Über die selektiv permeabele Hülle des Weizenkornes.

Von **H. Schroeder**, Bonn.

(Mit 4 Abbildungen und 1 Kurve im Text.)

Die vorliegende Arbeit schließt an die Untersuchungen von Adrian J. Brown[1]) an, der fand, daß das Gerstenkorn — wie die Körner einiger anderer Gramineen — umhüllt sei von einer leblosen, selektiv permeabelen Membran, die wohl dem Wasser und einigen darin gelösten Stoffen den Durchtritt gestattet, andere dagegen, obwohl in ihrer Lösung eine Quellung, d. h. Wasseraufnahme stattfindet, dauernd zurückhält. So permeieren aus wässeriger Lösung: Jod, Sublimat, Quecksilbercyanid, Cadmiumjodid, sowie eine größere Anzahl organischer Substanzen, wie Essigsäure, Äthylalkohol, Aldehyd und einige mehr. Nicht einzudringen vermochten die meisten unorganischen Salze, z. B. Kupfersulfat, Silbernitrat, Kaliumchromat, Natriumthiosulfat. Chlornatrium, Chlorkalium, Ammoniumchlorid, K- und Na-Salpeter, Quecksilbersulfat und -nitrat u. a.; ferner Rohrzucker, Dextrose, Weinsäure und essigsaures Natron; von Säuren Schwefel- und Salzsäure. Endlich gehören hierher Stoffe, wie Salpetersäure und Kalilauge, die erst nach der durch ihre Einwirkung verursachten Zerstörung der Membran den Weg ins Korninnere finden. Schließlich wären noch Substanzen anzuführen, deren Lösung die Quellung, verglichen mit reinem Wasser, deprimiert, doch um einen geringeren Betrag, als dies ihre osmotische Konzentration erwarten ließe; dies Verhalten zeigen u. a. Harnstoff Äthylenglykol, Cadmiumchlorid und -sulfat, die in allen erdenklichen Abstufungen wirkten. Es dürfte sich somit bei geeigneter Auswahl von Stoffen eine Reihe aufstellen lassen, beginnend mit solchen, in deren Lösung die Wasseraufnahme mit der gleichen Intensität wie in reinem Wasser verläuft, bis zu solchen, die dieselbe nach Maßgabe ihrer osmotischen Konzentration herabsetzen. Die oben als permeierend und nichtpermeierend bezeichneten Körper wären demnach nur die Endglieder dieser Reihe bzw. deren nächste Nachbarn. Die Entdeckung Brown's ist von hoher Bedeutung für die Physiologie, weil durch sie ein bislang mit dem Leben untrennbar verknüpfter Vorgang in einem Einzelfalle von diesem losgelöst physikalisch-chemischer Forschung

---

1) Annals of Botany 1906, Vol. XXI, pag. 79. — Proceedings of the Royal Society, Series B (Biological) 1909, Vol. LXXXI, pag. 82. — Ferner für Reis: Valeton, Bijdrage tot de kennis van de kieming der Rijst. Academ. Proefschrift, Amsterdam 1907. Zit. nach H. Micheels, Acad. Royale de Belgique. Bull. des classes des sciences 1909, No. 11, pag. 1081.

zugänglich gemacht wird. Vielleicht ist ihre Tragweite eine besonders große um deswillen, weil die leblose, semipermeabele Hülle des Gerstenkornes eine recht weitgehende Übereinstimmung mit dem so intensiv studierten Selektionsvermögen der Plasmamembran besitzt und unter Umständen experimentell prüfbare Analogieschlüsse gestattet. Ich halte es darum für angebracht, meine z. T. länger zurückliegenden Versuche trotz der inzwischen erschienenen zweiten Publikation Brown's kurz mitzuteilen, zumal ich in der Lage bin, in einigen Punkten eine Ergänzung und Erweiterung derselben zu bieten.

Ich benutzte Weizen (Schlanstedter Sommerweizen von Haage und Schmidt in Erfurt) als Versuchsobjekt, da mir dieser wegen des Fehlens der für die fraglichen Prozesse gleichgültigen Spelzen geeigneter als die von Brown bevorzugte Gerste erschien. Meine Methodik bestand, wie bei Brown's zweiter Arbeit, in einer periodischen Wägung der in den verschiedenen Lösungen quellenden Körner und wurde die jeweils gefundene Gewichtszunahme gleich der Wasseraufnahme gesetzt, eine Annahme, die zulässig erscheint[1]). Allerdings ist diese Arbeitsweise für das vergleichende Studium der Wasseraufnahme aus Lösungen mit einem gewissen Fehler behaftet, da die selezierenden Schichten in einem bestimmten Tiefenabstand von der Oberfläche, nämlich in der Samenschale angeordnet sind[2]), wovon späterhin noch die Rede sein soll. Es werden daher die äußeren Lagen, also vor allem die Fruchtschale, bei Gerste aber auch die Spelzen, unterschiedslos mit jeder Lösung durchtränkt, einerlei ob dieselbe einen permeierenden Stoff enthält oder einen nichtpermeierenden. Doch erreicht die daraus resultierende Ungenauigkeit keinen Betrag, der die Versuchsresultate zu verwirren vermöchte[3]).

In Übereinstimmung mit Brown konnte ich auf diese Weise folgendes feststellen:

1. Lösungen des nichtpermeierenden Chlornatriums deprimieren die Wasseraufnahme nach Maßgabe ihrer Konzentration.

2. Diese Depression ist streng an die Integrität der Kornhülle geknüpft; halbierte Körner zeigen sie nicht, schwächer verletzte — leicht angeschnittene — nur transitorisch. Es geht daraus hervor, daß

1) Die gleiche Methodik für analoge Probleme bei Overton. Pflüger's Archiv 1902, Bd. XCII, pag. 115.

2) Brown, l. c. I, pag. 85. 86.

3) Das gleiche gilt für den durch den Einfluß von Körnern mit verletzter Samenschale bewirkten Fehler, dessen Kausalität die oben unter 2 mitgeteilte Tatsache erhellt.

es sich bei der fraglichen Depression nicht um eine Wirkung der gelösten Substanzen auf die Inhaltsstoffe des Kornes handeln kann.

3. Erbsen, denen eine selektiv permeabele Membran im obigen Sinne abgeht, zeigen weder diese Herabsetzung der Wasseraufnahme, noch auch demgemäß einen Unterschied im Verhalten unversehrter und halbierter Körner.

4. Daher ist ein Wechsel der Konzentration der Außenlösung auf Erbsen, gleichgültig ob intakt oder durchschnitten, und ebenso auf halbierte Weizenkörner von keinem oder doch sehr rasch vorübergehendem Einfluß. Unverletzter Weizen hingegen erfährt je nach dem Sinne der Änderung entweder einen Gewichtsverlust oder eine sprunghafte Steigerung desselben.

5. In wässeriger Lösung vermochten nicht zu permeieren: NaF, KCl, NaCl, KNO_3, K_2CO_3, Na_2CO_3, $BaCl_2$, Na_2SO_4, $MgSO_4$, $AgNO_3$ $CoCl_2$, Seignettesalz und Rohrzucker.

6. Permeabel war die Membran für: Sublimat, Jod, Methyl und Äthylalkohol, Äthyläther, Aceton, Acetonitril und Chloroform, alle in Wasser gelöst bzw. damit gemischt. Außerdem Osmiumsäure (OsO_4), was aber mit anderer Methodik festgestellt wurde [1]).

