

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Köln und dem Versuchsgut Höfchen der Farbenfabriken „Bayer“/Leverkusen.)

Untersuchungen über die Änderung des physiologischen Verhaltens von Weizen- und Gerstensamen nach Heißwasser-Bädern¹.

Von H. F. LINSKENS.

Mit 19 Textabbildungen.

A. Einleitung.

1. Das Warmbad als Mittel zum Fröhrtreiben.

Vor 40 Jahren hat MOLISCH (1908, 1909 a, 1909 b) in der Wiener Akademie der Wissenschaften über Versuche berichtet, die eine alte gärtnerische Praxis: „Das Warmbad als Mittel zum Fröhrtreiben der Pflanzen“ in das Blickfeld der wissenschaftlichen Botanik rückten.

In den folgenden Jahren wurde durch verschiedene Untersucher die Kausalanalyse dieser Erscheinung vorangetrieben. MÜLLER-THURGAU-SCHNEIDER-ORELLI (1910, 1912) untersuchten besonders an *Solanum tuberosum* und *Convallaria*-Rhizomen die Änderung des Zuckerspiegels, des Diastasegehaltes und der Atmung nach Warmwasserbädern verschiedener Temperatur und Dauer. Nach ihnen kommt dem Warmwasserbad der Charakter eines Plasmareizes zu, der durch Schwächung des Protoplasten jene inneren Faktoren trifft, die den Stillstand des Wachstums bedingen.

Demgegenüber sieht IRAKLINOW (1912) die Wirkung des Warmbades vornehmlich im Einfluß der Temperatur, die eine Auslösefunktion (Beseitigung eines „arretierenden Sperrhebels“) auf die enzymatischen, insbesondere oxydativen Vorgänge, habe.

BORESCH (1924, 1926, 1928) kommt nach eingehenden Untersuchungen an Bäumen zu der Arbeitshypothese, daß durch den Sauerstoffmangel, in Verbindung mit der erhöhten Temperatur, in den ruhenden Pflanzenteilen durch anaerobe Atmung Stoffe angehäuft werden, die geeignet sind, Entwicklungsbeschleunigungen hervorzurufen, die sich im früheren Austreiben der Knospen kundtun. Die Untersuchungen von VEGIS (1932) lassen erkennen, daß dem Warmbad kein bestimmter energetischer Wert zukommt; vielmehr hat es den ausgeprägten Charakter einer auslösenden Reizwirkung für den Übergang aus dem inaktiven in den aktiven Zustand.

Bereits MOLISCH hat unter den Objekten, an denen er die fröhrtreibende Wirkung erzielen konnte, auch zwei Samenarten (*Sorbus aucuparia*, *Fraxinus excelsior*) aufgeführt (1909 a). Jedoch hatte er diese Beobachtungen nicht weiterverfolgt.

2. Das Heißwasserbad als Beizverfahren.

Das Warmbad in seiner Beziehung zum ruhenden Samen ist aber von der angewandt-botanischen Seite bereits wesentlich früher betrachtet worden. Dabei stand allerdings nicht die Aufhebung der Ruheperiode, sondern die thermische Desinfektion im Vordergrund.

Unter den phytopathogenen Mykosen sind die Formen *Ustilago tritici* (Weizenflugbrand) und *Ustilago nuda* (Gerstenflugbrand) besonders schwer einer

Bekämpfung zugänglich. Während die meisten *Ustilaginaceen* als Dauersporen überwintern, geht die Infektion bei *Ustilago tritici* und *Ustilago nuda*, wie zuerst BREFELD (1895) und HECKE (1905) nachwiesen, bereits in der Blüte vor sich. LANG (1910, 1917) zeigte dann, daß die Konidien bereits auf der Narbe der blühenden Getreideähre auskeimen (MIGULA 1917) und von dort aus das Mycel den kürzesten Weg zum Fruchtknoten einschlägt. Es breitet sich im Embryo und besonders im Skutellum aus, ohne den reifenden Samen anzugreifen oder nachteilig zu beeinflussen. Die Überwinterung erfolgt als Mycel. Dieses durchzieht im folgenden Frühjahr die ganze heranwachsende Pflanze, stört bereits die physiologischen Funktionen (KURSSANOW 1928), ohne jedoch den Habitus zu ändern. Erst im reifenden Fruchtknoten schnüren sich aus dem Mycel Brandsporenlager ab, die als braun-schwarzer Staub neue Infektionen offener Blüten hervorrufen können. Die Bekämpfung ist deshalb so schwierig, weil die Züchtung resistenter Rassen durch starke physiologische Spezialisierung (GREVEL 1930, RADULESCU 1935, THREN 1941, MOORE 1948) besonders von *Ustilago tritici* und das gute funktionelle Zusammenspiel von Wirt und Erreger (GÄUMANN 1946) erschwert ist. Außerdem konnte die Möglichkeit sekundärer Oberflächeninfektion nachgewiesen werden (TISDALE-TAPKE 1924, VANDERWALLE 1935) und zudem ist bei latentem Befall (KOUDELKA 1934) der Nachweis des Mycels im Befallsträger nur schwer zu führen (BRIOLI-SCHIKORA 1913, WÖSTMANN 1942).

Lange bevor jedoch der Infektionsgang des Weizen- und Gerstenflugbrandes bekannt war, hatte JENSEN (1895) eine Methode gefunden, die sinnvoll der Biologie des Pilzes angepaßt ist: die Bekämpfung der akuten Infektion durch die Heißwasserbeize. Unter den physikalischen Beizverfahren nimmt sie eine überragende Stellung ein. Das Verfahren ist in den vergangenen Jahrzehnten in vielen Richtungen hinsichtlich der Dauer, der Temperatur und der Vorquellung variiert und auf seine Desinfektionswirkung und das Auftreten von Keimschäden untersucht worden. Die ältere Literatur findet sich bei APPEL-RIEHM (1913), die neuere bei GASSNER (1933) zusammengestellt.

Es zeichnen sich dabei drei Modifikationen ab: 1. ein in Anlehnung an das ursprünglich von JENSEN (1895) entwickelte Verfahren, bestehend aus einer mehrstündigen Einquellung in Wasser von 15–20° C und einem gesonderten Beizakt von wenigen Minuten Dauer, der hart an oder über die Schädigungsgrenze durch hohe Temperaturen geht. (APPEL 1910, APPEL-RIEHM 1913.)

2. das Heißwasser-Dauerbad von 1½ bis 12 Stunden Dauer bei Temperaturen von 35 bis 47° C ohne Vorquellung, das von STÖRMER, OETKEN, APPEL, RIEHM, (vgl. WARTENBERG 1933) entwickelt wurde.

3. die Warmbenetzungsbeize, die in einem Zusatz geringer Wassermengen (4—6 Liter je 50 kg Saatgut) bei 48—52°C besteht, jedoch zur Durchführung besondere Geräte erfordert und daher in der Praxis schwierig durchzuführen ist. (GASSNER 1933, GASSNER-KIRCHHOFF 1933 ff). Während das erste und dritte Verfahren als brauchbar hinsichtlich der Beizwirkung sowohl für *Hordeum*, als auch für *Triticum* angegeben werden, (GASSNER-KIRCHHOFF 1938, BRAUN-RIEHM 1945, MAIER-BODE 1947), konnte sich das Dauerbad erst neuerdings auch bei der Behandlung flugbrandinfizierten Weizensaatgutes durchsetzen (v. GALLWITZ 1948, FLENSBERG 1948).

Über den eigentlichen Beizeffekt wurden Vorstellungen durch die Arbeiten von APPEL (1909), HOLLRUNG (1921) und GASSNER (1933 ff) entwickelt. Nach APPEL wird das Mycel durch Vorquellen in ein empfindliches Stadium überführt und durch die nachfolgende Hitzebehandlung abgetötet. Die Wirkung liegt also in der unterschiedlichen Hitzeresistenz von Embryo- und Mycel-Plasma. HOLLRUNG sieht die beiztherapeutische Wirkung des Heißwasserbades in der durch sie veranlaßten intrazellulären Atmung und enzymatischen Tätigkeit der Samen. Die erstere bedingt durch chemische Stoffe, die an Ort und Stelle durch physiologische Prozesse erzeugt werden, „eine innere Beizung“, während durch den Einfluß der aktivierten Enzyme Hydrolyse der Reservestoffe stattfindet, so daß bei Eintritt der Keimung der Embryo einen Vorsprung gegenüber dem Brandmycel bekommt, oder aber der Mycelfaden abreißt. GASSNER konnte zeigen, daß durch künstliche Sauerstoffzufuhr während des Heißwasserbades die Beizwirkung auf Flugbrand aufgehoben wird. Er sieht den Erfolg des Beizaktes im Zusammenwirken von Temperatur, Einwirkungszeit und der Natur der Beizflüssigkeit.

So sind also einerseits Untersuchungen zur Analyse der Warmbadwirkung auf ruhende Knospen bereits unternommen worden. Andererseits wächst die Bedeutung der thermischen Desinfektion matrikaler Mycele von *Ustilago tritici* und *Ustilago nuda* infolge der Ausweitung des Weizenanbaues und der damit verbundenen Verbreitung des Flugbrandes (BONNE 1941). Nicht untersucht wurden jedoch bisher die physiologischen Abläufe in Samen, die dem Warmbad unterzogen worden sind. Diese Tatsache mag sich daraus erklären, daß am Warmbad bei Samen weniger die erweckende Komponente, als die desinfizierende interessierte. Die Untersuchung der Abläufe, die in Samen vor sich gehen, die dem Heißwasserbad unterzogen worden sind, ist somit sowohl von wissenschaftlicher Bedeutung, als auch von praktischem Interesse.

3. Problem und Fragestellung.

Der Gegenstand unserer Untersuchung ist also der ruhende Samen. Sein Embryo ist, mit mehreren Vegetationspunkten ausgestattet, den Knospen ruhender Zweige homolog. Das wesentliche Kriterium ist demnach die Ruhe, d. h. die mangelnde Bereitschaft zum Ausgleich energetischer Potentiale infolge hoher Reaktionswiderstände (BÜNNING 1948). Die zu unseren Versuchen dienenden Samen von *Triticum* und *Hordeum* sind gekennzeichnet sowohl durch das Fehlen einer endogenen Ruheperiode, als auch einer primären

Ruhe als Nachreife (dormancy) im Sinne CROCKERS (1916). Sie werden von NIETHAMMER (1928) der Gruppe III b, d. h. den Samen zugeordnet, die jederzeit rasch und vollständig keimen können. Die Ruhe wird also ausschließlich durch Änderung der Außenbedingungen aufgehoben. Hierbei spielt der Wassergehalt für den „Grad der physiologischen Labilität“ (BÜNNING 1948) eine entscheidende Rolle.

Das Warmwasserbad-Verfahren des ruhenden Samens ist charakterisiert durch:

a) den radikalen Abbruch der Keimruhe durch die kombinierte Einwirkung von Quellung und Temperatur während des Bades,

b) die schnell darauf folgende Unterbrechung des angeregten Aktivitätszustandes durch den Trocknungsvorgang, der aus praktischen und technischen Gründen folgen muß,

c) die willkürliche Wahl des Zeitpunktes dieser Manipulationen im Laufe der Ruhe.

So ergeben sich für die Untersuchung drei Problemkreise:

1. Das Heißwasserbad. — Wie vollzieht sich die Änderung des physiologischen Gleichgewichtes aus der Ruhe in die Aktivität?

Der von KISSER (1932, 1933) definierte Keimungsbegriff, der besagt, daß die Keimung als der Moment des Einsetzens einer durch aktive Wachstumsvorgänge bedingten Vergrößerung des keimbereiten Embryos ist, abstrahiert die der Keimung vorausgehenden oder sie begleitenden Teilvorgänge als Voraussetzungen für das Leben überhaupt. Als ein solcher Teilvorgang muß auch die Quellung gelten. Darüber hinaus bedingt das Heißwasserbad im behandelten Samen eine Änderung der Temperatur und eine infolge des Sauerstoffabschlusses einsetzende intrazelluläre Atmung. Wie sich diese Teilvorgänge zum darauffolgenden Ablauf des Wachstumsgeschehens verhalten, soll näher untersucht werden.

2. Die Rücktrocknung — Welche Prozesse laufen bei der Rückdrosselung der physiologischen Aktivität ab?

Während über das Heißwasserbad vielfache Untersuchungen von der Verfahrensseite her vorliegen, blieb merkwürdigerweise der sich notwendig anschließende Trocknungsprozeß weitestgehend unbeachtet. APPEL-RIEHM (1913) „empfehlen“ das Zurücktrocknen. GASSNER (1933) hat bei seinen klassischen Untersuchungen auf Filterpapier bei Zimmertemperatur getrocknet. Während die meisten Untersucher keine näheren Angaben über die Trocknung machen, gibt lediglich WECK (1938) einen Abkühlungs- und Trocknungsprozeß in Einzelheiten an. Erst neuerdings (GASSNER 1947, v. GALLWITZ 1948, FLENSBERG 1948) hat man wohl mit Recht dem Rücktrocknungsprozeß größere Aufmerksamkeit geschenkt.

3. Der Zeitpunkt des Beizaktes — Wie ändert sich die Sensibilität der Samen gegenüber den beiden anderen Prozessen im Laufe der Ruheperiode?

Dieser dritte Fragenkomplex erscheint gleichfalls der Bearbeitung wert. Bereits die Untersuchungen von PORODKO (1926 a, 1926 b, 1927 a, 1927 b) lassen vermuten, daß auch die Samen von Weizen und Gerste zwar nicht einem endogenen Rhythmus hinsichtlich der Keimfähigkeit im Laufe eines Jahres unterworfen sind (vgl. BÜNNING 1947), wohl aber einer Veränderlichkeit in der Resistenz gegenüber Hitze in dem Sinne, daß jüngere Samen resistenter, ältere weniger resistent sind. Die Wahl des günstigsten Zeitpunktes für eine Heißwasser-

behandlung infizierten Saatgutes könnte durch spezielle Untersuchung dieses Gegenstandes erheblich gefördert werden. Sie konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt werden und muß einem späteren Zeitpunkt überlassen bleiben.

