichen und zu gesunden Pflänzchen erwachsen.

Diese fördernde Wirkung kann natürlich nur bei relativ schlechtem Keimgut in Erscheinung treten. Die Gründe dafür werden sekundär sein. Vor allem ist an die in obigen Versuchen deutlich erkennbare desinfizierende Wirkung des Silbernitrates zu denken. Auch reagierte meine Lösung gegen Lackmus schwach sauer, was vielleicht günstig bzw. als Reiz gewirkt haben mag²⁶⁾.

Resektionsversuche habe ich mit Gerste nicht vorgenommen.

VIII.

Aus den vorstehend ausführlich beschriebenen Versuchen geht in völlig einwandfreier Weise hervor, dass für Weizen, Gerste und Roggen nach 24stündiger Behandlung mit 5% Silbernitrat qualitativ und quantitativ normale Keimung möglich ist. Doch zeigten nicht alle untersuchten Proben dieses Verhalten. Wohl keimte stets ein gewisser Prozentsatz in normaler Weise, aber der Ausfall war zuweilen recht erheblich. So betrug bei dem eingangs erwähnten Sommerweizen die Keimfähigkeit der silberbehandelten Körner nur 37—56% des normalen Wertes und bei der nackten Gerste ca. 30—50% desselben. Oder mit anderen Worten, die Hälfte bis zwei Drittel der keimfähigen Körner sind durch das Salz getötet worden, es muss dasselbe also bis zum Embryo vorgedrungen sein. Dies wird möglich sein bei einer durch Außenfaktoren bewirkten Verletzung der selektiv permeablen Hülle, welche nicht in allzu großer Entfernung vom Embryo gelegen ist.

Nun scheint aber aus leicht ersichtlichen Gründen gerade diese Region der Schale am meisten gefährdet und ein alter Versuch von Werner²⁷⁾ lehrt schon, dass bei Maschinendrusch — und bei den beiden bei mir in Frage kommenden Handelsproben dürfte

25) Von diesen 20 waren 17 gespitzt, dann aber in der Entwicklung stehen geblieben.

26) Vergl. Lehmann und Ottenwälder: Zeitschr. f. Botanik, Bd. 5 (1913) und die dort zitierte Literatur.

27) Angeführt nach Körnicke-Werner: Handb. d. Getreidebaues, Bd. II (1885), S. 48, 49. Der Versuch selbst wurde schon 1867 publiziert.

dieser wohl vorgelegen haben — Schalenbeschädigungen in obigem Umfange vorkommen kann. Werner fand für Weizen, dass die übliche Dreschmethoden die Keimkraft nicht beeinträchtigen, er erzielte durchweg rund 97%. Wurde das Saatgut mit Kupfervitriol gebeizt, so fielen bei Handdrusch nur 2—4%, bei Maschinendrusch hingegen je nach der Art der Behandlung 25—62% aus. D. h., dieser Anteil hatte Schalenverletzungen, die einen Zutritt des Giftes zum Embryo gestatteten. Wenn also die heutigen Verfahren nicht schonender sind, was ich nicht weiß, so kann man allein damit Ausfälle von der oben angegebenen Größenordnung befriedigend erklären. Es werden aber noch andere Umstände einen Ausfall bei der Silberbehandlung bewirken können. So z. B. Auskeimen auf dem Felde, das nicht unbedingt bzw. sofort den Verlust des Keimvermögens zur Folge zu haben braucht²⁸⁾, wohl aber die Kontinuität, der Hüllen gerade über dem Embryo zerstören wird. Oder ungenügende Reife begleitet von unvollkommener Ausbildung der selektiv permeablen Schicht u. s. w.²⁹⁾.

Man wird daher diese — bei meinen Versuchen — Ausnahmen weder gegen die wohlbegründete Annahme³⁰⁾ einer semipermeablen Hülle der oben genannten Getreidearten verwerten können noch auch gegen das Nicht- oder doch sehr langsame³¹⁾ Permeieren des Silbernitrates, das nach Versuchen von Shull³²⁾ die sonst mit ähnlichen Qualitäten ausgerüstete Samenschale von *Xanthium glabratum* leicht durchwandert.

Entsprechendes gilt für die mehrfach erwähnten Körner, bei welchen der Durchbruch der Coleoptile durch die Schale nur schwierig oder in sehr seltenen Fällen überhaupt nicht sich vollzog und eine mehr oder weniger verkrümmte Coleoptile resultierte; beim Roggen zum Teil auch die Spitze des ersten Laubblattes in Mitleidenschaft gezogen war³³⁾. Denn es handelt sich auch hierbei um Ausnahmen, die zuweilen ganz feliten und wo sie vorkamen, stets in bescheidenen Grenzen blieben (3—7%), so dass auch nach ihrem Abzug — und sie sind vorstehend den keimenden Körnern entweder nicht zugezählt oder der Zahl nach ausdrücklich aufgeführt — annähernd normale Keimprozentage resultieren. Trotzdem liegt offensichtlich eine Folge der Behandlung vor, denn wenn auch unter den zahlreichen Kontrollen mir hin und wieder ein derartiger

28) Vergl. Rabe: Flora, Bd. 95 (1905), S. 253 bzw. 255 und die dort angegebene Literatur.