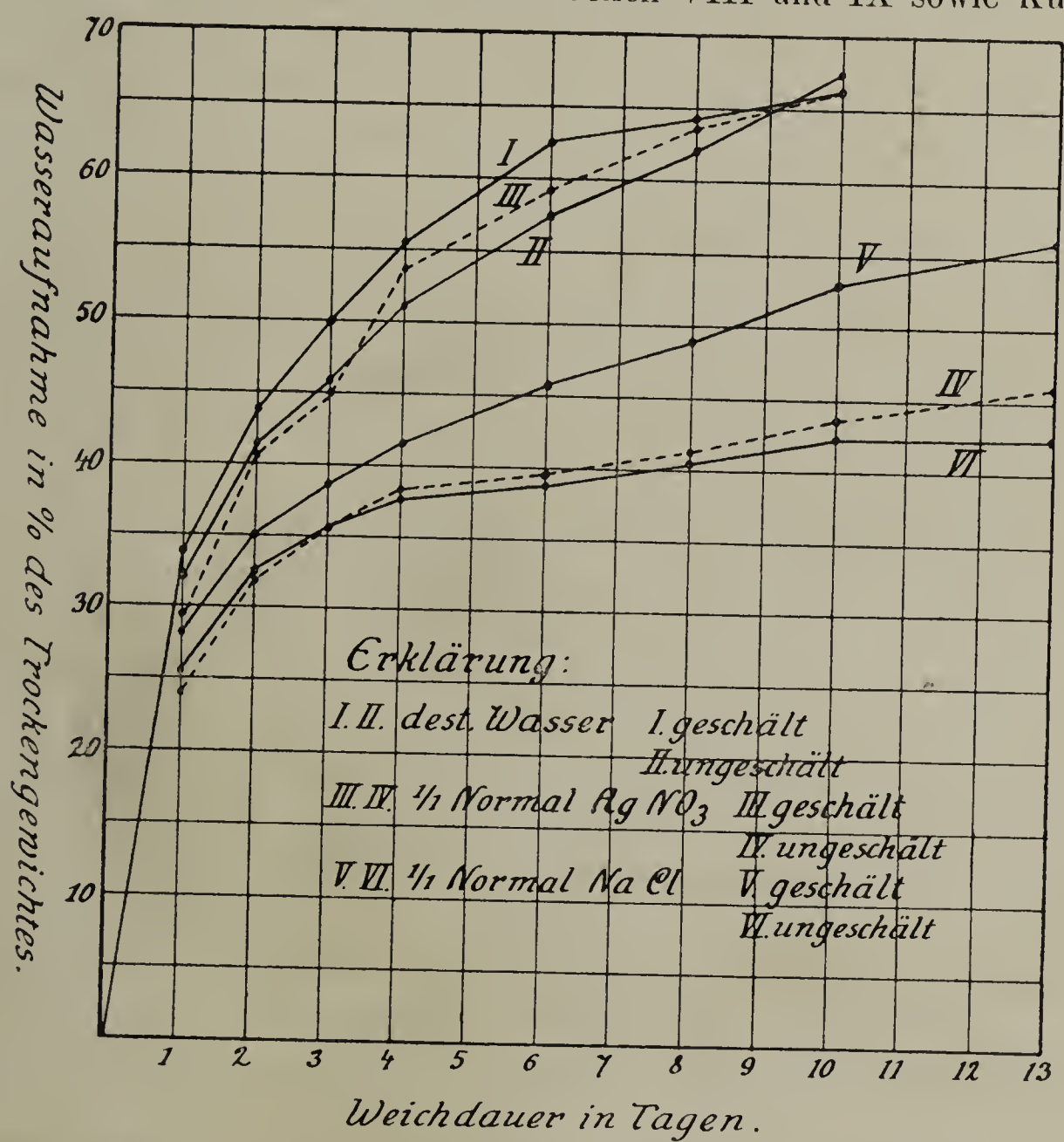
7. Die Gesamtheit der Erscheinungen konnte mit dem gleichen Erfolge an getöteten, d. h. ihrer Keimfähigkeit beraubten Körnern beobachtet werden, und zwar, sofern dieselben zwischen den Einzelversuchen getrocknet wurden zu wiederholten Malen am gleichen Material. Die Tötung erfolgte durch kurzes Kochen, trockene Hitze oder permeierende Gifte, wie Jod oder Sublimat. Der Verlust des Keimungsvermögens wurde jedesmal experimentell festgestellt.

Das Beweismaterial für die ausgesprochenen Behauptungen enthalten die anhangsweise mitgeteilten Tabellen: I, II, III, IIIa, IV, V, VI und VII [2]).

1) Vgl. im folgenden pag. 190.

2) Für Phaseolus vulgaris und Lathyrus odoratus hat W. R. Gelston Atkins mit Salpeterlösung das Fehlen der Semipermeabilität der Samenschale festgestellt. (Notes from Botanical-School of Trinity College Dublin, Vol. II, pag. 19.) Streng genommen sind aber weder seine noch meine in den Tabellen I, II und IIIa niedergelegten Versuche absolut beweiskräftig, da ein Eindringen durch den offenen Mikropylenkanal (Mattirolo und Buscalioni, Memorie della R. Accademia delle scienze di Torino 1892, Ser. II, Tome XLII) nicht ausgeschlossen war. Ich schaltete darum die Hilar-Region durch nur partielles Eintauchen der Erbsen völlig aus, wobei ich dieselben in einer unbedeckten Schale in feuchtem Sande fixierte. Es blieb sodann die herausragende Region um die Mikropyle durchaus trocken. Trotzdem erreichte die Gewichtszunahme in 10 % NaCl nach 6 Tagen 90 % des Trocken-

Besonders instruktiv gestaltet sich der folgende Versuch, bei dem ohne direktes Bloßlegen des Stärkeendosperms Frucht- und Samenschale nur über dem Embryo entfernt wurden, eine Manipulation, die am lufttrockenen Korn unschwer sich ausführen läßt und durch die der Keimling in seiner ganzen Ausdehnung bis etwa zum Skutellum freigelegt wird[1]). Nach dieser Behandlung dringt Silbernitrat in ausgesprochenem Gegensatz zum Verhalten des unverletzten Kornes bereits während der ersten 24 Stunden der Berührung ein, wogegen die Aufnahme von Chlornatrium erst am 4. Tage erkennbar wird; so lange vermögen die lebenden Zellen des Embryo den Eintritt desselben zu verhindern. Dies illustrieren die Tabellen VIII und IX sowie Kurve I.



Kurve 1. Gewichtszunahme in Prozent des Anfangsgewichts bei quellendem Weizen.

gewichts, betrug also ungefähr genau ebensoviel wie bei halbierten vollständig eintauchenden Erbsen in dem gleichen Medium (Tab. I). Die Wirkung der Schale gab sich also nur als eine Verzögerung zu erkennen.

1) Vgl. Schumann, Praktikum für morphologische u. systematische Botanik, pag. 410.

Im Einklang mit diesem Ergebnis steht die Tatsache, daß unversehrter Weizen der Einwirkung von Silbernitrat sehr lange zu widerstehen vermag, während, wie oben angegeben, geschälter in kürzester Zeit erliegt [1]).

Wie Brown beim Quellen von Gerste in verdünnter Schwefelsäure eine Konzentrationszunahme der Außenlösung durch Entzug von reinem Wasser von seiten der Körner feststellen konnte, vermochte ich das gleiche für eine Chlornatriumlösung, in der Weizen eingeweicht wurde (Tab. X). Die Übereinstimmung zwischen der gewichtsanalytisch gefundenen und der aus der Titerzunahme berechneten Werte für die Wasseraufnahme war eine befriedigende, wie die Zahlen der gleichen Tabelle lehren. Es ist bei ihrer Betrachtung zu berücksichtigen, daß das erste wie das letzte Intervall nicht zum Vergleich herangezogen werden dürfen, wegen des Einflusses der Fruchtschale [2]) das erste, letzteres, weil der erfolgte Durchbruch der Radicula bei einem großen Teil der Körner die Kontinuität der Hülle zerstört hatte.

Von diesen durch das Studium der Gewichtszunahme gefundenen Gesetzen sind nach zwei Richtungen Abweichungen zu verzeichnen. Zunächst ist das bislang einzigartige Verhalten der Osmiumsäure (Osmiumtetraoxyd) zu erwähnen. Diese dringt, wie die Schwärzung des Inhaltes der Aleuronzellen unzweideutig anzeigt, sehr rasch ins Innere des unversehrten Kornes, trotzdem erleidet die Gewichtszunahme, verglichen mit der in reinem Wasser gefundenen, eine sehr beträchtliche Depression. Es wird diese Verlangsamung der Wasseraufnahme darauf zurückzuführen sein, daß durch die Imprägnation mit Osmiumsäure gewisse Elemente der Schale — gleichgültig welche — für Wasser schwer durchlässig geworden sind. Dafür spricht die Erfahrung, daß diese Retardierung bei einmal mit Osmiumsäure behandelten Körnern auch beim Übertragen in reines Wasser bestehen bleibt; Versetzen in dieses ruft also nicht, wie nach der Vorbehandlung mit z. B. Chlornatrium, eine plötzliche Steigerung des Gewichtes hervor. Ferner geht der quantitative Wert der Osmiumsäuredepression ganz bedeutend über den in isotonen Lösungen nichtpermeierender Stoffe, wie Kochsalz,

---

1) Keimfähigkeit ungeschälter Körner nach 14stündiger Behandlung mit 5 %, $AgNO_3$ 83 %, geschälter nach der gleichen Behandlung 0 %. Von den 17 % der nicht gekeimten, unbehandelten Körner der ersten Serie $^3/_4$ verletzt, was die deletäre Wirkung erklärt. Die Keimfähigkeit war demnach normal. Näheres in meinem Aufsatz im Zentralblatt für Bakteriologie usw., II. Abteilung, 1910, Bd. XXVIII, pag. 492.