Die experimentelle Bearbeitung gliedert sich nachstehend in zwei Abschnitte, und zwar:

a) die Untersuchung der Samen, die einem Heißwasserbad mit anschließender Rücktrocknung unterzogen wurden. (Abschnitt B).

(b) die Untersuchung der physiologisch-chemischen Prozesse der Samen während des Beizbades und der Trocknung. Als Kriterien der Aktionsbereitschaft werden die Atmung und einige Wirkstoffabläufe herausgegriffen. (Abschnitt C).

B. Das Heißwasserbad und die Rücktrocknung.

In der experimentellen Bearbeitung beschränkten wir uns, bei der Fülle der möglichen Kombinationen von Temperatur und Beizdauer, auf die Untersuchung eines Heißwasserbades von 2 Stunden Dauer bei einer Temperatur von $45 \pm 1^\circ\text{C}$. Nach den bisherigen Feststellungen ist in der Nähe dieser Kombination von Temperatur und Einwirkungsdauer das relativ günstigste Verhältnis zwischen Beizeffekt und Keimschäden gefunden (WECK 1938, FLENSBERG 1948).

1. Die Änderung des Wassergehaltes während des Warmbades und der anschließenden Trocknung.

Die Kenntnis des Wassergehaltes ist im Zusammenhang mit dem Heißwasserbad sowohl für die Beizwirkung, als auch für den Eintritt der Hitzeschäden von Bedeutung. APPEL-RIEHM (1911) berücksichtigten bereits den Gesamtwassergehalt der Karyopsen; GASSNER-KIRCHHOFF (1936) und FLENSBERG (1948) untersuchten insbesondere die Wasseraufnahme der einzelnen Teile des Weizenkornes.

Für den Zusammenhang mit den nachfolgenden Untersuchungen war auch an unserem Material eine solche Bestimmung notwendig. Wir erweiterten dabei den Gegenstand der Untersuchung auch auf den sich dem Wasserbad anschließenden Trocknungsprozeß. Dieser wiederum wurde in verschiedenen Bedingungen variiert.

Methoden:

Die Zubereitung des Wasserbades erfolgte in flachen Emailleschalen, jeweils mit der zehnfachen Menge des Saatgutes an Wasser. Die einzelnen Portionen der Samen — diese Anordnung blieb in allen nachfolgend zu beschreibenden Versuchsreihen gleich — wurden in Behältern aus verzinktem Maschendraht von 1 mm Maschenweite in die Beizflüssigkeit untergetaucht. Das Eintauchen des kurz auf 45°C vorgewärmten Saatgutes erfolgte unmittelbar in die Flüssigkeit von 45°C . Die Schalen der Heißwasserbäder befanden sich dabei in einem auf 50°C eingestellten geschlossenen Thermostaten, so daß die Wärmeverluste innerhalb von 2 Stunden nie mehr als 1°C betragen. Die Überwachung der Temperatur erfolgte durch Kontrollthermometer von außen.

Die Durchführung der Trocknung erfolgt auf zwei verschiedene Weisen. Ausgehend von der Überlegung, daß dabei die Lagerung der einzelnen Samen zueinander von entscheidender Bedeutung ist, haben wir zunächst den einzelnen Samen freiliegend, mit 1 cm Abstand, einschichtig auf Drahtsieben von 1 mm Maschenweite untersucht und dieses Verfahren als „Einzelkorn“-Trocknung bezeichnet. Die Gewichtsvariationen wurden mit Hilfe einer Torsionsfederwaage (Firma Hartmann & Braun, Frankfurt/M.) auf 0,2 mg

genau bestimmt. Die erhaltenen Werte sind, aus 10 Einzelwerten gemittelt und prozentual auf das Ausgangstrockengewicht (10,4%) bezogen, graphisch dargestellt (Abb. 1).

Die sogenannte „Massentrocknung“ kommt dagegen mehr den Verhältnissen der Praxis nahe. Dazu dienten jeweils 100 g Saatgut, was einer Anzahl von 2500 ± 10 Karyopsen entspricht. Diese Samenmenge wurde auf einer Fläche von 12×12 cm ca. 1 cm hoch aufgeschichtet, die Unterlage 5° geneigt aufgestellt.

Zur Wassergehaltsbestimmung wurden zu den angegebenen Zeitpunkten etwa 3 g oder ungefähr 50—100 Körner entnommen und in kleinen Erlenmeyerkolben mit Gummistopfen sofort verschlossen und auf 10 mg genau gewogen. Die geöffneten Gefäße werden dann für 4 Stunden in einen Thermostaten von 105°C (vgl. EGGBRECHT 1941) gebracht, im Exsikkator abgekühlt und wieder gewogen. Aus der Differenz der beiden Wägungen ergab sich nach Abzug der Gefäßkonstanten der aktuelle Wassergehalt zur Zeit der Entnahme aus dem Trocknungsprozeß. Die erhaltenen Werte sind in Abb. 2 dargestellt. Das gleiche Verfahren wurde auch benutzt, um getrennt den Wassergehalt und die Wasserverschiebungen zwischen Embryo und Endosperm festzustellen. Dabei wurde der Embryo mittels scharfer Klinge dicht unterhalb des Skutellums vom Endosperm abgetrennt. Der dabei entstehende Fehler, indem Reste des Endosperm am Skutellum verblieben, konnte unberücksichtigt bleiben. Er beträgt nur wenige Prozent (max. 4%), wie durch Vergleichswägungen mit sorgfältig herauspräparierten Embryonen festgestellt werden konnte.

Der Trocknungsvorgang selber vollzog sich in einem geschlossenen Thermostaten (Innenraum $40 \times 50 \times 60$ cm), der elektrisch geheizt und mit einem MS-Kontaktthermometer gesteuert wurde. Lediglich eine runde Öffnung von 3 cm \varnothing in der Decke war offen, so daß im Innern des Thermostaten Windstille im Sinne BÜTNER'S (1934) herrscht, bei der nur noch „freie Strömung“ auftritt. Der Ablauf der Trocknung konnte nur hinsichtlich der Temperatur geändert werden. Fast konstant blieb der Dampfdruck (wie in Tabelle 1 angegeben). Temperatur und relative Feuchte wurden stets laufend mittels eines Thermohygraphen kontrolliert.

Tabelle 1.

Temperatur $^\circ\text{C}$	% relative Feuchte		Dampfdruck mm Hg
	Schwankung	Mittel	
20	72—76	75	13,2
30	40—45	43	13,5
40	22—27	25	13,5
50	14—17	15	13,8

Ergebnisse:

Bei einer ersten Betrachtung der als Resultat dieser Versuche sich ergebenden Kurvenscharen (Abb. 1 und 2) springt der starke Unterschied in der Änderung des Wassergehaltes zwischen den beiden gewählten Trocknungsprozessen ins Auge.

Der Wassergehalt bei der „Einzelkorn“-Trocknung fällt sofort mit Beginn des Trocknungsprozesses beträchtlich und bleibt in allen Temperaturbereichen nach 6—8 Stunden konstant. Der Verlauf der Kurven zeigt, daß der Hauptanteil des Wasserentzuges bei allen Temperaturen in den ersten beiden Stunden nach der Herausnahme aus dem Wasserbad sich vollzieht. Während bei 20°C Trocknungstemperatur auf Ausgangsgröße zurückgetrocknet wird, werden bei Verwendung höherer Temperaturen Minus-Werte erreicht.

Die „Massentrocknung“ zeigt nun als Besonderheit bei den Temperaturen 20, 30, 40°C nach der Entnahme aus dem Wasserbad und dem Einsetzen des Trocknungsprozesses, zunächst ein weiteres Ansteigen

des Wassergehaltes. Es findet also eine Nachquellung statt, die bei der gleichzeitigen Trocknung größerer

Oberfläche und aus den Zwischenräumen der Masse der Körner. Die Größe der Nachquellung ist dabei wiederum von der Trocknungsintensität — bei unseren Versuchen variiert durch die Temperatur — abhängig. Auch geht die „Massentrocknung“ langsamer vor sich. Die Ursache dazu dürfte in der Massierung der Samenindividuen, der dadurch bedingten Kombination der Dampfhauben, der fehlenden thermischen Konvektion an den Oberflächen der einzelnen Saatkörner und anderen physikalischen Faktoren zu suchen sein. Den Werten der „Einzelkorn“-Trocknung

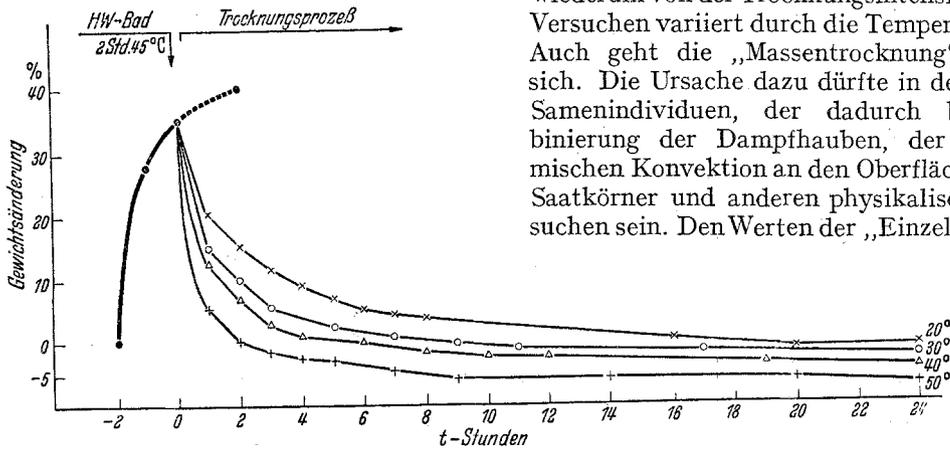


Abb. 1. „Einzelkorn-trocknung“. Werte stellen Mittel aus 10 Einzelmessungen dar. Versuchsmaterial: Peragis I Sommerweizen, Ernte 1947.

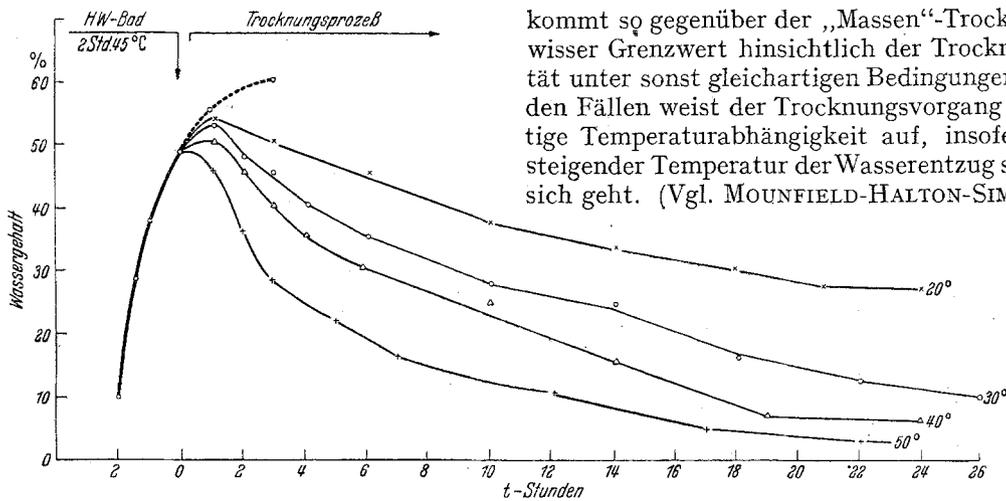


Abb. 2. „Massentrocknung“. Werte zeigen den Wassergehalt bei gleichzeitiger Trocknung von 2500 ± 10 Karyopsen an. Versuchsmaterial: Peragis I Sommerweizen, Ernte 1947.

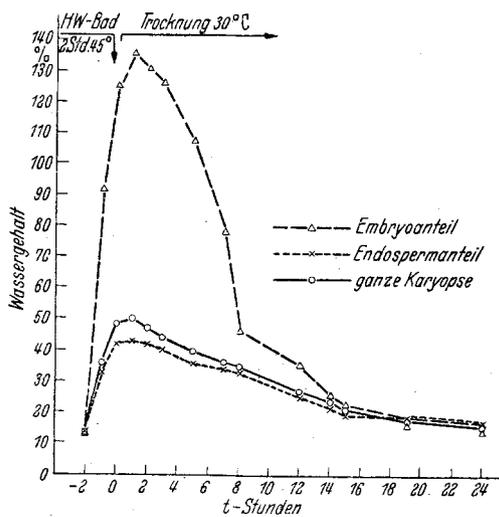


Abb. 3. Differenzierte Wassergehaltsbestimmung von Embryo und Endosperm. Versuchsmaterial: Peragis I Sommerweizen, Ernte 1947. — Trocknung bei $30 \pm 1^\circ \text{C}$. Kurven stellen Mittel aus 20 Einzelwerten dar.

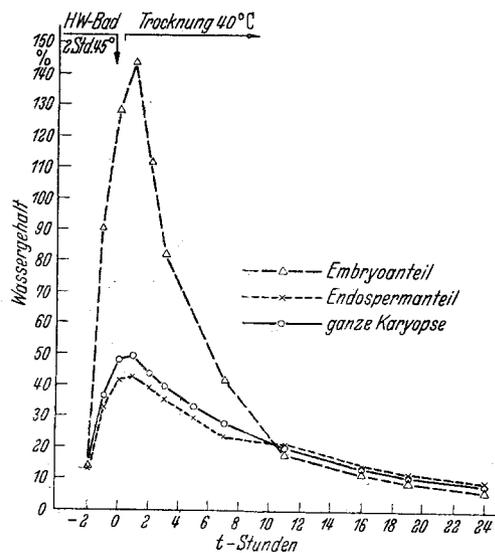


Abb. 4. (Wie Abb. 3.) Trocknung bei $40 \pm 1^\circ \text{C}$. Kurven stellen Mittel aus 10 Einzelmessungen dar.