29) S. auch im folgenden (S. 21) die Erörterung der Möglichkeit eines langsamen Permeierens des Silbernitrates.

30) Vergl. auch die in meinen Arbeiten zitierten Abhandlungen von A. Brown.

31) S. folgende Seite.

32) Bot. Gazette, Bd. 54 (1913), S. 169.

33) Über ähnliche Missbildungen berichtet auch Birkner, l. c., S. 188.

Krüppel begegnete, so waren sie doch dort sehr viel seltener. Die Beobachtung, dass ähnliche Anomalien und in höherer Proportion bei meinen Resektionsversuchen vorkamen und zwar dann, wenn die Verletzung wohl vom Embryo entfernt lag, aber doch so, dass das Gift bis ins Scutellum vordrang, legte die Vermutung nahe, dass auch bei den abnormen Körnern derartige lokalisierte Wunden vorhanden gewesen seien. Da ich aber das dann im Endosperm zu erwartende Silber dort nicht finden konnte, halte ich diese Deutung für ausgeschlossen. Wahrscheinlicher scheinen mir die folgenden Alternativen, zwischen denen ich eine Entscheidung nicht treffen kann. Entweder handelt es sich um eine durch die Behandlung verursachte Änderung der mechanischen Eigenschaften der Kornhüllen, schon das eingelagerte Chlorsilber könnte vielleicht derart wirken, womit auch die Beeinflussung des ersten Laubblattes durch die nicht getötete Coleoptile hindurch befriedigend erklärt wäre. Oder aber das Gift kommt wirklich — aber dann nur für kurze Zeit und in geringer Konzentration, sonst müsste der Effekt ein stärkerer sein — in Berührung mit der Coleoptile. Das wäre möglich, wenn der quellende oder sich streckende Keimling am Ende der Einwirkungszeit oder doch ehe das ausfällende Kochsalz weit genug vorgedrungen, die Hülle an einer Stelle sprengt. Aber dann dürfte doch wohl zuerst eine Schädigung der Wurzel zu erwarten sein³⁴). Daher halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass eine Spur des Silbersalzes innerhalb der 24 Stunden bei einzelnen Körnern gewisser Proben eben die selektiv permeable Hülle passiert. Das widerspricht der Annahme einer derartigen Hülle nicht, denn, wie ich früher wiederholt betonte³⁵) und wohl auch allgemein angenommen wird, dürfen wir in permeierenden und nichtpermeierenden Stoffen keine prinzipiell verschiedenen Körperklassen erblicken, sondern nur den Ausdruck einer durch Zwischenglieder verknüpften extremen graduellen Verschiedenheit. Und da es mir seinerzeit gelang, durch Änderung der Zusammensetzung des Außenmediums (Alkoholzusatz)³⁶) ein rasches Eindringen des Silbernitrates zu bewirken, halte ich ein langsames aus rein wässriger Lösung für sehr wohl möglich. Hier müssen weitere Versuche einsetzen. Doch sei auch darauf

34) Eine solche beobachtete Nestler (Sitzungsber. d. Wien. Akademie Math.-Nat. Klasse: Bd. 113, Abteil. I (1904), S. 542, Anm.) bei *Lolium temulentum* nach 24stünd. Behandlung mit 10 % Kupfersulfat.

35) Centralblatt für Bakteriologie etc., II. Abteil., Bd. 28 (1910), S. 494, Anm. Flora, Bd. 102 (1911), S. 186.

36) Die Möglichkeit, dass durch den Alkohol eine Lösung gewisser Membranstoffe bewirkt und damit die Änderung der Durchlässigkeit veranlasst werde, scheint mir ausgeschlossen; wenigstens konnte ich in in Alkohol (50 %) vorbehandelten Körnern, nach Trocknen, bei darauffolgendem Einweichen in 5 % AgNO_3 kein Silber im Korninneren auffinden.

hingewiesen, dass bei verletzten Körnern NaCl-Behandlung allein einen starken Prozentsatz ähnlicher Krüppel ergab³⁷⁾.