2) Siehe pag. 187.

gefundenen hinaus. Es erhellt daraus, daß nicht, wie bei den oben [1]) nach Brown angeführten Substanzen (Glykokoll usw.), es sich nur um ein langsames Eindringen handeln kann, denn sonst dürfte der Wert der Hemmung niemals den durch einen nichtpermeierenden Stoff gegebenen Grenzwert überschreiten (Tab. XI, XII, XIII).

Weiter verbreitet scheint die umgekehrte Erscheinung, daß nämlich in bestimmten Lösungen die Gewichtszunahme, also die Wasseraufnahme, in rascherem Tempo als in reinem Wasser sich vollzieht. Brown hat dies für Essigsäureäthylester und in schwächerem Maße für Essigsäure selbst beobachtet, doch zeigen wässerige Lösungen von Äthyläther oder Chloroform die beschriebene Eigentümlichkeit in weit höherem Grade. Es handelt sich dabei in erster Linie um eine Beschleunigung der Quellung und gehen demgemäß die in der ersten Zeit sehr ansehnlichen Differenzen zwischen Ätherwasserweiche und der in reinem Wasser allmählich zurück. Immerhin erscheint auch die endgültig aufgenommene Wasserquantität durch den Äther usw. etwas erhöht und konnte bei längerer Berührung mit dem ätherhaltigen. Wasser ein Platzen der Einzelkörner bewirkt werden (Tab. VI, XIV). Das Selektionsvermögen der Membran wird dabei in der Regel nicht alteriert [2]), denn die Ätherbeschleunigung ließ sich durch Chlornatriumzusatz kompensieren.

Es ist auch nicht zulässig, die gefundene Steigerung auf Rechnung des rascher als Wasser permeierend gedachten Äthers zu setzen, denn der unter Einfluß desselben gefundene Gewichtsüberschuß kann den absoluten Betrag des in der Außenlösung gebotenen Äthers nicht unbedeutend überschreiten (Tab. XV) [3]).

Andererseits vermögen gerade Äther, Chloroform, wie auch der in Wasser ungehindert permeierende Alkohol in wasserfreiem Zustand die Membran des luft- oder exsiccatortrockenen Kornes nicht oder doch nur ungemein langsam zu durchwandern [4]). Dies läßt sich gewichtsanalytisch nicht verfolgen, da die genannten Stoffe nicht befähigt sind, eine Quellung des Korninhaltes zu bewirken. Wohl aber kann die fragliche Erscheinung an der deletären Wirkung der obigen Giftstoffe

---

1) Siehe pag. 183.

2) Vgl. aber pag. 192.

3) Ob diese Beschleunigung der Wasserzufuhr nicht doch beim Ätherfrühtreiben eine Rolle spielt, wäre einer experimentellen Prüfung wert, obwohl Molisch bei der Warmbadbehandlung eine Zunahme des Wassergehalts nicht fand.

4) Brown, l. c. II, pag. 93. Vgl. auch meine zitierte Abhandlung im Zentralblatt für Bakteriologie, pag. 495.

erkannt werden, wie ich an anderer Stelle ausführlich mitgeteilt habe[1]). Denn Alkohol, Äther und Chloroform sind bei nicht übertrieben langer Einwirkung harmlos für ungeschälte oder selbst des größten Teiles der Fruchtschale beraubte Körner. Sie zerstören aber die Keimfähigkeit sehr rasch bei solchen, deren Embryo auf die oben beschriebene Weise auch von der Samenschale befreit bloßgelegt wurde[2]).

In einem Spezialfalle gelang es jedoch, durch Veränderung in der Zusammensetzung des Außenmediums eine Beeinflussung des Selektionsvermögens zu verursachen. Nämlich dann, wenn Silbernitrat in 50 %igem Alkohol dargeboten wurde. Denn alsdann war dies sonst bei tagelanger Berührung nicht permeierende Salz schon nach Ablauf weniger Stunden im Korninnern in unzweideutigster Weise mikrochemisch festzustellen[3]). Ob dieses Permeieren dadurch veranlaßt wird, daß die Herabsetzung der Löslichkeit des Silbernitrates durch den Alkoholzusatz[4]), den Verteilungskoeffizienten zwischen Außenmedium und Membran, derart zugunsten der letzteren verschiebt, daß ein Eindringen dadurch ermöglicht wird, muß ich im Hinblick auf andere Deutungsmöglichkeiten vor der Hand offen lassen[5]). Der Gegenversuch, Sublimat, dessen Löslichkeit in Alkohol-Wassergemischen mit zunehmendem Gehalt an ersterem steigt, durch Alkoholzusatz am Eintreten zu verhindern mißlang.

Es wären demnach für eine zu fordernde physicochemische Erklärung der beschriebenen Erscheinungen die folgenden Punkte gegeben:

1. Müßte eine allen permeierenden, im Gegensatz zu allen nichtpermeierenden Stoffen gemeinsame Eigentümlichkeit aufgedeckt werden.

2. Weiterhin wäre die Erfahrung zu berücksichtigen, daß das Permeieren an einen gewissen Quellungszustand der Membran ge-

---

1) Zentralblatt usw., Bd. XXVIII, pag. 492; vgl. auch Kurzwelly, Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik 1903, Bd. XXXVIII, pag. 291; Bequerel, Annal. des sciences natur. Botan. 1907, Serie XIX, Tome V, pag. 211 u. 300.

2) l. c. pag. 495, 496.

3) Zum Nachweis diente Behandlung der Schnittfläche der getrockneten und dann längshalbierten Körner mit Filtrierpapier, das mit Chlornatriumlösung angefeuchtet war, und nachherige Exposition an der Sonne. Es wurden durch diese auch im folgenden mehrfach angewandte Arbeitsweise Strömungen, die zum Transport von Niederschlagsteilchen hätten führen können, hintangehalten.

4) Silbernitrat ist in Alkohol-Wassergemischen schwerer löslich als in Wasser allein. (Eder, Journal für prakt. Chemie, N. F. Bd. XVII, zit. nach Landolt-Börnstein, Tabellen, 2. Aufl., pag. 255.)

5) Siehe im folgenden pag. 202.

knüpft erscheint, den allein Wasser herzuführen in der Lage ist; oder doch, daß Wasser das Vehikel darstellt, ohne dessen Mitwirkung auch die sonst permeierenden Substanzen nicht einzudringen vermögen.

3. Endlich käme die zunächst vereinzelt dastehende Erscheinung in Frage, daß Alkoholzusatz für das sonst nicht permeierende Silbernitrat die Bedingungen zum Eintritt schafft.

Auch die Beschleunigung der Quellung durch die oben (pag. 191) genannten Stoffe wird wohl in den Eigenschaften ihrer wässerigen Lösung, wie denen der selektiv permeabelen Membran ihre Erklärung finden müssen. Fraglich erscheint es hingegen, ob die gleiche Forderung auch für die retardierende Wirkung der Osmiumsäure zu erheben ist, da in diesem Falle andere, vordem allgemein, d. h. für alle Substanzen ausnahmslos durchlässige Schichten, ohne daß diese allseitige Permeabilität geändert worden wäre, schwerer durchlässig geworden sein können, der Schlüssel für die Wirkung der Osmiumsäure also unter Umständen gar nicht in Eigenschaften der selezierenden Zone zu suchen wäre.

Brown hat ferner die Lösung der Frage nach der Lage der selektiv permeabelen Membran angestrebt. Die Gramineenfrucht stellt bekanntlich eine Karyopse dar; die einzelnen Elemente der Schalen sind speziell für den Weizen von außen nach innen die folgenden[1]):

1. Die Epidermis der Fruchtknotenwand mit Cuticula.
2. Das Parenchym derselben; 4—5 Zellagen, von denen im Wasser nur 2—3 erkennbar sind.
3. Eine Schicht stark getüpfelter Zellen, während des Reifens Chlorophyll führend; beim Weizen ohne Interzellulare lückenlos zusammenschließend.
4. Die innere Epidermis der Fruchtknotenwand, getüpfelte, langgestreckte, schlauchförmige Zellen, durch weite Interzellularräume getrennt.