Mengen von Saatgut in jedem Fall in Kauf genommen werden muß. Dabei handelt es sich um eine nicht zu verhindernde Aufnahme des Haftwassers von der

Besondere Beachtung verdienen die Ergebnisse der differenzierten Messungen an Embryo und Endosperm (Abb. 3 und 4). Der Unterschied im Wassergehalt von

Embryo und Endosperm ist beträchtlich, worauf schon GASSNER (1936) hingewiesen hat. Auffällig ist außerdem, daß die Größe der Nachquellung des Embryos die des Endosperms beträchtlich übertrifft. Der Wassergehalt des Embryos bleibt auch während des Rücktrocknungsprozesses über dem des übrigen Kornes. Er erreicht den Wassergehalt des ganzen Kornes erst nach etwa 10 Stunden bei 40°, nach 14 Stunden bei 30° Trocknungstemperatur. Die Trocknung vollzieht sich also im Embryo trotz der exponierten Lage des Keimlings auf dem Endosperm nicht schlagartig. Vielmehr muß angenommen werden, daß der zu aktivem Leben erweckte Embryo mit starken Kräften Wasser aus dem Endosperm nachzuziehen versucht.

2. Temperaturmessungen am Samen während des Heißwasserbades und der Rücktrocknung.

Die auf den Samen während des Heißwasserbades und der sich anschließenden Trocknung einwirkenden Umstände stellen einen Komplex von Faktoren dar.

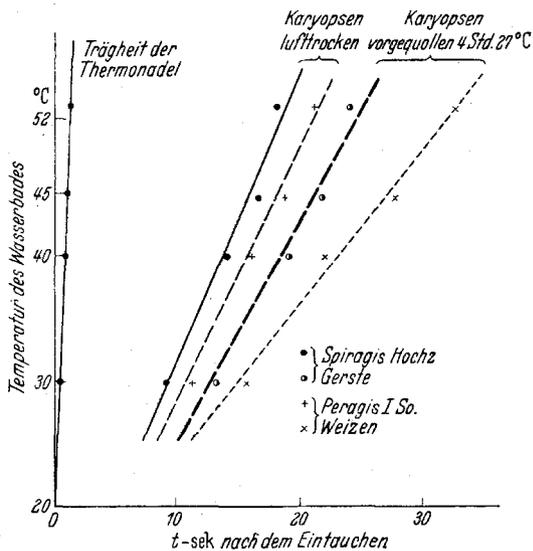


Abb. 5. Angleichung der Temperatur im Innern der Karyopsen an die Wasserbad-Temperatur. Ausgangs-Lufttemperatur 18° C.

Die Wasserverschiebungen wurden bereits ausgiebig erörtert. Die Änderungen der Temperatur sind aber für das Geschehen im Samen von gleicher Bedeutung. Es interessierte daher in diesem Zusammenhang die wirkliche Temperatur am und im Korn während der genannten Behandlung. Die Messungen sollten Antwort geben vor allem auf zwei Fragen:

1. Welche Zeit benötigt das lufttrockene Samenkorn nach dem Eintauchen in ein Heißwasserbad, um sich im Innern der Temperatur des Mediums anzugleichen?
2. Wie gestaltet sich der Temperaturverlauf am und im Samen während des Rücktrocknungsprozesses?

Methode:

Zur Temperaturbestimmung diente als Gerät mit möglichst geringer Wärmekapazität eine Thermonadel. Sie bestand aus einer Injektionskanüle aus V-2a-Stahl von 0,5 mm Querschnitt, durch deren Bohrung ein oxydierter Konstantandraht gezogen war. Die Lötstelle 1 befand sich genau an der Spitze der Nadel. An Lötstelle 2 diente zu allen Meßreihen einmal schmelzendes

Eis, zum anderen die Lufttemperatur im Thermostaten als Vergleichstemperatur. Die Genauigkeit war in beiden Fällen für Messungen von 0,1° C Differenz ausreichend (WASER 1930). Im zweiten Falle wurden die geringen Schwankungen der Trocknungstemperatur selbsttätig ausgeglichen. Als Meßinstrument diente ein Multiflex-Spiegel-Galvanometer nach Dr. B. LANGE mit Lichtzeiger, System MG 2, mit einer Empfindlichkeit von $5 \text{mal } 10^{-9} \text{ A/mm}$ und einer Einstellzeit von 1–2 Sekunden. Heißwasserbad und Trocknung („Einzelkorn“) wurden wie schon beschrieben, durchgeführt.

Zur Messung wurde die Thermonadel mit der Lötstelle einmal auf die Oberfläche des Einzelsamen, etwa an der Stelle des späteren Koleoptil-Durchbruches, auf die Wölbung aufgelegt; zur Messung im Innern der Karyopsen wird die Nadel unter das Skutellum etwa 2 mm tief eingeführt. Diese Manipulation gelingt bei gequollenem Samen leicht. Bei lufttrockenen wurde vorher mit einer Präpariernadel vorgebohrt. Nach Einstecken der Thermonadel wird die Einstichstelle durch einen Tropfen Paraffin (Schmelzpunkt 59° C) verschlossen.

Die Änderungen der Trocknungstemperatur wurden aus dem Thermogramm übertragen.

Ergebnisse:

Zu der Beantwortung der ersten Frage wurden Weizen- (Peragis I) und Gersten- (Spiragis Hochzucht) Samen verwendet, die einmal lufttrocken, in der zweiten Versuchsreihe 4 Stunden in Wasser von 27° C vorgequollen waren. Das Korn hatte zum Beginn des Versuches Lufttemperatur ($18 \pm 1^\circ \text{ C}$) angenommen. Das auf der Thermonadel befestigte Korn wurde dann in das Wasserbad eingetaucht und mit der Stoppuhr die Zeit ermittelt, die der Lichtzeiger des Galvanoskopes braucht, um auf die Temperatur des Bades einzuspielen. Das Ergebnis für Wasserbäder verschiedener Temperatur ist in Abb. 5 dargestellt.

Es ergibt sich: die benötigte Angleichungszeit steigt mit steigender Temperatur des Mediums. Sie liegt zwischen 10 und 20 Sekunden. Die Unterschiede zwischen lufttrockener Gerste und Weizen sind gering.

Mit der Vorquellung verlängert sich die Angleichungszeit — eine Tatsache — die auf die Vergrößerung der Masse ursächlich zurückgeführt werden kann. Sie erscheint dieser in etwa proportional. Dieser Umstand drückt sich auch darin aus, daß die Steigerung bei Weizen infolge der schnelleren Wasseraufnahme größer ist. Es kann also aus diesen Meßreihen der Schluß gezogen werden, daß der Verzug, der durch die Wärmeleitung in Innern des Kornes eintritt, in einer Größenordnung liegt, der sowohl bei der Berechnung des beiztherapeutischen, als auch des schädigenden Effektes unberücksichtigt bleiben kann. Der Eintauchzeitpunkt in das Heißwasserbad kann mit dem Beginn der Temperatureinwirkung gleichgesetzt werden.

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen während des Rücktrocknungsprozesses für die Temperaturen 30 und 40° C sind in den Abb. 6 und 7 graphisch dargestellt. Zur Ermittlung der Kurven wurden jeweils 10 Meßreihen an 10 verschiedenen Körnern gemacht, und zwar:

a) im Innern der Karyopse. Dazu wurde die Thermonadel wiederum ca. 2 mm tief schräg unter das Skutellum eingestochen.

b) an der Karyopsenoberfläche.

Die Streuung der Einzelwerte, bedingt durch die Individualität der einzelnen Samen, ist groß. Die Tendenz der Reihen war gleichsinnig, ob absolute

(Lötstelle 2 in Eiswasser von 0° C) oder Differenzmessungen durchgeführt wurden. Die Meßgenauigkeit betrug etwa ein Siebentel Grad C.

Aus den Kurvenbildern ist ersichtlich:

1. Die Temperatur ist sowohl an der Oberfläche als auch im Innern der Karyopse während des Trocknungsvorganges nicht ohne weiteres der Trocknungstemperatur gleich.

2. Es findet eine allmähliche Angleichung an die Trocknungstemperatur statt, die zeitlich von Außen nach Innen fortschreitet.

3. Die Differenz zwischen Außen- und Innentemperatur beträgt während der ersten 30 Minuten des Trocknungsvorganges mehrere Grad C.

4. Bei unseren Versuchsanordnungen wird die Rücktrocknungstemperatur von 30° C an der Oberfläche nach etwa 90 Minuten, im Innern erst nach mehreren Stunden erreicht. Die entsprechenden Werte für die Trocknungstemperatur 40° C sind beide etwa 90 Minuten.

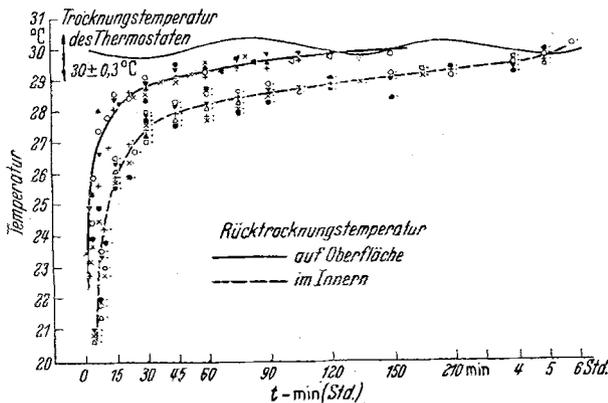


Abb. 6. Verlauf der Temperatur während des Rücktrocknungsprozesses an der Oberfläche und im Innern der Karyopse. Versuchsmaterial Peragus I Sommerweizen. Wellenlinie gibt die Schwankung der Trocknungstemperatur an. Punkte stellen die Ablesungen der 10 Meßreihen dar. — Trocknungstemperatur 30 ± 0,3° C.

Ermittlung der Keimgeschwindigkeit, am 10. Tag zur Ermittlung der Keimfähigkeit durch Auszählen der gekeimten Samen gewonnen und prozentual errechnet.

Die Ermittlung der durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit erfolgte im Sandkeimbett als Triebkraftbestimmung. Dazu wurden jeweils 30 Karyopsen in einem Blumentopf auf gewaschenem, feinem Sand (Korngröße max. 1 mm) ausgelegt und mit einer 2 cm hohen Sandschicht bedeckt. Für jede Probe wurden 7 Töpfe angesetzt, so daß insgesamt 210 Einzelsamen jeder Triebkraftbestimmung zugrundegelegt sind. Als gekeimt wurde jeweils die Anzahl der Koleoptilen durch Auszählen ermittelt, die die ebene Sandbedeckung durchbrachen und sichtbar geworden waren. Die Bestimmungen erfolgten gleichzeitig, da sie im Gewächshaus bei wechselnden Temperaturen durchgeführt werden mußten. Die Werte der durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit sind daher nur relativ und unter sich vergleichbar. Die Tetrazolprobe erfolgte sofort nach Abschluß der 24stündigen Trocknung; die beiden anderen Ermittlungen jeweils 10—14 Tage nach der Behandlung. Während dieser Zeit waren die Samenproben in porösen Tontöpfen bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

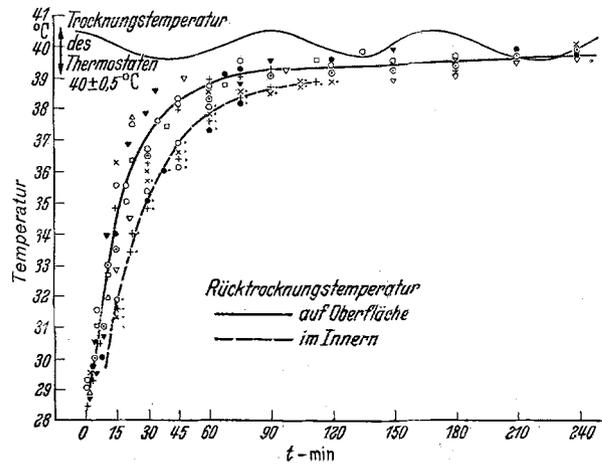


Abb. 7. Verlauf der Temperatur während des Rücktrocknungsprozesses an der Oberfläche und im Innern der Karyopse. Versuchsmaterial: Peragus I Sommerweizen. Wellenlinie gibt die Schwankung der Trocknungstemperatur an. Punkte stellen die Ablesungen der 10 Meßreihen dar. — Trocknungstemperatur 40 ± 0,5° C.

3. Keimbestimmung heißwasserbehandelten Saatgutes nach verschiedenartiger Rücktrocknung.

Auf die Frage nach dem Verhalten des Embryos nach den hinsichtlich des Wassergehaltes und des Temperaturverlaufes bereits näher charakterisierten Behandlungen, boten sich zunächst die üblichen Methoden der Keimungsbestimmung an.

Methoden:

Die Heißwasserbäder wurden in der bereits beschriebenen Form durchgeführt. Daran schlossen sich unmittelbar die 24stündigen Trocknungsprozesse an.

Die Beobachtungen über das Verhalten der Samen wurden in drei Richtungen durchgeführt:

- a) durch den topographischen Nachweis der Keimfähigkeit mit Hilfe des Tetrazoltestes nach LAKON (1942),
- b) durch Bestimmung der Keimfähigkeit nach den Angaben des Methodenbuches (EGGEBRECHT 1941),
- c) durch Bestimmung der durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit nach den Anweisungen von GASSNER (1926).

Der Tetrazoltest wurde in Petrischalen mit 2%iger Lösung von 2, 3, 5-Triphenyl-Tetrazoliumchlorid (= Tetrazol „Bayer“) und jeweils 200 Karyopsen durchgeführt.

Die Bestimmung der Keimfähigkeit erfolgte mit jeweils 4 × 100 Samen im Thermostaten bei 18° C in Petrischalen auf mit Aqua bidest. angefeuchteten Filterscheiben. Die Keimzahlen wurden am 3. Tage zur

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der verschiedenen Keimbestimmungsmethoden sind in Tabelle 2 und 3 zusammengestellt.

Tabelle 2.

	Triebkraft (Sand)		durchschnittliche Keimgeschwindigkeit Tage	Keimkraft (Fließpapier)		Tetrazoltest %
	4. Tag %	14. Tag %		3. Tag %	10. Tag %	
Gerste (Spiragis Hochzucht)						
Kontrolle (Unbehandelt)	48	99	5,6	90	100	99
Trockn. 20° C	47	86	5,4	56	86	89
„ 30° C	88	98	4,3	96	99	99
„ 40° C	87	99	4,2	94	97	98
„ 50° C	10	21	6,9	17	30	28

Tabelle 3.