Wenn also auch im einzelnen noch gewisse Fragen der Aufklärung harren, so stört dies nicht die allgemeinen Resultate, weder in theoretischer noch in praktischer Hinsicht. In letzterer — methodisches Hilfsmittel bei physiologischen Versuchen — und diese steht eigentlich hier allein in Frage, hatte ich schon früher Sorgfalt bei der Auswahl des Keimsaatgutes empfohlen³⁸⁾. Man wird also zunächst nach widerstandsfähigen Proben zu suchen haben. Doch dürfte deren Beschaffung keine unüberwindliche Schwierigkeiten bieten, denn meine diesmal benutzten Gersteproben zeigten mit alleiniger Ausnahme der nackten Gerste diese Resistenz, ebenso der einzige geprüfte (selbstentspindelte) Roggen und von zwei Weizenmustern das eine selbstgeerntete³⁹⁾.

Den Widerspruch zwischen meinen Befunden und denen Birkner's mit von diesem persönlich entspindeltes, also wohl unverletztes Gerste, kann ich nicht aufklären. Denn er erhielt z. B. nach 12 Stunden nur noch die folgenden Keimprozent: N/10 AgNO_3 : 3 %, N/50 : 25 % und N/100 : 75 %. Die Annahme, dass etwa wie in den Versuchen Arcichovskij's⁴⁰⁾ mit Erbsen die schwächere (N/10—N/100) Giftkonzentrationen Birkner's in höherem Maße schädigend gewirkt haben könnten als meine stärkeren (5 %), wird dadurch ausgeschlossen, dass ich sowohl bei Weizen wie bei Gerste gegen N/10 und N/100 AgNO_3 die gleiche Widerstandsfähigkeit fand wie gegen 5 % Lösung. Auch in Birkner's Versuchen ergibt sich Zunahme der Intensität der Wirkung mit steigender Konzentration. Im übrigen scheint Birkner bei höheren Temperaturen gearbeitet zu haben wie ich, wenigstens glaube ich diese aus der Kürze seiner Weichdauer (36 Stunden) und aus der Tatsache erschließen zu können, dass er die Keimfähigkeit bereits nach 36 Stunden registriert. Vielleicht verhält sich auch sein — amerikanisches — Material anders als das Meine. Aber abgesehen von den damit eröffneten Möglichkeiten kann ich mich des Verdachtes nicht ganz erwehren, dass Birkner bei der Entfernung bezw. dem Unschädlichmachen des in der Fruchtschale vorhandenen Silbernitrates nicht sorgfältig genug vorgegangen sei. Denn er spült nach dem Silber-

37) Die Missbildungen (Schleifen), die Nestler (l. c., S. 541) für *Lolium temulentum* nach HgCl_2 beschreibt, dürfte anderer Natur sein.

38) Schroeder: S. 505.

39) Vergl. auch die S. 18 zitierte Angabe Appel's. Ferner Jauerka (Diss., Halle 1912, S. 15). Letzterer fand für zwei Weizenproben nach Silberbehandlung (5 % Lösung), folgende Keimfähigkeit: Blaue Dame 87,5 und Strube's Schlesischer 72 % des normalen Wertes. Der Rückgang wird von ihm auf den Einfluss verletzter Körner zurückgeführt.

40) Biochem. Zeitschr., Bd. 50 (1913), S. 233.

bad lediglich ab, quillt dann in destilliertem Wasser — also bei völligem Ausschluss von Chlorid — und nun erst unmittelbar vor der Übertragung ins Keimbett folgt NaCl-Behandlung. Diese besteht aber ebenfalls nur im Abspülen und ein gründliches Nachwaschen mit Wasser beseitigt auch rasch wieder das somit nur kurze Zeit, d. h. oberflächlich vorhandene Chlorid.

Dass eine Störung der Bakterienentwicklung die Ursache des Rückganges der Keimprocente sei, glaube ich nicht. Denn in meinen früheren Versuchen keimten die Körner in klarer — also steriler — Bouillon⁴¹⁾. Vielleicht ist diese immer wiederkehrende Behauptung der Notwendigkeit einer Bakterienmitwirkung bei der Gerstenkeimung darauf zurückzuführen, dass Säurebildung durch jene die fehlende Nachreife ersetzt.

IX.

Unlängst hat sich Th. Bokorny⁴²⁾ mit meiner Arbeit beschäftigt und will, wenn ich ihn recht verstehe, den Unterschied in der Wirkung des Sublimates und des Silbernitrates damit erklären, dass dieses in höherem Maße der Ausfällung unterliege als jenes. Dass Silbernitrat stark ausgefällt und adsorbiert wird, ist sicher und bei den Versuchen mit an der Spitze angeschnittenen Körnern werden diese Faktoren die Ursache sein, warum es volle 24 Stunden und mehr dauert, bis das Gift zum Embryo gelangt, aber am unversehrten Korn halte ich doch die selektiv permeable Membran für ausschlaggebend, und zwar aus folgenden Gründen, die zum Teil meinen älteren Arbeiten entnommen sind⁴³⁾.