Es folgt nunmehr als erste Lage der Samenschale

5. das innere Integument, da das äußere schon zeitig während der Reifung resorbiert wird. Es setzt sich aus zwei Zellschichten zusammen, einer äußeren farblosen und einer inneren, die je nach der Varietät mehr oder minder stark rotbraun tingiert erscheint. Daran schließen

1) Nowacki, Untersuchungen über das Reifen des Getreides usw., pag. 20, 21 u. 25. Halle 1870. — Kudelka, Landwirtschaftl. Jahrbücher 1875, Bd. IV, pag. 461. Speziell für Weizen pag. 468. Dort, Tafel V, Abbildungen.

6. die Epidermiszellen des Nucellus mit stark verdickten Wänden und nur undeutlichem Lumen, auf die dann die Kleber- oder Aleuronzellen, also das Endosperm folgt.

Von diesen Schichten geben die üblichen Zellulosereaktionen[1]): Epidermis wie Parenchym der Fruchtknotenwand und die Epidermis des Nucellus[2]). Verholzt[3]) sind die unter 3 und 4 genannten Lagen, die letzteren jedoch nur in geringem Grade.

Die beiden Schichten des inneren Integumentes widerstehen konzentrierter Schwefelsäure[4]) sowie Kalilauge. Die äußere, farblose tingiert sich außerdem mit Alkanna und Sudan III rot, mit Chlorophyllösung grün, mit Osmiumsäure schwarzbraun, mit Chlorzinkjod endlich gelb bis rotbraun. Auch kann die Ceresinreaktion mit ihr erhalten werden. Bei der inneren Lage macht die kräftige Eigenfarbe die Farbreaktionen zumeist unmöglich, nur die Schwärzung durch Osmiumsäure ist noch zuverlässig erkennbar, die Rötung mit Alkanna wohl auch vorhanden, so daß das innere Integument — seine gefärbte Lage mit einem gewissen Vorbehalt — als verkorkt oder kutinisiert anzusprechen wäre.

Brown hat für Gerste unzweifelhaft nachgewiesen, daß das Selektionsvermögen eine Funktion der Samenschale ist[5]). Die Entscheidung der Frage jedoch, um welche Schicht derselben es sich handle, beantwortet er nur mit großer Reserve und unter dem Vorbehalt einer späteren definitiven Lösung dahin, daß die Epidermis des Nucellus[6]) diese Rolle spiele. Dazu veranlaßt ihn vorwiegend die Beobachtung, daß besonnte Schnitte durch Körner, die nach 48stündigem Verweilen in Silbernitrat die gleiche Zeit mit Chlornatrium behandelt waren, eine Schwärzung der äußeren Partien der Samenschale erkennen ließen. Ich kann mich wenigstens für Weizen dieser Auffassung nicht anschließen, denn die Epidermis des Nucellus gibt in typischster Weise die Zellulosereaktionen und löst sich ungemein prompt in konzentrierter

---

1) Blaufärbungen mit Chlorzinkjod, mit Jod und Schwefelsäure oder Jodchlorkalzium nach Russow.

2) In Kupferoxydammoniak fast momentan bis auf die dünne Mittellamelle gelöst, rascher als die Wandungen der Aleuronzellen.

3) Phloroglucin u. Anilinsulfat. Die Reaktion von Mäule bei den Schlauchzellen undeutlich.

4) Dies Reagens löst die ganze Frucht und Samenschale (sowie die Wände der Aleuronzellen) mit alleiniger Ausnahme des inneren Integumentes und der dünnen Außencuticula des Fruchtknotens.

5) l. c. I, pag. 86.

6) Holzner und Lermer, Beiträge zur Kenntnis der Gerste, pag. 91, 92.

Schwefelsäure, dürfte also kaum für das Nichteindringen dieser Säure verantwortlich zu machen sein. Ich glaube vielmehr, daß das als kutinisiert oder verkorkt erkannte innere Integument als semipermeabele Membran anzusprechen sei, zumal ähnliche Funktionen derart imprägnierten Zellwänden wiederholt zugeschrieben wurden[1]).

Man wird aber noch eine andere Eventualität berücksichtigen müssen, nämlich die, daß diese Schichten absolut — also auch für Wasser — impermeabel sind und daß ein lokalisierter Stoffeintritt statthat. In der Tat läßt sich eine ganze Reihe von Beobachtungen zugunsten dieser Auffassung anführen.

So färbt sich Weizen in verdünnter Lösung von Jod in Jodkalium zunächst in einer in unmittelbarer Nähe des Embryo gelegenen Zone blau. Von da schreitet die Reaktion kontinuierlich spitzenwärts vor, rascher auf der Rücken- als auf der Bauchseite. Die Erscheinung ist unabhängig von der Konzentration des Jodes ($^1/_{10000}$—$^1/_1$ Normal), nur wächst die Geschwindigkeit des Vorrückens mit steigendem Jodgehalt[2]) (Fig. 1).

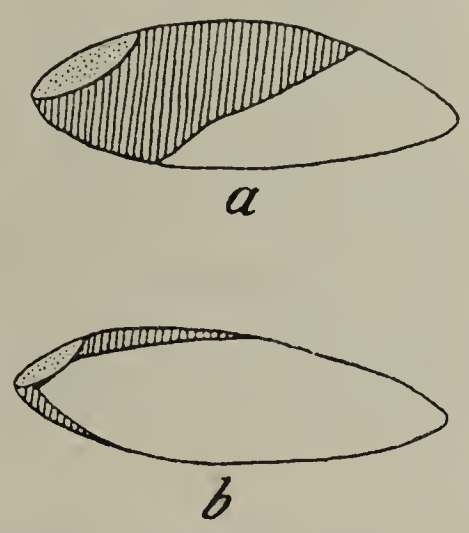


Fig. 1. Weizenkorn nach Einweichen in Jodjodkaliumlösung. *a* Äußerlich; *b* im Längsschnitt, seitlich der Furche. (Die schraffierten Partien blau, Jodstärke).

Genau auf die gleiche Weise beginnt und verbreitet sich die beim Einbringen der Weizenkörner in wässerige Osmiumsäure auftretende Schwärzung. Charakteristisch ist der Weg dieses Reagens im Inneren der einzelnen Aleuronzelle. Denn es beginnt daselbst die Schwarzfärbung des Inhaltes in jedem Falle am Außenrande und rückt gleichmäßig durch die ganze Breite der Zelle in der Richtung nach dem Korninneren vor. Die nachstehende Fig. 2 läßt dies ohne weiteres erkennen; die Stadien, die dort simultan an nebeneinander gelegenen Zellen dargestellt sind, werden von der Einzelzelle sukzedan durchlaufen. Dabei bleibt aber unverkennbar, daß alle Phasen der Reaktion von den Zellen um so früher durchlaufen werden, je näher dieselben am Embryo gelegen sind.

---

1) Pfeffer, Osmot. Untersuchungen, pag. 144, 179 und Tübinger Untersuchungen, Bd. II, pag. 179.

2) Bei geringen Gaben läßt sich dies äußerlich ohne weiteres erkennen; bei stärkeren ist es notwendig, zunächst die durch das Jod intensiv schwarzbraun gefärbte Fruchtschale zu entfernen. Brown gibt für Gerste allseitiges Eindringen des Jodes an, nur mit Erschwerung in der Furchenregion.

Gleicherweise lassen sich Sublimat und das aus 50 % alkoholischer Lösung permeierende Silbernitrat zuerst in der Umgebung des Embryo feststellen. Da aber in beiden Fällen der Nachweis des eingedrungenen Stoffes nur mit Hilfe von Außenreagentien und an Schnitten geführt werden kann, so sind die Resultate nicht derart scharf wie bei den zuerst angeführten Substanzen [1]).

Endlich konnte ich die Beobachtung Brown's [2]) bestätigen, daß der Farbenumschlag der Aleuronzellen von Hordeum coerulescens beim Eindringen der Salpetersäure in derselben Weise in der Gegend des Keimlings beginnt und von da aus nach der Spitze vorschreitet [3]).