	Triebkraft (Sand)		durchschnittliche Keimgeschwindigkeit Tage	Keimkraft (Fließpapier)		Tetrazoltest %
	4. Tag %	14. Tag %		3. Tag %	10. Tag %	
Weizen (Peragus I Elite)						
Kontrolle (Unbehandelt)	32	98	6,0	92	97,5	98
Trockn. 20° C	34	84	5,7	77	85	84
„ 30° C	66	98	5,0	93	96	98
„ 40° C	50	92	5,5	85	95	94
„ 50° C	0	10	7,2	14	21	16

Die Betrachtung der Werte der Keimungsbestimmung läßt erkennen, daß unter den gegebenen Bedingungen in allen Fällen durch das Heißwasserbad und die sich daran anschließende Trocknung eine Reduktion der Gesamtkeimkraft auftritt. Diese Schädigung ist bei den Temperaturen 30 und 40° C am geringsten. In allen drei Methoden stimmt diese Tendenz der Bewertung überein. Demgegenüber sind die Werte der durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit, sowie die Triebkraft am 4. Tage zum Teil wesentlich höher (vgl. LAKON 1917).

Daraus wäre die Tatsache abzulesen, daß die Trocknung im Bereich zwischen 30 und 40° C die günstigste Keimtendenz ergibt, wenn man diese im Sinne LAKONS (1918) als geringste Divergenz zwischen Keimungsenergie und Keimkraft einerseits und Keimpotenz (ermittelt im Tétrazol-Test) andererseits ansieht. Die weitere Beobachtung der Pflanzen, die aus den nach verschiedenen Methoden zurückgetrockneten Samen hervorgehen, zeigt, daß irgendwelche Folgeschäden nicht auftreten.

Heißwasserbeiz- und Rücktrocknungs-Schäden sind in diesem Sinne „Alles- oder „Nichts“-Effekte, die sich ausschließlich auf den Übergang von der Ruhe zur Aktivität, die Keimung also, auszuwirken scheinen.

Eine vergleichende Betrachtung unserer Zahlen der Keimpotenz und der Keimprüfung zeigt im allgemeinen eine gute Übereinstimmung. Lediglich bei 50° C Trocknungstemperatur sind die Werte der Keimpotenz gegenüber der Triebkraft zu hoch. Damit werden die Ergebnisse von FUCHS und BEILER (1944, 1948) über die spezielle Brauchbarkeit der biochemischen Methode der Keimprüfung für die untersuchten Temperaturbereiche vollauf bestätigt.

4. Das Verhalten des Embryos während und nach dem Heißwasserbad.

Bereits RESÜHR (1939) hat darauf hingewiesen, daß der Methode der Keimprozentbestimmung Grenzen gesetzt sind, da sie nur den Gesamtverlauf aller den Samen betreffenden Vorgänge zu untersuchen erlaubt, nicht aber die Veränderungen im Entwicklungsablauf des Embryos. Der Durchbruch der Keimwurzel durch die Samenschale ist in diesem Sinne ein Epiphänomen für die mit dem Beginn der Samenquellung auftretenden und zum Radiculadurchbruch führenden Veränderungen im Zustand des Samens. Früher schon hat KISSER (1934) gezeigt, daß keine Anhaltspunkte bestehen für eine Beziehung zwischen dem Zeitpunkt der Keimung als dem Moment des Einsetzens der durch aktive Wachstumsvorgänge bedingten Vergrößerung des Embryos und diesem Wachstumsvorgang selber. Im allgemeinen sind die ganz frühen Vorgänge am Embryo der Untersuchung unzugänglich (KISSER 1933). Jedoch hat ebenfalls KISSER (1932) in der Längenmessung der Keimwurzel nach Entfernung der Testa eine Methode angegeben, die das Verhalten des Embryos vor dem Durchbruch der Radicula zu beobachten ermöglicht.

Die Ergebnisse der Keimprüfung ließen erwarten, daß am Embryo von solchen Karyopsen, die dem

Heißwasserbad und der anschließenden Trocknung unterzogen wurden, schon Veränderungen vor sich gehen, die im Keimungstest nicht erfaßt werden. Hinzu kamen Beobachtungen morphologischer Art an den Karyopsen nach der Behandlung, die später kurz dargestellt werden.

Methode:

Während KISSER (1932) bei seiner Bestimmung des Keimpunktes lediglich Messungen an den embryonalen Wurzeln von *Lens* und *Cucumis* durchgeführt hat, wurde diese Methode bei unseren Versuchen, der Natur des Samen- und Embryoaufbaues angepaßt, auf dessen Gesamtlänge ausgedehnt.

Als geeignetes Objekt erwies sich die Karyopse des Weizens (Peragis I Sommer-Weizen Elite von der Saat-zucht Kraft in Buir, Ernte 1947). Stichproben mit anderen Sorten zeigten gleiches Verhalten und werden daher nicht berichtet.

Jeweils 100 g des Saatgutes wurden der bereits beschriebenen Heißwasserbehandlung und Trocknung unterworfen. Zu den angegebenen Zeitpunkten wurden jeweils 10 möglichst gleichgroße Samen entnommen und unter

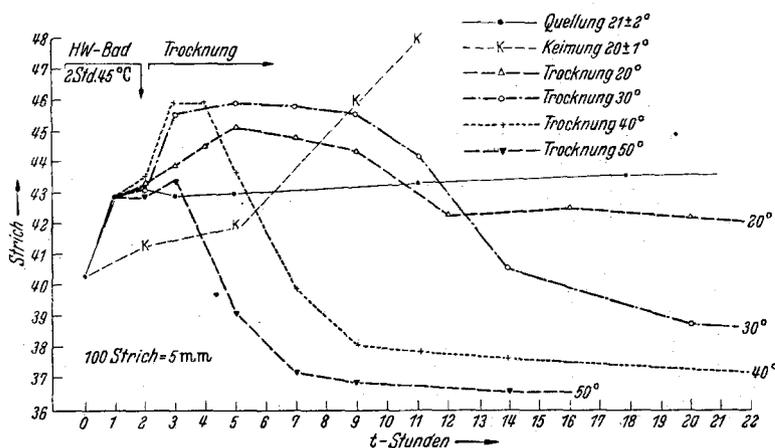


Abb. 8. Embryo-Längenänderung während des Heißwasserbades und der sich anschließenden Rücktrocknungsprozesse. Abszisse: Zeit in Stunden, Ordinate: Embryolängen gemessen in Strich des Okularmikrometers. 100 Strich = 5 mm.

dem Binokular deren Embryo durch Wegpräparieren der Samen- und Fruchtschalen freigelegt. Es machte schon nach kurzer Einquellung keine Schwierigkeit, diese Manipulation ohne Verletzung von Plumula und Koleoptile durchzuführen. Lediglich bei luftgetrockneten bzw. fortgeschritten rückgetrockneten Samen war größere Vorsicht am Platze.

Sowohl zur Präparation als auch zur Messung lagen die einzelnen Karyopsen auf einem 30° schräg gestellten Objektträger, der durch einen Überzug von Hartparaffin rutschfrei gemacht worden war. So konnte der um etwa 30° geneigt auf dem Endosperm aufliegende Embryo in seiner ganzen Länge in die optische Ebene gebracht werden. Dies war zur Erhöhung der Meßgenauigkeit notwendig. Gemessen wurde die Gesamtlänge in Strich der hundertteiligen Okularstrichplatte (100 Strich = 5 mm) bei 18facher Vergrößerung im Auflicht. Die Kalyptra wurde nicht mitgemessen, da sie manchmal unregelmäßig ausgebildet, später verquollen war und bei Schrumpfung des Embryos meist an der toten Samenschale haften blieb.

Die Ergebnisse der Direktbeobachtungen am Embryo sind in Abb. 8 graphisch dargestellt. Die aufgezeichneten Werte stellen Mittel aus 2–4mal 10 Einzelmessungen dar. Zum Vergleich finden sich noch Kurven für das Embryoverhalten bei normaler Keimung im Keimbett (Petrischale, Aqua bidest.) bei 20° C, sowie für einen reinen Quellungsprozess bei Luftabschluß unter Wasser. Zu dieser letzteren Reihe wurde das Quellungsmedium durch Aufkochen des Wassers und Überschichten mit Paraffin luftfrei gehalten. Der durchschnittliche mittlere Fehler betrug 0,42 Strich.

Ergebnisse:

Die Embryolänge geht während des Heißwasser-Bades kaum über die der Quellung bei Luftabschluß hinaus. Das Heißwasserbad wirkt also ausschließlich als Quellungsmedium. Nach der Herausnahme jedoch und dem Einsetzen der Trocknung setzt schlagartig eine Streckung ein. Dabei treten durch die verschiedene Höhe der Trocknungstemperatur bedingt, zwei Prozesse gleichzeitig und nebeneinander auf:

- a) auf der einen Seite das Wachstum, ausgedrückt als Längenzunahme,
- b) auf der anderen Seite der Austrocknungsprozeß, ausgedrückt als Schrumpfung.

Als Resultierende der beiden einander entgegengerichteten Kräfte ergeben sich die in Embryolängen ausgedrückten Wachstumskurven.

Ob es sich bei der Längenzunahme um ein Streckungs- oder Zellteilungswachstum handelt, müßten eingehende mikroskopische Untersuchungen entscheiden.



Abb. 9. Weizen-Karyopsen (Peragis I) in der Aufsicht, lufttrocken. Unbehandelte Kontrolle.

und Nuzellushäutchen bezeichnet, deren äußere als Fruchtwand oder Perikarp zusammengefaßt werden (LEHMANN-AICHELE 1931). Während das Perikarp bei unbehandelten Samen durch den Dreschvorgang nicht immer unverletzt ist, ist die innere Hülle bei der Mehrzahl der Karyopsen über dem Embryo geschlossen und stellt in physiologischer Hinsicht eine selektiv permeable Grenz- (SCHROEDER 1911) und Schutzschicht (NEROLITZKY 1927) dar. Es fiel auf, daß die Samen des Weizens nach der Heißwasserbehandlung und der sich anschließenden Trocknung in höherem Maße durchbrochen waren, was nachfolgend als „Perforierung“ bezeichnet wird.

Der prozentuale Anteil der perforierten Samen vor und nach der Behandlung wurde daher ausgezählt. Die Beobachtung ließ sich erleichtern durch eine von WALLDÉN (1916) angegebene Behandlung, bei der die Samen in 0,4%ige wäßrige Eosin-Lösung getaucht wurden. Danach bleibt die Farbe an verletzten Stellen besonders stark haften.

Es ergaben sich dabei folgende Werte (Tabelle 4):

Das unterschiedliche Aussehen der Karyopsen vor und nach der Behandlung ist in den Abb. 9 und 10 anschaulich gemacht.



Abb. 10. Weizenkaryopsen (Peragis I) in der Aufsicht. Nach einem Heißwasserbad von 2 Std. 45° C und einer anschließenden 24stündigen Rücktrocknung. Die Samenfruchtschale über dem Embryo ist „perforiert“.

Bei 20° Trocknungstemperatur geht das Wachstum langsamer vor sich, da das Temperaturoptimum nicht erreicht ist. Es hält aber länger an, da der gleichzeitig laufende Trocknungsprozeß nicht so intensiv ist. Bei einer Trocknungstemperatur von 50° ist der Wasserentzug so rasant, daß es kaum zur Andeutung einer weiteren Streckung kommt, sondern gleich sehr rasche Schrumpfung einsetzt. Bei 30° Trocknung ist das Wachstum infolge der Nähe des Optimums am stärksten, während es bei 40° auf die ersten beiden Stunden der Rücktrocknung beschränkt bleibt. Aus diesen Verhältnissen ergibt sich:

1. Die Durchführung des Rücktrocknungsprozesses bei 20°, 30° und 40° C führt nicht zu einem sofortigen Abbruch der vitalen Aktivität, sondern steigert sie im Gegenteil noch zeitlich begrenzt. Erst bei 50° C, einer Temperatur also, die auf Grund unserer Keimbestimmungen bereits als schädigend angesehen werden muß, kommt es kaum zu einer weiteren Embryostreckung.

2. Im Vergleich mit den Trocknungskurven („Massentrocknung“) zeigt sich, daß der Wasserentzug keineswegs parallel läuft mit einer Einschränkung des Wachstums.

5. Beobachtungen an zurückgetrockneten Karyopsen.

Die Hülle der Karyopse des Weizens über dem Embryo umfaßt zwei Zell-Lagen, deren innere als Samenschale

Durch die Streckung des Embryos während und nach der HW-Behandlung wird das tote Gewebe über dem Embryo aufgewölbt und zum Teil bereits durch-

Tabelle 4.
Prozentuale Perforierung von Weizen-Karyopsen.

Behandlung	Trocknung in °C	Saatgut		
		Peragis I So.-Wei- zen	Strubes r. Schl. So.- Weizen	Carstens Dick. Weizen
Unbehandelte Kontrolle	—	19	18	13
HW-Bad 2 Std. 45° C	24 Std. 20°	92	—	—
HW-Bad 2 Std. 45° C	24 Std. 30°	71	76	—
HW-Bad 2 Std. 45° C	24 Std. 35°	86	—	85
HW-Bad 2 Std. 45° C	24 Std. 40°	89	80	—
HW-Bad 2 Std. 45° C	24 Std. 50°	79	—	—
Vorquellung 4 Std. 27° C 10 Min. 52° C	24 Std. 35°	82	—	—

brochen („perforiert“). Im weiteren Verlauf des Rücktrocknungsprozesses schrumpft der Embryo wieder, die Samen-Frucht-Schale jedoch bleibt hohl und aufgewölbt stehen. Ein leichter Druck kann dann schon zu einer vollständigen Perforierung führen.

Dies konnte durch folgenden Versuch demonstriert werden: wurden 10 g behandelten Saatgutes (Heißwasserbad 2 Std. 45° C, 24 Std. bei 30° getrocknet) 2 Minuten lang in einem Erlenmeyerkolben von 250 ccm geschüttelt, so stieg die Perforierung von 71% auf 89%. Die Behandlung, der das Saatgut in der Praxis ausgesetzt ist, dürfte wesentlich rauher und folgereicher sein.