1. Isotone Lösungen von Silbernitrat und Chlornatrium depressieren die Wasseraufnahme des unversehrten Weizenkornes annähernd um den gleichen Betrag⁴⁴⁾. Für NaCl wurde dabei eine

41) Schroeder: S. 503.

42) Biochem. Zeitschr., Bd. 62 (1914), S. 58.

43) Den beiden oben zitierten Abhandlungen.

44) Dass die Depression der Wasseraufnahme durch Silbernitrat nicht durch veränderte Durchlässigkeit der mit Silbersalz imprägnierten Schale bedingt ist, in der Weise etwa, wie ich das früher für Osmiumsäure gefunden habe, beweist auch noch folgender Versuch:

Vorbehandlung: Serie A. Weizen 24 Std. in 5 % AgNO_3 geweicht, danach zuerst in Luft, dann im Trockenschrank bei ca. 50° C getrocknet.

Serie B. Weizen 24 Std. in Wasser geweicht, darauf getrocknet wie A.

Wasseraufnahme in % des Anfangsgewichtes beim Einweichen der so vorbehandelten Körner in reinem Wasser.

Nach Stunden:	7	22
Serie A.	20	34,5
Serie B.	23	35,5

D. h., die Körner der Serie A, deren mit Silber durchsetzte Schale dunkelbraun gefällt war, nehmen das Wasser ebenso rasch auf als die nur mit Wasser vorbehandelten.

Titerzunahme der Lösung festgestellt, die unter Berücksichtigung der durch die Tiefenlage der semipermeablen Membran bedingten Korrektur rund der durch direkte Wägung ermittelten Wasseraufnahme entsprach. Bei angeschnittenen Körnern ist eine Hemmung der Wasseraufnahme nicht festzustellen⁴⁵⁾.

2. Während sich im Inneren des verletzten Kornes das Silber unschwer feststellen lässt, misslang sein Nachweis bei unversehrter Kornhülle.

3. Die Resistenz ist streng an die Kontinuität der Schale über dem Embryo geknüpft.

Im Gegensatz dazu bewirkt Sublimat keine Depression der Wasseraufnahme, ist im intakten wie im angeschnittenen Korn leicht aufzufinden und äußert seine Giftwirkung auch bei Abwesenheit von Verletzungen.

Von diesen Tatsachen spricht in erster Linie die Titerzunahme für die Bedeutung einer semipermeablen Membran. Ich habe darum neuerdings auch Silbernitrat in dieser Beziehung untersucht und auch für dieses eine Titerzunahme gefunden, aber mit Sicherheit⁴⁶⁾ nur dann, wenn relativ viel Weizen (100 Körner) mit kleinen Mengen (10 ccm) hochkonzentrierter (10 %) Salzlösung behandelt wurde. So enthielt einmal die Lösung in 5 ccm vor der Weiche 0,496 g AgNO_3 und nachher 0,522 g; angeschnittene Körner hingegen bewirkten eine Titerabnahme auf 0,468 g in 5 ccm. Ein anderer Versuch ergab vorher 0,480 g in 5 ccm und nachher 0,521 g. Die aus letzteren Daten errechnete Wasseraufnahme beträgt 0,5 g gegen 1,35 des tatsächlichen Befundes. Diese Differenz ist größer als die früher bei NaCl-Versuchen gefundene, d. h. geht über den Betrag dessen, was an Salzlösung die Fruchtschale imbibierte, hinaus. Das dürfte auf Silberfällung bzw. Adsorption zurückzuführen sein, eine Annahme, mit der die oben erwähnte Titerabnahme bei Verwendung angeschnittener Körner übereinstimmt.

Durch die Titerzunahme der Silberlösung unter dem Einfluss quellender unbeschädigter Weizenkörner ist aber einwandfrei bewiesen, dass der Lösung Lösungsmittel in stärkerem Maße entzogen wurde als gelöste Substanz. Diese Tatsache dürfte in Verbindung mit den oben vorgebrachten Gründen ziemlich deutlich zugunsten der Annahme einer selektiv permeablen Hülle sprechen.

Kiel, 1. August 1914.

45) Vergl. für Silbernitrat speziell den auf Kurve I S. 189 (Flora, Bd. 102) wiedergegebenen Versuch.

46) Sie war aber auch bei schwächeren Konzentrationen N/10 (10 ccm auf 100 Körner) erkennbar.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Schroeder Heinrich

Artikel/Article: [Über die Einwirkung von Silbernitrat auf die Keimfähigkeit von Getreidekörnern. 8-24](#)