Leider kann die Entscheidung der Kernfrage, ob derartig lokalisiertes oder einseitig vorauseilendes Eindringen auch für den Zutritt des Wassers gilt, nur auf Umwegen angestrebt werden. Und zwar um deswillen, weil die schwer durchlässigen oder undurchlässigen Schichten in einem gewissen Tiefenabstand unter der Oberfläche angeordnet sind. Ein partielles Überstreichen oder ein Wundver-

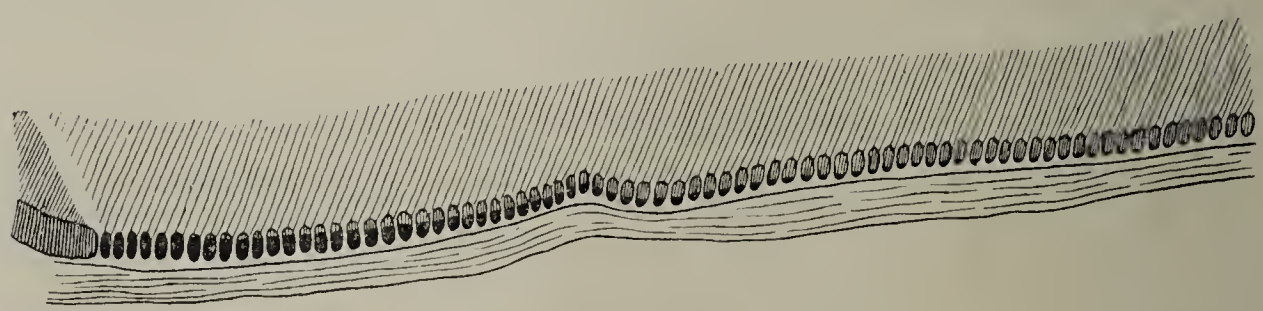


Fig. 2. Längsschnitt durch ein Weizenkorn nach 16stündigem Verweilen in ½ % Osmiumsäure.

schluß durch oberflächlich aufgetragene, wasserundurchlässige Medien gewährt daher keinerlei Sicherheit dafür, daß nicht gerade an der vermeintlich geschützten Stelle der Wassereintritt sich vollzieht. Sind doch in der Fruchtschale zwischen dem Überzug und den verkorkten Lagen der Samenschale Flüssigkeitsströmungen sehr wohl denkbar und auch tatsächlich unschwer festzustellen [4]).

---

1) Sublimat wurde mit Jodkalium oder Ammoniumsulfid, Silbernitrat mit Chlornatrium und darauffolgender Belichtung nachgewiesen; beide Male durch Andrücken der Schnittfläche auf mäßig mit den Reagentien befeuchtetes Filtrierpapier. Siehe pag. 192, Anmerk. 3.

2) l. c. I, pag. 83, Anmerkung.

3) Nach sehr langer Berührung drangen in meinen Versuchen auch Salzsäure und noch langsamer Schwefelsäure ein (Brown, l. c. II, pag. 82, Anmerk.). Beide Säuren bewirkten Farbenumschlag gleichfalls zunächst in der Nachbarschaft des Embryo, mit Fortschreiten von da aus.

4) Taucht man Weizen nur mit der Spitze in Sand (oder Gelatine), der mit Jodkalium durchtränkt ist, so tritt die Blaufärbung, genau ebenso wie beim voll-

Ich durchtränkte, um den Weg des einströmenden Wassers zu verfolgen, halbierte Weizenkörner mit Kobaltchlorür, trocknete sie und beobachtete den nunmehr bei Wasserzutritt erfolgenden Farbenumschlag [2]). Dabei war eine Verletzung der Körner leider unerläßlich, da Kobaltchlorür zu den nichtpermeierenden Körpern gehört. Wurden nun die dergestalt imprägnierten Teilstücke in Wasser gelegt, so zeigten sich charakteristische Unterschiede in ihrem Verhalten, je nachdem, ob es sich um die Kornhälfte mit dem Embryo oder um die Spitzenhälfte handelt.

Bei letzteren — den Spitzenteilen — erfolgte der Farbenumschlag und somit der Wassereintritt nur von der Schnittfläche aus und fand von dieser ausgehend ein ziemlich gleichmäßiges Vorrücken nach der Kornspitze statt, die in etwa 3—4 Stunden, je nach der Größe des Teilstückes, erreicht wurde. Bei den embryoführenden Hälften ließ sich neben der Schnittfläche noch ein zweites um den Keimling gelegenes Ausbreitungszentrum des Wassers erkennen und wanderten somit zwei Ströme, einer von der Wunde und einer vom Embryo her, einander entgegen. Der letztere zeigte, genau wie dies vorstehend für die permeierenden Stoffe beschrieben ist, die größte Geschwindigkeit auf der Rückseite des Kornes (Fig. 3 u. 4), der andere strömte allseits ungefähr gleich rasch. Die beistehenden, mit dem Zeichenprisma hergestellten Figuren sind danach ohne weiteres verständlich.

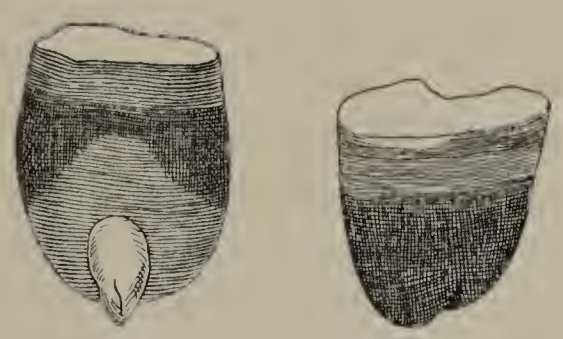


Fig. 3. Fig. 4.

Mit $CoCl_2$ imprägnierte Teilstücke des Weizenkornes: Fig. 3 Embryohälfte nach $1^1/_4$ stündigem, Fig. 4 Spitzenhälfte nach 2 stündigem Einweichen. (≡ Rot, # Blau.)

Werden die mit Kobalt imprägnierten Kornhälften statt in Wasser in eine hochkonzentrierte Lösung des nichtpermeierenden Chlornatriums gelegt,

ständigen Benetzen, zuerst in der Region des Embryo ein, also an dem aus der Flüssigkeit in die Luft ragenden Teil. Auch dann, wenn die Oberfläche des Kornes vollkommen trocken blieb und äußerlich keinerlei Anzeichen für ein Hochsaugen erkennbar war. Überstreichen des Keimlings sowie der anliegenden Bezirke mit Fett, Vaseline, Asphaltlack, Paraffin usw. änderte an diesem Ergebnis nichts. Danach sind viele der in der Literatur vorhandenen Angaben für oder gegen lokalisiertes Eindringen, die auf Versuchen basieren, in denen nach der Methode des partiellen Überstreichens mit wasserundurchlässigen Stoffen gearbeitet wurde, als nicht beweiskräftig zu verwerfen. — Auch die Folgerungen von Behrens (Bericht der Versuchsanstalt Augustenburg 1906, pag. 60) erscheinen nicht einwandfrei, da ich den dichten Wundverschluß zum mindesten für fraglich halte. Behrens selbst hat übrigens auf die Möglichkeit dieser Fehlerquelle aufmerksam gemacht (l. c. pag. 64).

2) Die Behandlung mußte wegen des Vorauseilens des Wassers vor dem Salz mehrfach wiederholt werden, um durchaus gefärbte Stücke zu erhalten.

so findet auch bei den Embryohälften die Wasseraufnahme fast ausschließlich von der Schnittfläche aus statt, es tritt demnach das am unversehrten Korn allein in Frage kommende Einströmungszentrum völlig zurück, ganz im Einklang mit den Tab. I mitgeteilten Versuchen.

Ebenso läßt sich gewichtsanalytisch zeigen, daß beim durchschnittenen Korn die Wasseraufnahme in dem den Keimling führenden Teilstück rascher sich vollzieht als in dem Spitzenteil (Tab. XVI). Einweichen in starke Kochsalzlösung bringt auch für diese Methode die Differenz zum Schwinden (Tab. XVII). Es findet eher ein Umschlag ins Gegenteil statt.

Beim unversehrten Weizen eilt gleichfalls die Wasseraufnahme der Embryoseite voraus, wie bei einem nachträglichen Querhalbieren die Wasserbestimmung der sortierten Halbkörner ergibt. In Tab. XVIII ist eine derartige Versuchsserie Eberhart's mitgeteilt[1]). Das gleiche Resultat zeitigte ein eigener Versuch (Tab. XIX), in dem die Zunahme des Wassergehaltes, d. h. der gefundene abzüglich des ursprünglich in den getrennt analysierten Hälften vorhandenen angegeben ist.

Für diese Befunde kommen nach meinem Dafürhalten für das unversehrte Korn, auf das allein die folgenden Ausführungen sich beziehen sollen, im wesentlichen zwei Deutungen in Betracht. Einmal war an lokalisiertes Eindringen am oder um den Keimling zu denken. Es müßte sich, sofern dies zutrifft, das Wasser am schnellsten in den Richtungen parallel zur Kornoberfläche bewegen. Denn andernfalls bliebe es absolut unverständlich, warum nicht die gefundenen quantitativen Differenzen einen weit höheren Betrag erreichen. Vielleicht kämen die zerdrückten Nucellarzellen als Wasserbahnen in Frage; damit wäre zugleich das auffallende Verhalten der eindringenden Osmiumsäure erklärt.