Das starke Ansteigen der Perforierung (um mindestens 60%) weist keine klare Beziehung zur Rücktrocknungstemperatur auf. Die Tatsache als solche weist auf die Bedeutung der prophylaktischen chemotherapeutischen Behandlung hin, auf die noch eingegangen wird.

Als Anmerkung sei nur mitgeteilt, daß offensichtlich auch die Benetzbarkeit der Karyopsen für Wasser durch den Beizakt vergrößert wird. Bislang konnte aber noch keine einwandfreie Methode für eine quantitative Bestimmung dieser Größe erarbeitet werden.

6. Diskussion.

a) Trocknung als Wasserentzug aus kolloidalen Medien.

GASSNER (1947) hat mit Nachdruck auf die Wichtigkeit der Kenntnis der Trocknungsfrage nach der Heißwasserbeize hingewiesen und durch seinen Schüler FLENSBERG (1948) in dieser Richtung Untersuchungen durchführen lassen.

Bereits SCHAUMBURG (1924) hatte auf Grund seiner Trocknungsversuche bestimmte Vorstellungen über die bei der Trocknung auftretenden Schädigungen entwickelt. Er sieht die Ursache in Zerrungen und Zerreißungen der aufgeweichten Gewebe, die in extremen Fällen zum Tode des Kornes führen. BONNE (1941) sieht den kritischen Punkt der Rücktrocknung in dem Moment, da die Feuchtigkeit aus dem Innern des Kornes herausgeholt wird. Er nimmt an, daß dabei die wirkende Wärme keine Rolle spielt. Es dürften jedoch bei den Versuchen von BONNE, die in rotierenden und mit Feuerungsabgasen geheizten Trocknern durchgeführt wurden, noch weitere Faktoren entscheidend sein.

Die theoretischen Vorstellungen über den Wasserentzug aus Medien von kolloidalem Charakter sind, soweit die Literatur übersehen wird, noch wenig entwickelt (vgl. FISHER 1935). Zwei Faktorengruppen beeinflussen die Trocknung kolloidaler Stoffe:

1. **Äußere Faktoren.** Es handelt sich dabei um die Temperatur und relative Feuchte der trocknenden Luft, die effektive Geschwindigkeit des Luftstromes über die zu trocknenden Oberflächen, sowie deren zusätzliche Erhitzung.

Ferner sind die Art der Lagerung während des Trocknungsvorganges, die Höhe der Schichtung, die Menge des Haftwassers an den Oberflächen der Einzelkörner, lokale Überhitzungen durch die Wände der Trocknungsgeräte (MOUNFIELD 1943) von Bedeutung.

2. **Innere Faktoren.** Sie umfassen die chemische und physikalische Natur der zu trocknenden Materie, deren Gestalt und Oberflächenstruktur sowie deren Änderungen während des Trocknungsprozesses. Diese Faktoren betreffen besonders die Verschiebung der Flüssigkeit aus dem Innern an die Oberfläche. Über diese zweite Gruppe der die Rücktrocknung beeinflussenden Faktoren ist nur sehr wenig bekannt. Dennoch sind sie von nicht geringer Bedeutung.

Die Analyse des Trocknungsvorganges als Entfernung von Wasser durch Verdunstung muß also ebenfalls die Verdampfung des Wassers an der Oberfläche, sowie den Flüssigkeitsnachschub aus dem

Innern zur Oberfläche durch Diffusion und bzw. oder Kapillarität betrachten. Die Trocknungsrate wird dabei von dem langsameren der beiden Prozesse bestimmt (MOUNFIELD 1943).

Bei konstanten Trocknungsbedingungen und ausreichendem Nachschub von Feuchtigkeit bleibt sie bis zu einem kritischen Punkte konstant. An diesen schließt sich eine „erschwerete“ Trocknung an, bis zu einem zweiten Punkt, da unter den gegebenen Bedingungen kein weiteres Wasser mehr entzogen werden kann. Der erste Abschnitt der Trocknung ist dabei mehr von den äußeren Faktoren bestimmt, während der zweite durch die inneren beherrscht wird. Auch die von uns ermittelten Trocknungskurven lassen diese beiden Abschnitte erkennen. Besonders die „Einzelkorn“-Trocknung erweist sich durch die Reduktion der äußeren Faktoren auf ein Mindestmaß als mathematisch faßbar. Von diesem Punkt aus ergeben sich neue Fragestellungen, die aber den Rahmen dieser Untersuchungen überschreiten.

b) Trocknung als thermischer Ausgleichsvorgang.

Die Rücktrocknung heißwasserbeizter Samen ist zugleich auch ein thermischer Ausgleichsvorgang. Zwar wurden unsere Messungen bei „Windstille“ durchgeführt. So gelten dafür auch nur die Betrachtungen TEN BOSCHS (1922) der Wärmeübertragung durch Konvektion, und BÜTTNERS (1934) über die Entstehung von Grenzschichten, in deren Verringerung die eigentliche Wirkung der Windabkühlung besteht.

In der Praxis werden jedoch die meisten Trocknungsvorgänge im Luftstrom sich abspielen, so daß die Angaben RÖSSLERS (1948 b) über den Wärmeübergang an feuchten Oberflächen zutreffen, da die Nachlieferung an Wasser mit fortschreitendem Trocknungsvorgang immer geringer wird. Zu beachten ist aber, daß die Wärmekapazität unserer Körper relativ gering ist. Die für die Differenz zwischen Lufttemperatur und „Wandtemperatur“ verantwortliche Verdunstungskälte resultiert allein aus der verdunsteten Wassermenge (RÖSSLER 1948 a). Folglich muß im Luftstrom der Zeitpunkt des Erreichens der Äquivalenttemperatur durch den zu trocknenden feuchten Körper mit dem beschriebenen zweiten kritischen Punkt des Wasserentzuges übereinstimmen.

Das Phänomen des Wärmeüberganges beim Trocknungsprozeß heißwasserbeizten Saatgutes verlangt weitere experimentelle Untersuchung.

c) Das Keimungsverhalten während und nach der Trocknung.

Die Gesamtreaktion der dem Heißwasserbad mit anschließender Trocknung unterworfenen Samen kann am Keimungsverhalten geprüft werden.

Die erfolgte Keimung der Karyopsen wird hierbei als ein Maß der vorhandenen vitalen Aktivität und bei der Betrachtung im Verhältnis zur unbehandelten Kontrolle als Weg zur Analyse des Reizerfolges angesehen. Wir sind uns dabei klar, daß die beobachteten Vorgänge Wachstumsprozesse darstellen, und nicht die Keimung im eigentlichen Sinne erfassen (vgl. KISSER 1932, 1933). Diese wird aber durch die Direktmessungen am Embryo der Beobachtung zugänglich. Dabei zeigt sich, daß KISSERS These über

das Wesen und den Begriff der Samenkeimung (1932) zu Recht besteht. Der keimbereite Embryo kann bei Luftabschluß nicht aus dem Quellungsstadium heraustreten. Diese Tatsache gilt in gleicher Weise auch für das Heißwasserbad.

In Zusammenschau mit den Keimprüfungswerten läßt sich direkt ein „Trocknungsoptimum“ aufzeigen, das bei unserer Versuchsanordnung im Bereich zwischen 30 und 40° C liegt. Dies sind auch jene Trocknungsverläufe, bei denen das Wachstum und die anschließende Schrumpfung, gemessen an der Embryolänge, in einer gewissen Kontinuität verlaufen. Wesentlich erscheint, daß aber nach 24 Stunden Trocknung das weitere Wachstum völlig sistiert ist. Die Extreme liegen dort, wo einerseits ruckartig ein angelaufener Prozeß unterbrochen wird (50° C), andererseits dort, wo die in Gang gebrachten Prozesse zu lange auslaufen (20° C).

Die Deutung dieser Ergebnisse ist zunächst schwierig. Bereits HUTCHINSON (1944) weist auf die Bedeutung des Wassergehaltes bei der Trocknung des Weizens hin. Es komme auf die Aktivität des Wassers im Korn an. In diesem Sinne ist auch unsere Versuchsanordnung eine andere, da er Samen eines bestimmten Wassergehaltes der Erhitzung aussetzt. Demgegenüber kombiniert das Heißwasserbad ja den Einfluß von Temperatur und Quellung.

Für unsere weiteren Untersuchungen gingen wir nun von der Hypothese aus, daß durch das Wasserbad Stoffwechselprozesse anlaufen, die im Trocknungsprozeß in geeigneter Weise wieder unterbrochen werden müssen. FLENSBERG (1948) glaubt dabei der langsameren Trocknung, selbst unter Zwischenschaltung einer längeren (bis 48 Stunden) ausgedehnten Feuchtlagerung, den Vorzug geben zu müssen. Unsere Trocknungen bei 20° C führten indes offensichtlich nicht zu einem Abbruch des aktiven Zustandes des Embryos. Der relativ hohe Feuchtigkeitsgehalt der Karyopsen stellt bei der Lagerung einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor dar. Die Trocknungstemperatur 50° C führt aber bereits zu einer sehr starken Schädigung, die nicht nur auf die Intensität der Trocknung, sondern auch auf Hitzeschäden in physiologischen Mechanismen zurückgeführt werden muß. Schon diese Versuchsreihen lassen die Bedeutung des Rücktrocknungsvorganges im Zusammenhang mit der Heißwasserbehandlung erkennen. Wir möchten daher für die folgenden Untersuchungen von der Vorstellung ausgehen, daß erst aus der Gesamtbetrachtung von Beizakt und Trocknung sich eine gewisse Vorstellung über die physikalischen und physiologischen Abläufe entwickeln läßt.

Im Anschluß werden alsdann einige physiologische Abläufe in den Samen näher charakterisiert werden.

An erster Stelle unter den Kriterien der Aktionsbereitschaft steht dabei die Atmung.

Die Änderungen im Wirkstoffhaushalt werden im weiteren Verlauf nur für einen Trocknungsvorgang von 30° C untersucht. Die Gründe dafür scheinen vorstehend ausgiebig diskutiert.

C. Die physiologisch-chemischen Prozesse während und nach dem Heißwasserbad.

1. Die Atmung der Samen während und nach dem Heißwasserbad.

In dem Bestreben, die durch das Heißwasserbad in den Samen angeregten Stoffwechselprozesse in ihrer Größe und Richtung zu erfassen, werden im Folgenden Atmungsversuche beschrieben.

Methode:

Die Bestimmung der von den Samen in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Kohlensäuremenge erfolgte auf titri-

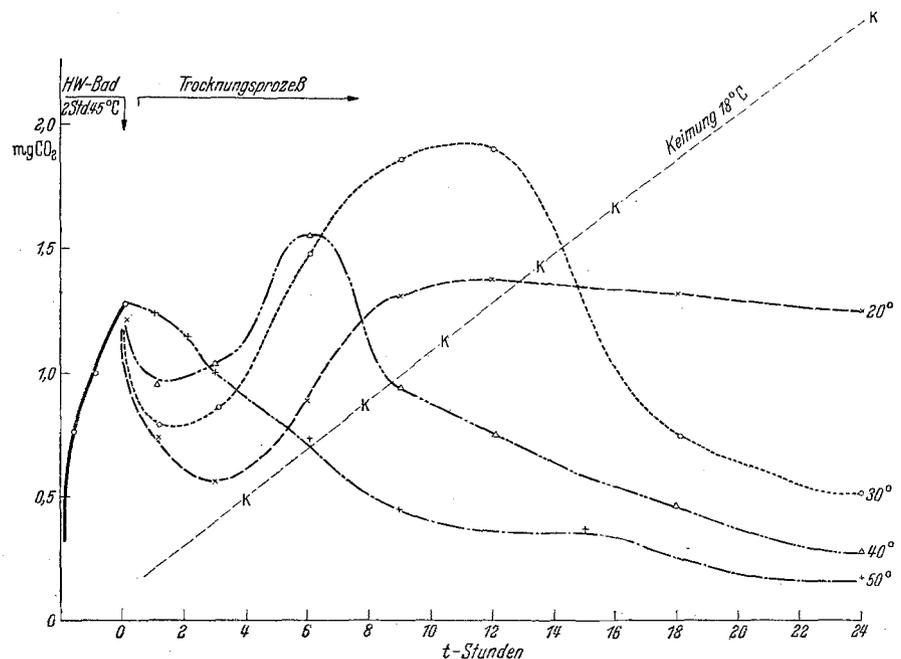


Abb. 11. Atmung von 50 g Saatgut während und nach Heißwasserbehandlung. Versuchsmaterial: Peragis I Sommerweizen Elite, Ernte 1947.

metrischem Wege im Prinzip nach der PETTENKOFERschen Methode.

Als Versuchsobjekte wurden herangezogen: 1. Peragis I Sommerweizen Elite von der Saatzuchtwirtschaft Krafft, Buir, Ernte 1947.

2. Spiragis-Hochzucht-Gerste vom Paulinenhof, Köln-Flittard, Ernte 1947.

3. Breustedts-Teutonen-Sommerweizen von der Samenprüfstelle Wolbeck (Dr. Kotthoff) Ernte 1947.

4. Ackermanns-Isaria-Sommergerste Ernte 1947.

Dabei wurden 3. und 4. nur in einigen Proben verwandt. Die Ergebnisse waren gleichsinnig und werden daher nicht gesondert aufgeführt.

Die Bereitung der Wasserbäder und die Durchführung der Rücktrocknung erfolgte in der bereits beschriebenen Weise.

Eine Atmungsbestimmung unmittelbar während des Heißwasserbades konnte nicht erfolgen. Um jedoch einen Eindruck von der Intensität der Atmung zu bekommen, wurden nach einer bzw. zwei Stunden jeweils eine Portion (= 100 g entspricht 2.500 ± 10 Karyopsen) dem Bad entnommen kurz von dem tropfbar flüssigen Wasser durch Abschleudern befreit und in die Atmungsgefäße gefüllt. Bis zum Beginn der Atmungsbestimmung vergingen 2–3 Minuten seit der Herausnahme aus dem Wasserbad. Während der Trocknung erfolgte die Bestimmung der Kohlensäureabgabe nach

der 1. und 3. Stunde, dann in dreistündigem und sechstündigem Abstand.