Andererseits könnte ein allseitiger Eintritt erfolgen, der am geschwindesten am Embryo sich vollzöge und dessen Schnelligkeit von da aus kontinuierlich und durchaus gleichmäßig nach der Spitze zu abnähme, und zwar etwas rascher auf der Bauchseite wie auf der Rückenseite. Diese auf den ersten Blick recht kompliziert aussehende Annahme könnte in relativ einfacher Weise durch eine das Korn allerorts nmgebende schwer durchlässige Hülle von ungleicher Mächtigkeit realisiert sein. Die dünnsten Stellen müßten über bzw. am Keimling situiert sein und von da aus müßte ein gleichmäßiges und kontinuierliches Anwachsen ihrer Stärke stattfinden, die an der Spitze am größten wäre, wie dies der zeitliche Verlauf des Wassereintritts anzeigt. Im Gegensatz dazu fordert die zuerst ausgemalte Möglichkeit eine voll-

1) Über das Vorquellen der Samen. Diss., Jena 1905. Dort auch ältere Literatur.

kommen undurchdringliche Umhüllung mit einer oder mehr Durchbruchsstellen in der Nähe des Keimlings. Für den praktischen Erfolg fielen die beiden Eventualitäten zusammen, wenn bei der an zweiter Stelle angeführten die Dickenzunahme der schwer durchdringlichen Haut und damit die Behinderung der Wasseraufnahme dermaßen rasch sich vollzöge, daß für die nach der Spitze zu gelegenen Partien der Wasserbezug von den Teilen in der Nachbarschaft des Embryo geringere Widerstände zu überwinden hätte, wie die direkte Aufnahme von außen durch die Schale.

Eine zwingende Entscheidung zwischen den beiden skizzierten Annahmen erlauben die mitgeteilten Versuche nicht, wenn sie auch in mehrfacher Hinsicht zugunsten der letzteren, allseitiges, aber ungleich rasches Eindringen, sich auswerten lassen.

Die Hoffnung, durch eine anatomische Untersuchung des Kornes weitere Aufklärung zu gewinnen, erwies sich als trügerisch.

Nur einer der vielen in der gedachten Richtung angestellten Versuche ergab ein einigermaßen eindeutiges Resultat. Fixiert man im unbedeckten Gefäße Weizenkörner mit der Spitze in 5—10 % Gelatine, derart, daß sie nur auf $^1/_3$ bis $^1/_2$ ihrer Länge eintauchen, so zeigt sich, allerdings erst nach Tagen, das Endosperm der Kornspitze eben merklich erweicht. Die übrigen Partien besitzen dagegen noch ungefähr den Härtegrad des lufttrockenen Samens, und die Schale ließ über dem Embryo das übliche gerunzelte Aussehen erkennen. Jede andere Deutung als die einer unmittelbaren Wasseraufnahme von seiten der Spitze erscheint gesucht; und so spricht dieser Versuch für eine allseitige aber ungleich rasche Aufnahme. Er demonstrierte gleicherweise, welchen Schwierigkeiten der Wassereintritt an der Spitze begegnet. Hatten doch in derselben Zeit, in der das Endosperm der mit der Spitze eintauchenden Körner gerade erweichte, umgekehrt also mit der Basis eingeschmolzene Samen, mehrere Zentimeter lange Wurzeln getrieben bei entsprechender Länge des Blattkeims, mithin sehr beträchtliche Mengen Wasser aufgenommen.

Selbst unter diesen Bedingungen, Einschmelzen nur der Spitze in Jodgelatine, konnte aber keine Aufnahme des Jodes an dieser Stelle herbeigeführt werden, sondern unverändert zeigte sich das früher beschriebene Bild, Beginn der Blaufärbung um den Keimling und Ausbreitung von da aus[1]).

Die Folgerungen aus all diesen Versuchen lassen sich bei vorsichtigster Erwägung in folgender Weise formulieren:

Unter normalen Keimungs- bzw. Weichbedingungen erfolgt die Wasseraufnahme des unverletzten Weizenkornes ausschließlich am

1) Siehe Anmerkung pag. 197.

Embryo resp. in dessen unmittelbarer Nachbarschaft. Von da aus verbreitet sich die Feuchtigkeit am raschesten parallel zur Oberfläche in longitudinaler Richtung, viel langsamer erfolgt die Bewegung senkrecht dazu von außen nach den inneren Schichten des Kornes. Doch ist an den übrigen Stellen die Schale nicht unbedingt undurchlässig für Wasser, setzt aber dessen Durchtritt einen solchen Widerstand entgegen, daß die Aufnahme auf dem geschilderten Wege leichter vonstatten geht.

Über die theoretischen Grundlagen der vorstehend mitgeteilten Beobachtungen liegen bereits mehrfach Äußerungen vor. Brown[1]) hat sich dahin ausgesprochen, daß ein Zusammenhang zwischen dem Dissoziationsgrad und der Fähigkeit zu permeieren oder nicht zu permeieren nicht bestehe. Ebensowenig glaubt er die Wirkung auf die Oberflächenspannung oder die Viskosität als Einteilungsprinzip verwenden zu können. Er hält es, ohne in die Betrachtung von Details einzutreten, für das wahrscheinlichste, daß die Art und Weise der Bindung der Moleküle des gelösten Stoffes an die des Wassers über Eintritt oder Nichteintritt entscheide.

Im Anschluß an die zweite Veröffentlichung Brown's hat Armstrong[2]) seine Anschauungen entwickelt, die, in gewissem Sinne weiter ausgeführt, mit den obigen Gedankengängen Brown's übereinstimmen. Denn auch Armstrong macht, wohl im Einklang mit früher von ihm ausgesprochenen theoretischen Auffassungen, die Bindung der Teilchen der gelösten Substanz an Wasser für Eindringen oder Nichteindringen verantwortlich. Stoffe, die Wasser kräftig anziehen und darum in der Lösung wahrscheinlich in Form von Hydraten vorhanden sind, seien nicht permeierend, die übrigen, permeierenden, ziehen Wasser nur in geringem Maße an und sind in der Lösung größtenteils unhydriert. Da die Membran in gleicher Weise hydriert zu denken ist, können die letzteren Substanzen gewissermaßen als indifferente das Imbibitionswasser derselben passieren, wogegen bei den übrigen eine Abstoßung der beiderseitigen Wassersphären eintrete.

Auf umfassender Basis hat J. Traube in letzter Zeit eine Erklärung angestrebt, im Anschluß an die von ihm entwickelte Theorie des Haftdruckes[3]). Es würde zu weit führen, wollte ich auf diesen Begriff des näheren eingehen. Es sei nur bemerkt, daß nach Traube

1) l. c. II, pag. 93.

2) Proceedings Royal Society, Ser. B (Biological), Vol. LXXXI, pag. 94.

3) Biochem. Zeitschrift 1910, Bd. XXIV, pag. 323, speziell pag 329 und Pflüger's Archiv 1910, Bd. CXXXII, pag. 511.

die Lösungsenergie einer Substanz proportional ist der Zahl der gelösten Teile (Kapazitätsfaktor) und dem Druck, welcher dem Anziehungsvermögen des gelösten Stoffes für das Lösungsmittel entspricht[1]). Letzteren für Aquivalent des gelösten Stoffes berechnet, nennt Traube Haftdruck. Es steht in gesetzmäßigen Beziehungen zur Wirkung des gelösten Stoffes auf die Oberflächenspannung des Lösungsmittels, worüber genaueres in den angeführten Publikationen Traube's zu finden ist.

Die Bedingungen für den Eintritt eines Stoffes resultieren nach Traube aus dem Haftdruck desselben in der Außenlösung, der Membran selbst und endlich der Innenflüssigkeit, d. h. der Flüssigkeit auf der Gegenseite der Membran, wobei sonstige in den Lösungen vorhandene Stoffe in entsprechender Weise in Rechnung zu setzen sind. Soweit mir als Nichtfachmann ein Urteil in dieser schwierigen Materie möglich ist, hat der Traube'sche Erklärungsversuch, der eine gewisse Verwandtschaft mit den Anschauungen von Brown und Armstrong besitzt, vieles für sich. Er vermöchte außer dem Permeieren oder Nichtpermeieren auch die Beschleunigung der Quellung durch Äther, Chloroform usw. zu erklären[2]).

Das Nichteindringen der wasserfreien Stoffe, wie Alkohol usw., wird auch auf dem Boden dieser Annahmen mehrfache Deutungen zulassen, entsprechend der komplizierten Struktur der Schale, deren Einfluß sich natürlich auch am toten Korn geltend macht. So könnte man sich leicht vorstellen, daß die Zelluloseschichten, z. B. Fruchtschale oder Nucellarüberrest, die in wässeriger Lösung alle Substanzen ausnahmslos durchlassen, in trockenem, ungequollenem Zustande undurchdringlich seien. Eine derartige Perspektive hat, ohne Beziehung zum vorliegenden Spezialfalle, Traube selbst ausgemalt, indem er ausführt, daß beim System Wasser, Zellulose, Alkohol eine Wanderung des ersteren zum Alkohol stattfand, ein Prozeß, der sich beim Verdünnen des Alkohols mit Wasser umkehrt[3]). Es wäre aber nicht undenkbar, daß die selektiv permeabele Schicht auch in diesem Falle die aus-

1) l. c. II, pag. 512.

2) l. c. II, pag. 533, 534.

3) l. c. I, pag. 327 und II, pag. 535. Die Abnahme des Gewichts lufttrockner Weizenkörner in Alk. absol. wird man nicht mit diesen Verhältnissen allein in Beziehung zu bringen haben, zeigen doch das gleiche Verhalten, einen Gewichtsverlust, halbierte Körner, bei denen nach dem Vorgetragenen die Membranwirkung ausgeschaltet ist. (Für unverletzte Körner enthält meine Arbeit im Zentralblatt f. Bakter. usw., pag. 496, Anmerk., einige Zahlen. Die bei durchschnittenen gefundenen stimmten vollständig mit ihnen überein.)

schlaggebende Rolle spielt. Sie könnte in ungequollenem Zustande — Quellung bewirkt eben nur der Zutritt von Wasser — entweder die fragliche Substanz überhaupt nicht aufnehmen oder im Gegenteil einen derartigen Haftdruck besitzen, daß eine Abgabe an das Innenmedium nicht stattfände.

Endlich läßt sich mit Traube's Ideen die Tatsache, daß Alkoholzusatz das ohne diese nicht permeierende Silbernitrat zum Permeieren veranlaßt, gut erklären, hat er doch derartige Vorgänge als Haftdrucklockerung gefordert. Allerdings liegt wohl gerade hier der Schlüssel für weitere experimentelle Prüfung seiner Theorie, denn es müßte entweder dieser Fall aus seiner Vereinzelung heraustreten oder eine Erklärung für diese Ausnahme gegeben werden [1]).

Ob man ohne die komplizierteren Annahmen Traubes unter alleiniger Berücksichtigung des Teilungskoeffizienten wird auskommen können, um die Kausalität der beschriebenen Erscheinungen in befriedigender Weise zu erklären, läßt sich heute nicht wohl voraussagen, da die vorliegenden experimentellen Daten zu dürftige sind, und namentlich die Frage nach dem Einfluß von Lösungsgenossen erst ganz neuerdings aufgeworfen und experimentell behandelt wurde [2]).

Man wird sich bei allen Deutungsversuchen für die beschriebenen Vorgänge davor hüten müssen, die Schale des Weizenkorns als schlechtweg semipermeabel und einheitlich anzusehen, sondern man wird sich stets vor Augen halten müssen, daß bei eingetretenen Veränderungen der Außenbedingungen ein abweichendes Resultat durch den Eingriff vorher unbeteiligter Lagen der Hülle zustande kommen kann, wie das vorstehend wiederholt angedeutet wurde. Es erscheint diese Warnung gerade im Hinblick darauf, daß nicht Biologen die theoretische Verwertung anstreben, nicht ungerechtfertigt.

Was schließlich die quantitative Seite der Frage anbelangt, so wird man in vielen Fällen eine präzise Übereinstimmung meiner Zahlen mit den berechneten Werten Traube's oder den Befunden Brown's vermissen. Es wäre verfehlt, diesen Mangel gegen die entwickelten Theorien ausbeuten zu wollen. Denn die von mir wie Brown benutzte Methode ist recht wenig genau; bedingt doch, wie oben ausgeführt, die Fruchtschale unter allen Umständen einen gewissen Fehler, der durch die unvermeidlichen verletzten Körner eine Steigerung erfährt.

1) Traube, l. c. II, pag. 529.

2) Spiro, Physikal. Chemie der Zelle, pag. 32 (Oppenheimer's Handbuch der Biochemie, Bd. I, erste Hälfte, pag. 1). Reichel, Biochem. Zeitschrift 1909, Bd. XXII, pag. 149, speziell pag. 156.

Tabelle I.

Gewichtszunahmen von Weizen und Erbsen in Wasser bzw. Chlornatriumlösungen, ausgedrückt in Prozent des Lufttrockengewichts (Anfangsgewicht).

	Erbsen								Weizen									
	Unverletzt				Halbiert				Unverletzt					Halbiert				
NaCl in %	0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20	33	0	5	10	20	33
Dauer Tage																		
1	97	69	58½	61	106	86	64	74	30	21	18	13	10½	51½	49	46½	42	33½
2	107	87	82	83	108	92	91	87	40	27½	23½	16	12½	53½	51	49½	56½	45½
3	—	92	89	90	—	92	89	90	45	29	25½	17	12½	55	52½	55½	58	51½
4	—	—	91	—	—	—	95	—	49	—	26½	—	—	56	—	53	—	57
5	—	—	—	—	—	—	—	—	53	—	27½	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	55½	31½	28½	20	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	56	33	29	20	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	59	33	29	22½	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	61	33	—	23½	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	62	—	—	24½	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	63	—	—	25½	—	—	—	—	—	—

Tabelle II.

Gewichtszunahme in verschieden konzentrierten Chlornatriumlösungen in Prozent des bei gleichlangem Verweilen in reinem Wasser gefundenen Wertes.

	Erbsen						Weizen					
NaCl in %	5 %		10 %		20 %		5 %		10 %		20 %	
Dauer Tage	Unverletzt	Halbiert	Unverletzt	Halbiert	Unverletzt	Halbiert	Unverletzt	Halbiert	Unverletzt	Halbiert	Unverletzt	Halbiert
1	70½	81	60	61	63	70	69½	94	57	90	43	82
2	81½	85	77	84½	78	81	69	95	56	92	39	105½
3	86	85	83	83	84	84	64½	95½	53½	102	38	103
4	—	—	85	88½	—	—	—	—	50	99½	—	104

Tabelle III.

Gewichtszunahme angeschnittener Weizenkörner in 20 % NaCl (in Prozenten des Trockengewichts).

Dauer in Tagen	1	2	3	4	5
Zunahme	23	32	38	43	46,5

Zum Vergleich können die entsprechenden Zahlen der Tabelle I dienen.

Tabelle III a.

Wechsel der Konzentration der Chlornatriumlösungen (Angaben in Prozent des Lufttrockengewichts).

Dauer Tage		1	2	3		4	5	6	
	Gabe				Übergeführt in				
Erbsen	5 %	69	87	92	20 %	94	97	98	
	20 %	61	83	90	5 %	92	92	92	
Halbierter Weizen	5 %	49	51	52	20 %	56	54	Gewichtsabnahme durch Ausschlämmen aus den erweichten Körnern	
	20 %	42	56½	58	5 %	56	50		
Unversehrter Weizen	5 %	23	28	32	20 %	26½	26	25	in 5 % NaCl 36,2
	20 %	13	15½	19	5 %	29	32	33	34

Tabelle IV.

Unverletzter Weizen in Lösungen von $^1/_5$ Grammformelgewicht in 1 Liter Wasser (Thermostat. 26° C).

	Zunahme in Prozent des Lufttrockengewichts			Zunahme in Prozent des Wertes in reinem Wasser		
Dauer in Stunden	24	48	72	24	48	72
$HgCl_2$	42,2	62	69,8	98,5	115	117,5
Aq. dest.	42,8	53,9	48,5	100	100	100
Rohrzucker . . .	36	45,7	45,9	84,1	84,8	77,2
NaF	37,9	43,8	45,4	88,4	81,2	76,4
KCl	38,2	44,4	45,2	89.2	82,3	76,1
KNO_3	37,7	43,7	44,75	88	81,1	75,3
NaCl	36,9	42,7	44,2	86,1	79,1	74,3
K_2CO_3	37,5	41,8	43,2	87,5	77,5	72,7
Na_2CO_3	37,4	42,3	42,8	87,3	78,5	72
$BaCl_2$	35,7	41,4	42,5	83,3	76,7	71,5
Na_2SO_4	36,5	41,9	42,3	85,2	77,7	71,2

Tabelle V.