Leerlauf- und Kontrollbestimmungen mit ruhenden trockenen Samen erwiesen ein brauchbares Funktionieren der Apparatur. Einheitlich wurde der Luftstrom jeweils 30 Minuten lang durch die Samenmenge gesogen und dessen Kohlensäuregehalt bestimmt. Die ermittelten Werte in der graphischen Darstellung (Abszisse: Zeit in Stunden, Ordinate: mg CO₂) zeigen also die Kohlensäureproduktion für 30 Minuten an, die auf den angegebenen Zeitpunkt folgen.

Ergebnisse:

In Abb. 11 sind die ermittelten Werte in Abhängigkeit von der Trocknungstemperatur graphisch für Weizen, in Abb. 12 für Gerste dargestellt. Zum Vergleich ist der Anstieg der Atmungskurve während der Keimung der gleichen Samenmenge bei 18° C angedeutet. Die Kurven lassen erkennen:

1. ein starkes Ansteigen der CO₂-Werte während des Heißwasserbades,

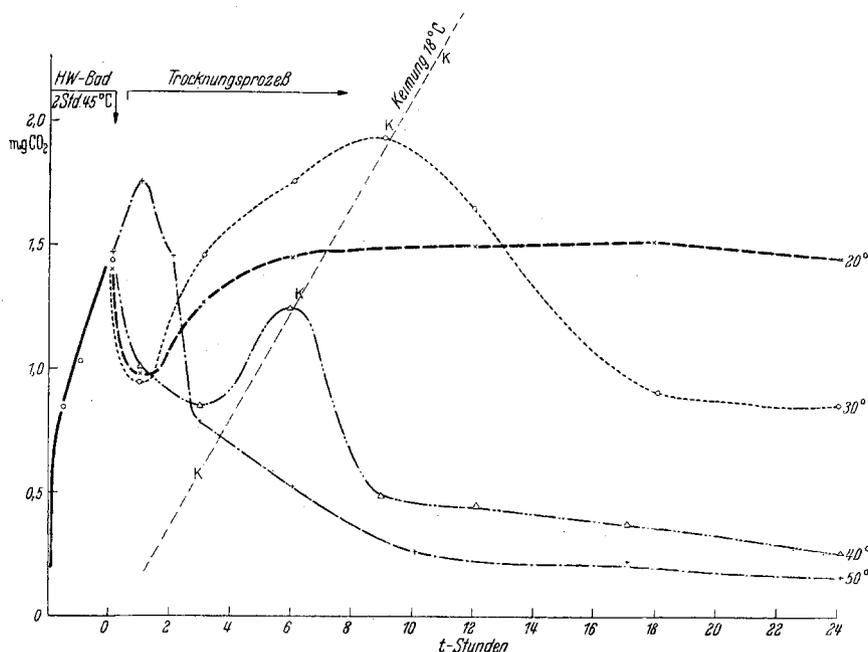


Abb. 12. Atmung von 50 g Saatgut während und nach Heißwasserbehandlung.
Versuchsmaterial: Spiragis Hochzucht-Gerste, Ernte 1947.

2. Abfall der Atmungskurven bei Beginn der Trocknung,

3. erneutes Ansteigen der Atmung im Verlauf der Trocknung mit Maxima in Abhängigkeit von der Trocknungstemperatur, und zwar bei:

Tabelle 6.

° C	Gerste	Weizen
20	18—24 Std.	15—18 Std.
30	8—10 Std.	10—12 Std.
40	4—6 Std.	5—7 Std.
50	< 1 Std.	< 1 Std.

Die Maxima liegen bei Gerste meist etwas früher, was einem steileren Anstieg der Atmungskurve bei der Keimung entspricht.

4. mit fortschreitender Rücktrocknung nach dem Maximum wieder Abfall der Kurve. Diese geht jedoch nicht auf den Ausgangswert der lufttrockenen Samen zurück. Sie bleibt vielmehr auch nach Erreichen des Wassergehaltes der lufttrockenen Samen in einer meßbaren Größe.

2. Der Katalasegehalt heißwasserbehandelter Samen.

Die Katalase hat innerhalb des pflanzlichen Atmungsstoffwechsels eine Regulationsfunktion, indem sie das durch Sauerstoffhydrierung gebildete Hydroperoxyd in Sauerstoff und Wasser aufspaltet und so den Organismus vor Vergiftung schützt. Experimentell ist der von der Katalase gesteuerte fermentative Vorgang relativ leicht zu fassen. Er ist daher bei ruhenden und keimenden Samen ausgiebig studiert. Nach CHODAT (1936) sind ruhende Getreidekörner arm an Katalase; sie wächst in den ersten Stadien der Keimung ganz entsprechend der Atmungsintensität. RHINE (1924) beobachtete demgegenüber zunächst einen Abfall der Katalasekurve in den ersten Stadien der Keimung, dem im weiteren Verlauf ein weiterer Anstieg mit einem Maximum nach 3—4 Tagen (BACH-OPARIN 1923) folgt.

Methode:

Es wurde die Größe der katalytischen Wasserstoffsuperoxyd-Zersetzung volumetrisch bestimmt. Die Messungen erfolgten mit Peragis I Sommerweizen und Isaria-Sommergerste nach den üblichen Behandlungen. Zur Bestimmung wurden zu den ersichtlichen Zeitpunkten jeweils 20 Weizen- bzw. 10 Gersten-Karyopsen entnommen und durch 50 Stöße im Mörser zerkleinert. Eine stärkere Zerkleinerung wurde nicht vorgenommen, da nach den Angaben von KNECHT (1931) und CHODAT (1936) der Grad der Mahlfeinheit von Einfluß auf die Katalaseaktivität ist. Wegen der zahlreichen Bestimmungen, die zeitlich rasch hintereinander folgten, unterblieb auch eine Filtration, so daß also der ganze Brei als Untersuchungssubstanz diente. Dies ist nach den Erfahrungen von KNECHT (1931) zulässig.

Durch Hinzufügen von 10 ccm Pufferlösung (pH 7, nach Mc ILVAIN, aus KOLTHOFF 1932) wurde

die Aufschwemmung neutralisiert, da nach STEPHAN (1932) und WAENTIG-STECHE (1911) der Neutralitätsgrad von erheblichem Einfluß auf den Reaktionsverlauf und die Reaktionsgeschwindigkeit ist. Vergleichsbeobachtungen mit ungepufferten Samenextrakten erwiesen eine wesentlich schwerere Reproduzierbarkeit der Werte. Diese Tatsache bestätigt die starke Eigenpufferung der Samen, die auch STEPHAN (1932) feststellt. Diese Aufschwemmung blieb 5 Minuten im Reaktionsgefäß stehen. Während dieser Zeit wurde der Glasansatz mit 20 ccm einer 1%igen Wasserstoffsuperoxyd-Lösung (stets frisch aus „Perhydrol“ 30%ig von Merck hergestellt) gefüllt. Der entstehende Sauerstoff wurde in ein Quecksilbermanometer geleitet. Die Ablesung erfolgt nach 30 Minuten, da nach dieser Zeit die Reaktion in der Hauptsache abgelaufen war. Eine Umrechnung der in mm abgelesenen Manometerwerte auf Volumwerte (nach STEPHAN 1932) erfolgte nicht, da es im Laufe der Reihen nur auf Relativwerte ankam. Alle Katalasebestimmungen erfolgten in temperaturkonstantem (19 ± 0,5° C) Keller bei stark abgeblendetem Licht.

Ergebnisse:

Die Einzelwerte dieser Katalasebestimmung sind zu Kurven zusammengefaßt und in Abb. 13 für Weizen, in Abb. 14 für Gerste dargestellt. Als Ver-

gleichwerte sind die entsprechenden Kurven für keimende Samen bei $19 \pm 0,5^\circ \text{C}$ eingetragen. Diese entspricht für Weizen weitgehend dem nach den Angaben von RHINE (1924) zu erwartenden Verlauf. Bei der Gerste zeigt sie nicht den ausgeprägten Charakter der Divergenz gegenüber der Atmungskurve.

Die Kurven der Katalaseaktivität heißwasserbehandelter und rückgetrockneter Samen sind auf den ersten Blick von einer auffallenden Ähnlichkeit zu den Atmungskurven entsprechender Trocknungstemperatur. Lediglich das erste Maximum tritt nicht am Ende des Wasserbades auf, sondern in der ersten Stunde der Rücktrocknung. Das zweite Maximum liegt bei der Trocknungstemperatur von 30°C für Weizen zwischen 8 und 12-stündiger Trocknung, für

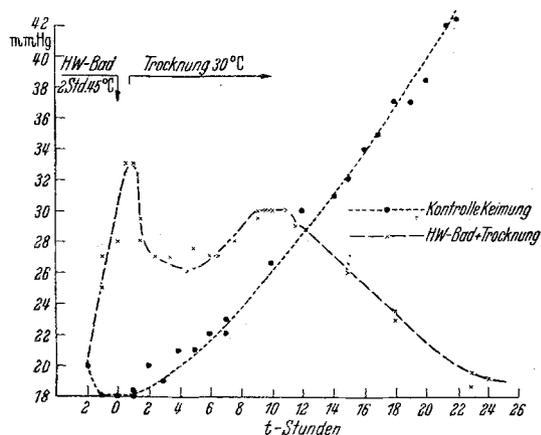


Abb. 13. Änderung der Katalase-Aktivität von Peragis I Sommerweizen während der Keimung (Kontrolle) und einem Heißwasserbad von 2 Std. 45°C und einem sich anschließenden Trocknungsprozeß von 24 Stunden bei 30°C .

waschung wasserlöslicher Substanzen während des Quellungsprozesses gedacht werden. Der weitere Gang der Untersuchung des Warmbades führte daher zur Analyse der aktuellen Azidität. Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für das pflanzliche Wachstum ist bekannt und in zahlreichen Arbeiten untersucht worden. Demgegenüber erwies sich der Keimungsprozeß (BREAZEALE-LE CLERC 1912) weitgehend unabhängig von der Reaktion des Quellungsmediums, während sich die postembryonalen Prozesse Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration gegenüber sehr empfindlich zeigten.

Methode:

Die Bereitung der Wasserbäder erfolgte in der bereits näher umrissenen Weise, jeweils mit der zehnfachen Menge

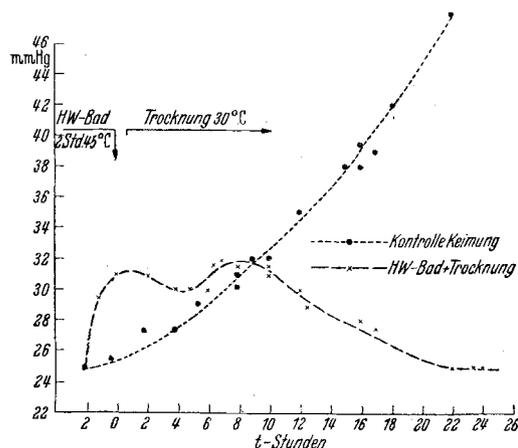


Abb. 14. Änderung der Katalase-Aktivität von Spiragis Hochzucht-Gerste während der Keimung (Kontrolle) und einem Heißwasserbad von 2 Std. 45°C und einem sich anschließenden Trocknungsprozeß von 24 Stunden bei 30°C .

Gerste zwischen 6 und 10-stündiger Trocknung. Auch hier erweist sich eine überraschend gute Parallelität zu den Atmungsbestimmungen. Das zweite Maximum der CO_2 -Ausscheidung lag auch hier für Gerste um einige Stunden früher als bei Weizen.

Der Endwert nach 24stündiger Trocknung hat den Ausgangswert der lufttrockenen Samen erreicht. Wurden solche heißwasserbehandelten und rückgetrockneten Samen dann zur Keimung gebracht, so zeigt sich ein Verlauf der Katalaseaktivität, der dem der Keimung (vgl. Kontrolle) entspricht. Es kommt nach unseren Versuchen also nicht zu einer Schädigung der Katalase, solange die angewandten Temperaturen unter einer Grenze bleiben, die in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von SCHRÖCK (1934), durch Keimschäden angezeigt wird. Es müssen daher neben den Fermentschädigungen noch andere Änderungen für die Reduktion der Keimfähigkeit verantwortlich sein.

3. Die Änderung der aktuellen Azidität des Heißwasserbades.

Neben der Ausscheidung gasförmiger Stoffe durch die Atmung mußte auch an die eventuelle Aus-

des Saatgutes an Wasser. Zur pH-Bestimmung diente eine Tauchmeßkette nach WULF-KORDATZKI mit Kalomol-Bezugselektrode und ein Betriebsjonometer nach TRENEL mit einer Meßgenauigkeit von 0,1 Stufen; Zwischenwerte konnten nur geschätzt werden. Zur

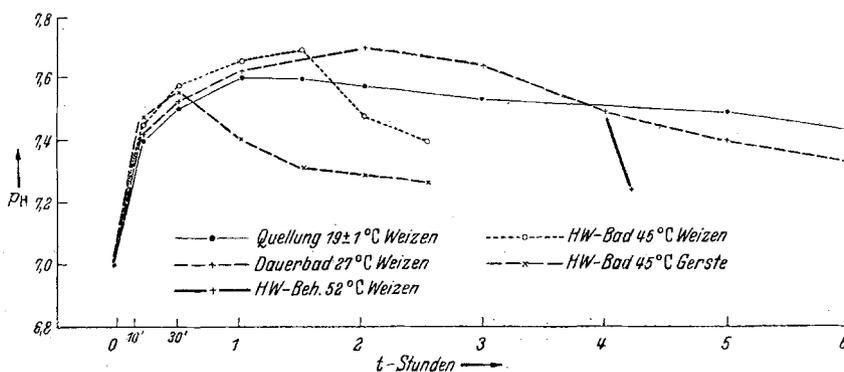


Abb. 15. Änderung des pH-Wertes in Wasserbädern verschiedener Temperatur.

Messung wurde an bestimmten Zeitpunkten Proben der Warmbad-Flüssigkeit in kleinen Erlenmeyerkolben entnommen und nach Erkalten deren pH-Wert bestimmt.