Unverletzter Weizen in Lösungen des Grammformelgewichts in 1 Liter. Dauer 36 Stunden. Thermostat. 28° C.

	Aq. dest.	Na_2CO_3	KNO_3	NaF	KCl	NaCl	Na_2SO_4	$BaCl_2$	$MgSO_4$
Zunahme in % des Anfangsgewichts	55,7	32,7	30,7	30	28,7	28,1	26,9	25,8	23,1
Zunahme in % des Wasserwertes	100	58,7	55,1	53,8	51,5	50,5	48,3	46,4	41,5

Tabelle VI.

Unverletzter Weizen in Lösungen des Grammformelgewichts in Liter.

	Zunahme in Prozent des Trockengewichts		Zunahme in Prozent des Wasserwertes		Keimfähigkeit
Weichdauer in Stunden	22	47	22	47	
Äthyläther	60,05	66,75	162	127	0 alle geplatzt
Acetonitril	41,65	53,6	104	104	80 %
Aceton	42,5	51,9	106	101	84 %
Aq. dest.	40,1	51,5	100	100	98 %
Äthylalkohol	40,5	51,2	101	99,4	100 %
Methylalkohol	40,8	49,95	103	97	98 %
Seignettesalz	26,1	29,3	65,1	57	96 %

Tabelle VII.

Halbierte Weizenkörner in Lösungen des Grammformelgewichts in 1 Liter.

	Zunahme in Prozent des Trockengewichts		Zunahme in Prozent des Wasserwertes	
Dauer in Stunden	23	48	23	48
$BaCl_2$	53,8	62,7	104	118,5
KNO_3	55,7	55,4	108	105
Aceton	52,5	53,5	101,5	101
Aq. dest.	51,7	52,9	100	100
NaCl	48,8	51,7	94,5	97,7
Rohrzucker . . .	42,8	48,3	82,9	91,3
$MgSO_4$	41,4	45,6	80,1	86,2

Tabelle VIII.

Gewichtszunahme bei Weizen in Prozent des Lufttrockengewichts (für unversehrte und am Embryo vollständig geschälte Körner s. S. 189).

Dauer in Tagen		1	2	3	4	6	8	10	13
H_2O	geschält	34,1	43,8	50,1	55,6	62,5	64,2	66,3	—
	ungeschält	32,5	41,4	45,8	51.1	57,8	61,9	67,5	—
$^1/_1$ N. NaCl	geschält	28,3	35,2	38.9	41,7	45,5	49	53,3	56
	ungeschält	25,6	32,6	35,2	38	39,2	40,5	42,1	42,1
$^1/_1$ N. $AgNO_3$	geschält	29,5	40,6	45,4	53,6	59,4	63,6	66,3	—
	ungeschält	24,1	32	35,3	38,6	39,85	41,2	43,5	45,8

Tabelle IX.

Gewichtszunahme der geschälten Körner, ausgedrückt in Prozent der für unversehrte Körner im gleichen Medium gefundenen Werte. (Der gleiche Versuch wie in Tab. VIII.)

Dauer in Tagen	1	2	3	4	6	8	10	13
Wasser	105	106	109	109	108	104	98,2	98,2
$^1/_1$ N. NaCl . . .	110	108	111	110	**116**	121	127	134
$^1/_1$ N. $AgNO_3$ . .	123	127	128	139	149	154	152	—

Tabelle X.

Titerzunahme einer Chlornatriumlösung durch den Wasserentzug quellenden Weizens.

Dauer in Stunden	Beobachtungsintervall in Stunden	Gefundene Gewichtszunahme in Gramm	Titerzunahme von 10 ccm	Aus letzterer berechnete Wasseraufnahme
1	1	0,590	0,3	0,290
25	24	1,420	1,6	1,28—1,38
49	24	0,410	0,5	0,38—0,48
121	72	0,440	0,35	0,24—0,34

Tabelle XI.

Gewichtszunahme unverletzten Weizens in Prozent der für reines Wasser gefundenen Zunahme.

Dauer in Tagen	1	2	3
1 % OsO_4	73,5	79	79,3
$^1/_4$ % NaCl . . .	98,6	93,7	94,7

Tabelle XII.

Zunahme in Prozent des Trockengewichts.

Dauer in Tagen	1	2	3	4
	in 1 % OsO_4			in Wasser übergeführt
	25,2	34,5	44,6	48,5

Tabelle XIII.

Zunahme wie vorstehend innerhalb von je 24 Stunden in reinem Wasser.

A. mit OsO_4 vorbehandelte Körner: 28,5 % 39 % 45,5 %
B. frische Körner: 42,4 % 50,2 %.

Tabelle XIV.

Zunahme in Ätherwasser (Versuchsdauer 24 Stunden).

	Zunahme in Prozent des Trockengewichts		Zunahme in Prozent des Wasserwertes	
	ganze Körner	Halbkörner	ganze Körner	Halbkörner
Aq. dest.	36,2	53,5	100	100
Ges. Ätherwasser . .	51,1	50.3	141	94

In gesättigtem Chloroformwasser nach 24 Stunden 150 % und nach 48 Stunden 145 % des Wasserwertes.

Tabelle XV.

Gewichtszunahmen absolut.

100 Weizen in ges. Ätherwasser	2,425 g
in Aq. dest. . . .	1,840 g
Differenz	0,585 g

Im ges. Ätherwasser vorhandene Äthermenge (absolut) 0,429 g.

Tabelle XVI a.

Weizen. Gewichtszunahme in Prozent des Trockengewichts. Destilliertes Wasser. (Vor dem Einquellen halbiert.)

Dauer	A Unversehrte Körner	B Embryo-hälften	C Spitzen-hälften	Differenz B—C
3 Stunden	13,9	26,15	22,8	+ 3,35
6 „	19,7	36,3	30,2	+ 6,1
18½ „	30,9	51,5	47,4	+ 4,1
42 „	40,1	55,8	54,9	+ 0,9
3 Tage	45,3	56,1	55,2	+ 0,9
6 „	53,8	—	—	—

Tabelle XVI b (wie oben).

1 Stunden	9,5	15,1	17,5	— 2,4
4 „	15,4	29,2	25,65	+ 3,55
7 „	21,5	37,45	31,2	+ 6,25
10 „	25,2	41,8	34,8	+ 7,0
23 „	33,75	51,7	47,8	+ 3,9
32 „	38	54,3	50,4	+ 3,9
52 „	41,2	Abnahme	53,3	(+ 1)
3 Tage	44,6	—	Abnahme	—
6 „	52	—	—	—

Tabelle XVII (wie vorstehende Tab. XVI).

Nahezu gesättigte Chlornatriumlösung.

Dauer	A	B	C	B—C (wie Tab. XVI)
1 Stunden	3,1	11,8	11,0	0,8
4 „	5,2	17,5	17,3	0,2
7 „	6,3	21,2	23,5	— 2,2
23 „	8,2	32,6	34,7	— 2,1
31 „	9,5	36,5	38	— 1,5
2 Tage	10,4	44,8	45,9	— 1,1
3 „	12,5	53,2	55,95	— 2,75
4 „	12,5	56	58,5	— 2,5

Tabelle XVIII.

Wassergehalt in Prozent nach Eberhart (nachträglich halbiert und analysiert).

Dauer in Tagen	Tricitum polonicum				Gerste	
	20° C.		12° C.		20° C.	
	Embryohälfte	Spitze	Embryohälfte	Spitze	Embryohälfte	Spitze
$^1/_2$	57,64	47,00	46,26	36,02	57,46	35,01
1	**64,67**	**53,37**	53,19	43,49	64,84	50,27
2	75,33	64,32	59,96	50,14	74,62	63,59
3	77,48	70,92	63,68	57,09	81,18	71,33
4	80,74	77,35	**68,71**	**61,60**	**85,93**	**75,65**
5	82,45	78,70	72,92	66,84	86,44	78,73

Tabelle XIX.

Zunahme des Wassergehalts in Prozent. Versuchsdauer $7^1/_2$ Stunden. (Nachträglich halbiert und analysiert.)

	6° C.	17° C.	29° C.
Embryohälften . .	13,4	21,1	26,7
Spitzen	6,1	10,7	17,5
Differenz	7,3	10,4	9,2

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 102

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

Artikel/Article: Über die selektiv permeabele Hülle des Weizenkornes 186-208