Ergebnis:

Das zum Wasserbad benutzte Wasser zeigte einen Ausgangswert von $\text{pH } 7-7,1$. Die zeitliche Änderung während des Wasserbades ist in Abb. 15 graphisch dargestellt, und zwar für:

1. einen Quellungs Vorgang bei $19 \pm 1^\circ \text{C}$

2. ein Heißwasserdauerbad von 2 Stunden bei 45° C
 - a) für Weizen (Peragis I Sommerweizen)
 - b) für Gerste (Spiragis Hochzucht)
3. das alte Heißwasser-Beizverfahren (nach JENSEN)
 - a) einer Einquellung von 4 Stunden bei 27° C
 - b) eine anschließende Heißwasserbehandlung von 10 Minuten Dauer bei 52° C.

Es zeigt sich übereinstimmend ein Ansteigen des pH-Wertes in den ersten 30 Minuten nach dem Eintauchen der Samen um 2—6 Zehntel. Im weiteren Verlauf erfolgt ein langsames Absinken, das in seiner Schnelligkeit von der Intensität des Beizaktes, d. h. der Temperatur sowie dem Verhältnis der Menge des Samens zur aufgewandten Wassermenge abhängig ist.

Die Erklärung dieser Verhältnisse ist in folgender Weise möglich:

Der Wechsel in dem alkalischen Bereich, der durch das steile Ansteigen der Kurve angedeutet wird, kann auf die Abspülung oder Auslaugung von Substanzen aus dem Samen bzw. dessen Umhüllung zurückgeführt werden. Die Tatsache als solche ist bekannt (PAPENDIECK 1930), im Zusammenhang mit der Heißwasserbeize aber noch nicht berücksichtigt worden. Die Frage nach der Natur der Stoffe, die in der ersten halben Stunde des Wasserbades die alkalische Reaktion bewirken, ist bereits von ANDRÉ (1912) durch exakte Bestimmung entschieden worden. RUDOLFS (1925) machte in erster Linie Proteinbestandteile des Kornes und der Schalen für die Änderung der Wasserstoffionenkonzentration verantwortlich.

Nach etwa einer Stunde Quellungsdauer setzt nun ein gegenläufiger Ansäuerungsprozeß ein. Er kann auf das Einsetzen der Atmung und die damit verbundene Kohlensäureabscheidung der Samen ursächlich zurückgeführt werden. Auch im Ansäuerungsprozeß zeigt sich eine deutliche Temperaturabhängigkeit. Die Natur der ausgelaugten Stoffe wird uns im nächsten Abschnitt noch näher beschäftigen.

4. Untersuchungen über den Wuchsstoffhaushalt im Zusammenhang mit dem Heißwasserbad.

Die beobachteten pH-Änderungen stellen aufs Neue die Frage nach der Natur der aus den Samen während des Heißwasserbades ausgelaugten Stoffe. GASSNER gab bereits in einer Diskussionsbemerkung (v. GALLWITZ 1948) der Vermutung Ausdruck, daß die Keimschädigungen auf die Auslaugung gewisser für die Keimung wichtiger Wirkstoffe, zu denen auch die Wuchsstoffe zu rechnen wären, zurückzuführen sei. Er regte an, durch Zuführung dieser Stoffe, die Gefahr der Keimschädigung herabzusetzen. Versuche in dieser Richtung sind bereits mit nicht eindeutigen Erfolgen von GRACE (1938) durchgeführt worden; Voraussetzung für ein solches prophylaktisches Angehen der Keimschäden wäre jedoch eine Kenntnis über den Weg der Beeinflussung des Wuchsstoffhaushaltes, der durch das Heißwasserbad eingeschlagen wird. In zwei Richtungen schien daher zunächst die Fragestellung gehen zu müssen:

1. Erfolgt während des Heißwasserbades die Auslaugung nachweisbarer Mengen von Wuchsstoff aus den Samen?

2. In welcher Richtung beeinflußt das Heißwasserbad und die sich anschließende Trocknung den Wuchsstoffhaushalt der Samen?

Methoden:

Bereitung des Heißwasserbades und Durchführung der Trocknung erfolgten in der bereits angegebenen Weise.

Das Verhältnis der Beizflüssigkeit zum behandelten Saatgut wurde konstant auf 10:1 gehalten, so daß in der gleichen Menge Wasser immer die entsprechende Menge Saatgut 2 Stunden lang behandelt worden war.

Als Versuchsmaterial dienten wiederum Peragis I Sommer-Weizen, sowie Eckendorfer Mammuth Wintergerste, beide Ernte 1948. Die Versuche wurden in den Monaten Januar bis März 1949 durchgeführt. Auf der Suche nach geeigneten Wuchsstofftesten, wurden der Erbsentest (WENT-THIMANN 1939) und der Bohnenblattstieltest (WEYLAND-WEHNELT 1942) geprüft. Sie erwiesen sich jedoch als nicht brauchbar, da sie auf die geringen Mengen, die extrahiert werden konnten, nicht ansprachen. Im weiteren Verlauf arbeiteten wir daher in der Hauptsache mit dem Kressewurzeltest (MOEWUS 1948, 1949), zu einigen Versuchen auch mit dem *Avena*-Test am Tageslicht (SÖDING 1935).

Es wurden sowohl die Heißwasserbrühe, als auch die Samen vor, während und nach der Behandlung auf ihren Wuchsstoffgehalt geprüft. Als Lösungsmittel dienten Äthylalkohol (96% unvergällt) und reiner Diäthyläther (frisch über FeSO₄ und CaO destilliert). Die Extraktionszeiten waren in allen Fällen auf 60 Minuten beschränkt, da es nur auf Verhältniswerte ankam und nach VAN OVERBEEK OLIVIO-SANTIAGO DE VAZQUEZ (1945) in der ersten halben Stunde der Extraktion der größte Teil des freien Auxins eliminiert wird.

50 ccm der Beizbrühe wurden mit 20 ccm Äther ausgeschüttelt und nach einer Stunde im Scheidetrichter getrennt. Nach Verdampfen des Äthers an der Luft wurde der Rückstand mit 10 ccm Aqua bidestillata aufgenommen. 50 g Saatgut wurden zu den angegebenen Zeitpunkten (vor der Behandlung, nach dem 2stündigen Beizakt und nach 24stündiger Trocknung bei 30° C) in einer Kaffeemühle fein zerschrotet und das Mahlgut mit 150 ccm Äther bzw. Alkohol unter wiederholtem Umschütteln eine Stunde stehen gelassen. Nach Filtration und Abdampfen des Äthers konnte der Rückstand wiederum mit 10 ccm Aqua bidest. aufgenommen werden.

Der Kressewurzeltest wurde genau nach Vorschrift durchgeführt. Kontrollen mit β -Indolylessigsäure zur Ermittlung der jeweiligen Standardwirkungskurven liefen in jedem Versuch mit. Der *Avena*-Test am Tageslicht wurde zum Vergleich nur in einer Reihe durchgeführt. Zu dieser wurden 2000 ccm Beizflüssigkeit im Vakuum bei 35° C auf ein Zehntel des Volumens eingedampft, mit 5% Agar aufgenommen und in der üblichen Weise in Blöckchen getestet. Nach 2 1/2 Stunden wurden die Krümmungswerte abgelesen.

Ergebnisse:

Die Resultate der Versuche im Kressetest sind in Abb. 16—18 wiedergegeben. Sie zeigen zunächst für die Beizbrühe (Abb. 16), daß zwischen den Werten der reinen Brühe und der mit Äther ausgeschüttelten Brühe, deutliche Unterschiede vorhanden sind. Den mit steigender Verdünnungsstufe geringer werdenden Hemmwerten der wässrigen Brühe entsprechen die Nullwerte aller Verdünnungsstufen der Ätherextrakte. Wir möchten daraus den Schluß ziehen, daß während des Heißwasserbades keine im Test nachweisbaren Mengen von Wuchsstoff aus dem quellenden Korn herausdiffundiert sind. Das gleiche Ergebnis zeigt sich auch, wenn die Beizbrühe 10 Tage lang mit Äther extrahiert wurde. Die Hemmwerte der wässrigen Lösungen müssen auf gelöste physiologische Substanzen ausschließlich ohne Wuchsstoffcharakter, etwa im Sinne ANDRÉS (1912), zurückgeführt werden.

In der gleichen Richtung sind die auch im Avena-Test gemachten Versuche zu deuten, deren Einzelwerte nachstehend aufgeführt sind:

Tabelle 7.
Krümmungswerte in Winkelgraden nach 2½ Stunden.

Kontrolle	Beizflüssigkeit unbehandelt	Beizflüssigkeit üb. Kohlefiltriert	Beizflüssigkeit mit Äther extrahiert
o	- 11	- 10	o
- 1	- 4	- 6	o
+ 1	- 9	- 7	- 2
o	- 6	- 16	- 1
+ 1	- 16	- 13	o
o	- 9	- 3	+ 1
o	- 11		+ 1
+ 0,14	- 9,4	- 9,1	- 0,14 Durchschnitt

Vergleichen wir mit diesen Werten ein Ergebnis von CHOLODNY (1935). Er testete das Quellwasser unbeschädigter, entspelzter Haferkaryopsen und erhielt dabei keine Krümmungen. Er schließt daraus, daß zwar sehr wohl in gequollenen Korn Wuchsstoff vorhanden ist, jedoch aus diesem nicht exosmieren kann, da er durch die das Endosperm umgebenden Gewebe nicht permeieren kann. So stimmen also unsere an Weizenkaryopsen gewonnenen Ergebnisse damit überein. Sie werden nur scheinbar überdeckt durch Reaktionen, die auf nicht ätherlösliche Substanzen ohne Wuchsstoffcharakter zurückgeführt werden müssen, die aus den Frucht-Samen Schalen herausdiffundiert sind. In der gleichen Richtung liegen die Untersuchungen von MOSHEOV (1937), SMITH (1948) und BARTON-SOLT (1948). Sie führen ebenfalls zu dem Schluß, daß solche wässrigen Extrakte — die zwar bei niedrigeren Temperaturen, als unseren Heißwasserbädern gewonnen wurden — Stoffe enthalten, die einen hemmenden Einfluß auf Wachstum und Keimung haben. MOSHEOV (1937) sieht in ihnen einen extrahierten Nährstoff — womit der Kreis zu der von ANDRÉ (1912) entwickelten Anschauung wieder geschlossen wäre. — BRANDES-VAN OVERBEEK (1948) testeten im Avena-Test die Brühe aus, in der Zuckerrohrsprosse einer Hitzebehandlung von 20 Minuten bei 50°C unterzogen worden waren. Sie stellten dabei ebenfalls fest, daß aus den Sprossen während der Heißwasserbehandlung keine entdeckbaren Mengen von Auxin herausgelaugt waren.

Der zweite Teil unserer Versuche, der den Wuchsstoffgehalt der Weizenkaryopsen selber betraf, (Abb. 17, 18) zeigt in Alkohol- und Ätherextrakten übereinstimmend: Durch das zweistündige Heißwasserbad von 45°C wird der Wuchsstoffspiegel gehoben. Nach der sich anschließenden Rücktrocknung bei 30°C wird er als unter das Niveau der lufttrockenen Ausgangssamen gesunken, gefunden. Der erste Befund war zu erwarten, da es sich beim Heißwasserbad, wie gezeigt wurde, um einen Quellvorgang handelt. Daß während der Quellung eine „Bildung“ von Wuchsstoff stattfindet, hat bereits CHOLODNY (1935) beschrieben. Sie kann ebenfalls aus den Angaben von

POHL (1936) entnommen werden. Der nach der Rücktrocknung aufgefundene Rückgang an extrahierbarem Wuchsstoff kann gleichfalls bei POHL (1936) eine Erklärung finden. Er fand, daß mit fortschreitender Quellung potentiometrisch geringere Mengen aus dem Samen extrahierbar sind. In vergleichbaren Versuchsreihen an heißwasserbehandelten Zuckerrohrsprossen fanden BRANDES-VAN OVERBEEK (1948) eine Reduzierung des „freien“ Auxins, dem eine Zunahme des „gebundenen“ entsprach. Sie diskutieren die Möglichkeit, daß in heißwasserbehandelten Geweben ein Hemmstoff in größeren Mengen entsteht, der einen Effekt hervorruft, der eine Erniedrigung des Auxinspiegels vortäuscht. Denn physiologisch gesehen, ist Reduzierung des Auxinspiegels und steigende Bildung von Hemmstoff das Gleiche. Es liegen Gründe vor, die annehmen lassen,

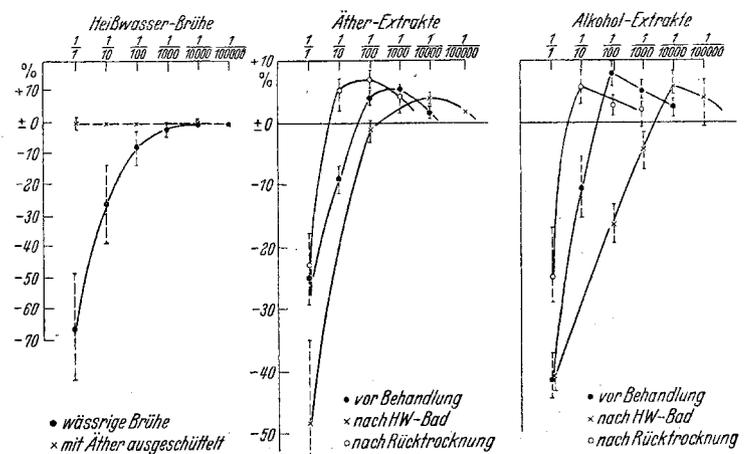


Abb. 16—18. Wuchsstoffversuche an Peragis I Sommer-Weizen Elite, Ernte 1948. Abszisse: Verdünnungsstufen der Extrakte. Ordinate: relative Hemm- bzw. Förderungswerte im Kressewurzel-Test.

Abb. 16. Untersuchung der Heißwasser-Brühe auf Wuchsstoffgehalt. ...

Abb. 17. Untersuchung der Karyopsen auf ihren Wuchsstoff-Spiegel vor der Behandlung, unmittelbar nach dem Warmbad und nach Beendigung der Rücktrocknung. Ätherextraktion.

Abb. 18. Untersuchung der Karyopsen auf ihren Wuchsstoff-Spiegel vor der Behandlung, unmittelbar nach dem Warmbad und nach Beendigung der Rücktrocknung. Alkoholextraktion.

Die ermittelten Werte stellen das Ergebnis von 7 getrennten Versuchsreihen dar. Die Streuung der Einzelwerte ist durch senkrechte Striche angezeigt.

daß der Wuchsstoff bei der Wasseraufnahme während der Quellung in eine reversibel inaktive Form überführt worden ist (POHL 1949 unveröffentlicht), so daß sich bei unseren Extraktionen eine scheinbare Verringerung des Wuchsstoffspiegels ergeben mußte.

5. Versuche zur Bestimmung des Redoxpotentials heißwasserbehandelter Samen.

Abschließend sollte das biologische Redoxsystem der Samen, die einer Heißwasserbehandlung unterzogen worden waren, bestimmt werden. Es lag die Vermutung nahe, daß vielleicht an dieser Stelle eine Ursache für sinkende Keimfähigkeit zu finden wäre, nachdem bereits feststeht, daß alternde Samen sich durch ein fallendes Redoxpotential auszeichnen (RUGE 1947).

Methode:

Im Prinzip haben wir uns an die von THUNBERG (1936) gegebenen Anweisungen bei der Herstellung der Samenextrakte gehalten. Es wurden jeweils zu einer Bestimmung 50 g lufttrockenen Saatgutes vorher ab-

gewogen. Nach der Behandlung im Heißwasserbad wurden die Samen kurz sorgfältig mit Fließpapier von Haftwasser befreit und in einer Kaffeemühle fein geschrotet. Dem Mahlgut wurden in 300 ccm Erlenmeyerkolben 200 ccm einer $1/50$ mol KH_2PO_4 -Lösung ($\text{pH}=7,8$) zugegeben. Durch Einleitung von Stickstoff wurde die Aufschwemmung 2 Stunden lang aufgewirbelt und mit N_2 gesättigt. Nach dieser Zeit wurde zwecks Abscheidung des Bodensatzes für kurze Zeit nur in die darüberstehende Flüssigkeitsschicht Stickstoff weiter eingeleitet.

Der aus der Bombe entnommene Gasstrom wurde vorher durch 3 Waschflaschen geleitet, die mit einer alkalischen Hydrosulfidlösung (50 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ in 250 ccm $\text{H}_2\text{O} + 40$ ccm konz. KOH) beschickt waren.

Nach Verdrängung des freien Sauerstoffes wurden jeweils 10 ccm des fast klaren Extraktes mit der Pipette abgenommen und rasch in Kölbchen abgefüllt, die durch fortgesetztes Einleiten von N_2 sauerstofffrei gemacht waren. Nach nochmaligem Einleiten von Stickstoff für einige Minuten konnten 2—5 Tropfen der nach Vorschrift angesetzten Redox-Indikatoren (E. MERCK) zugesetzt werden.

Untersuchungen über das Redoxpotential von Weizensamen hat ANDERSSON (1932, 1933) mittels der Methylenblaumethode durchgeführt. Aus seinen Versuchen geht hervor, daß die Wirksamkeit der Dehydrasen während der ersten Tage der Keimung kräftig ansteigt, während sie in der letzten Phase der Keimung wieder sinkt.

Übereinstimmend damit ergibt sich aus unseren Protokollen, die in Abb. 19 als graphische Darstellung zusammengefaßt sind, eine Steigerung des Redoxwertes in den frühen Keimstadien, soweit wir sie untersucht haben.

Durch das Heißwasserbad wird der Redoxwert der behandelten Samen nun sprunghaft auf den Wert etwa 3 Tage gekeimter Samen hochgetrieben. Mit der Durchführung der Rücktrocknung ist zeitlich ein Rückgang des rH-Wertes verbunden. Über-

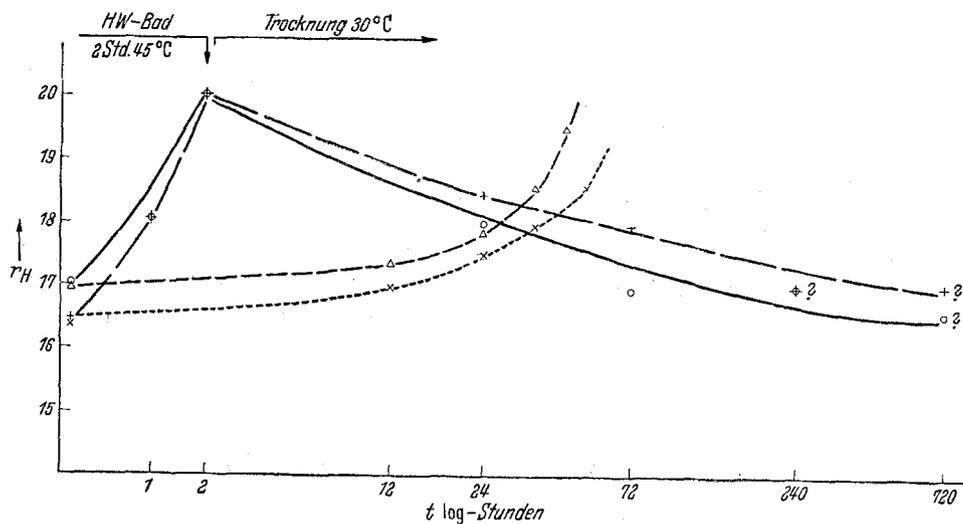


Abb. 19. Änderung des Redox-Potentials. Abszisse: Stufen des rH-Wertes. Ordinate: Zeit in Stunden in logarithmischer Einteilung.

Weizen: $\bullet\text{---}\times\text{---}\bullet\text{---}$ Keimung; $\text{---}\text{---}\text{---}$ HW-Bad + Trocknung.
Gerste: $\text{---}\text{---}\Delta\text{---}$ Keimung; $\text{---}\text{---}\circ\text{---}$ HW-Bad + Trocknung.

Die Versuche waren zeitlich so angesetzt, daß ein unmittelbarer Vergleich der Farbtonungen möglich war. Ein Zusatz von Donator-Substanz erfolgte nicht, so daß auf diese Weise lediglich das „Spontantfärbungsvermögen“ (THUNBERG 1936) bestimmt wurde. Die Bestimmung der Umschlagpunkte war infolge der Trübung und Eigenfärbung der Extrakte schwierig. In der Kurve sind die rH-Werte für einen Keimungsverlauf, sowie einen HW-Beizakt mit anschließender Trocknung bei 30°C auf Grund der Farbumschläge der Protokolle zusammengestellt. Sie stellen Beobachtungen aus zweifacher Wiederholung der Versuche dar, erscheinen jedoch nicht immer gleich eindeutig reproduzierbar. Die Ursache dürfte in der laufenden Änderung der Fermentgehalte bei verschiedenartiger Lagerung zu suchen sein, wie sie in klarer Weise aus den Untersuchungen von KULLEN (1941) hervorgeht.

Die Versuche wurden in der Zeit von Mitte Januar bis Anfang März 1949 durchgeführt, zu einer Jahreszeit also, in der bei normaler Kellerlagerung nach KULLEN (1941) ein Maximum der Dehydraseaktivität zu erwarten ist.

Ergebnisse:

Die zahlenmäßigen Werte des Redoxpotentials erfassen im pflanzlichen Organismus das Hydrierungs-Dehydrierungssystem (FREY-WYSSLING 1949). Sie sind, einheitliche pH vorausgesetzt, ein Maß für die Einstufung oxydierender bzw. reduzierender Lösungen.

raschend ist dabei, daß dieser Rückgang keineswegs mit dem Wasserentzug parallel geht. Auf Grund unserer Trocknungskurven ist bekannt, daß bei einer Trocknungstemperatur von 30°C nach 24 Stunden das Ausgangsgewicht der Samen wieder erreicht ist. Der Redoxwert sinkt aber bei weiterer Lagerung der heißwasserbehandelten Samen unter Zimmertemperatur weiter. Es hat dabei den Anschein, daß auch nach längerer Zeit (bis zu 30 Tagen untersucht) der Redoxwert der lufttrockenen Ausgangssamen nicht wieder erreicht wird.

In unseren Versuchen verhielten sich Weizen- und Gerstenkaryopsen im Prinzip gleich, so daß von einer gesonderten Betrachtung Abstand genommen werden kann.

Zum Vergleich wurden entsprechende Portionen der Samen auf 65° , 85° und 100°C für drei Minuten im Wasserbad erhitzt, im Anschluß an einen Beizakt von 2 Stunden bei 45°C . Während bei 65°C eine Schädigung des Systems noch kaum sichtbar wird, ist sie bei den höheren Temperaturen eindeutig.

6. Diskussion.

a) Atmung als Indikator der Vitalität.

Es wurde bei unserer Untersuchung erstmalig der Versuch unternommen, die Größe der Atmung

während des Warmbades und der sich anschließenden Trocknung zu fassen. Dabei zeigt sich, daß die Intensität der Atmung nicht direkt proportional dem Wassergehalt ist; sie erscheint vielmehr wesentlich von dem zeitlichen Fortschreiten der Aktivierung physiologischer Prozesse bestimmt.

Daraus wäre die Anschauung zu entwickeln, daß der kritische Punkt für das physiologische Geschehen im lebenden Samen in der Trocknung liegt, und zwar in dem Moment, wo den durch Erreichen eines optimalen Wassergehaltes im Laufe der Rücktrocknung und die Höhe der Temperatur auf höchste Leistung gebrachten Fermentsystemen wieder Wasser entzogen wird. Die Lage dieses Punktes wäre etwa mit dem Kulminationspunkt der Atmungskurve gleichzusetzen. Dieser wird in seiner Lage durch das zeitliche Fortschreiten der Rücktrocknung — in unserer Versuchsanordnung durch die Temperatur variiert — verschoben.

Wir möchten von hier aus dem Heißwasserbad in keimungsphysiologischer Hinsicht den Charakter einer Auslösefunktion zusprechen. Der kritische Punkt des ganzen Verfahrens aber scheint, gemessen an der Reduktion der Keimkraft, wesentlich im Trocknungsvorgang zu liegen. Diese Aussage gilt naturgemäß nur für solche Bäder, die in der Kombination von Temperatur und Dauer noch eine Regulation durch die Rücktrocknung zuläßt. Zwei Probleme liegen bei dieser Art der Fragenstellung vor:

- a) die Atmung quellender Samen,
- b) die Atmung trocknender Samen.

Der erste Problemkreis wird spezialisiert durch die Anwendung des Warmbades. Damit ist verbunden die erhöhte Wasseraufnahme, die nach den Angaben PRINGSHEIMS (1930) in der Hauptsache der van't HOFF'schen Regel unterzuordnen ist. Hinzu kommt die Einwirkung der Temperatur auf den Atmungsprozeß direkt, sowie die Tatsache, daß der normale Gaswechsel unter Wasser gestört ist (KRAUSS 1901, EBERHARDT 1906, KISSER-POSSNIG 1933). Aus der letzteren ergeben sich auch nach der Herausnahme aus dem Quellungsmedium Nachwirkungen, insbesondere der CO₂-Stauungen, auf die besonders PRINGSHEIM (1931, 1933) hingewiesen hat. So ist es wohl erlaubt, die Werte unserer Atmungsbestimmung, sofern sie Samenportionen betreffen, die direkt dem Heißwasserbad entnommen wurden, in ihrer Höhe auf das Freiwerden von angehäuften Atmungsprodukten hin zu interpretieren. Sie werden daher erwartungsgemäß mit steigender Länge des Wasserbades auch größer. An dieses erste Maximum der Atmungskurve schließt sich zu Beginn des Trocknungsprozesses ein Abfall an. Die Tatsache, daß die CO₂-Menge, welche Samen nach längerer Quellungszeit abgeben, etwa 5 Stunden lang abnimmt, wurde bereits von SIERP (1925) berichtet. Sein Schüler FRIETINGER (1927) sucht die Ursache in einer Erschwerung des Gas-Durchtrittes durch die Samenschale, die erst durch allmähliche Veränderung derselben beseitigt wird, bis ein Gleichgewicht in der Konzentrationsdifferenz zwischen produzierter und abgegebener Kohlensäure wieder hergestellt ist (GEIGER 1928). An diesen Abfall schließt sich ein weiteres Maximum im Verlauf der Atmungskurve an. In ihm möchten wir einen Ausdruck für die ausgeübte Reizwirkung des Warmbades sehen, in der Weise wie es

bereits für andere Pflanzenteile von IRAKLINOW (1912) und MÜLLER-THURGAU-SCHNEIDER-ORELLI (1910) nachgewiesen wurde. Darüber hinaus stellt der Trocknungsprozeß einen Sonderfall dar, indem nämlich eine weitere Stimulierung der Atmung durch den progressiven Wasserentzug ausgeübt wird. Ein Einfluß des fortschreitenden Wassermangels in dieser Richtung konnte bereits für welkende Blätter von ILJIN (1923) aufgezeigt werden. Die Untersuchung von SCHRÖCK (1934) an Samen von *Lens sativa* zeigt keine Ergebnisse in dieser Richtung. Es wurde dabei jedoch mit langfristig vorgequollenen Samen gearbeitet, die dann kurzfristiger Hitzebehandlung ausgesetzt waren.

Nach diesem zweiten Maximum vollzieht sich der Abfall der Atmungskurve kontinuierlich. Er erreicht jedoch nach 24 Stunden noch Werte, die mit der benutzten Apparatur deutlich nachzuweisen waren, während die Atmung ruhender Samen nach den älteren Angaben von KOLKWITZ (1901) in einer Größenordnung liegen müßte, die nicht mehr nachweisbar zu sein brauchte. Der Vergleich mit den Kurven des Wassergehaltes zeigt, daß nach dieser Zeit z. B. bei 30°C Trocknungstemperatur der Wassergehalt des Ausgangsmaterials wieder erreicht ist. Die Atmung, als in unserem Falle greifbarer physiologischer Prozeß, ist also keine einfache Funktion des Wassergehaltes. Zwar ist die Erhöhung der Reaktionsfähigkeit eine Folge des Wasserentzuges (BÜNNING 1948); für das Gleichgewicht zwischen Ruhe und Aktivität dürfte aber außerdem der Fermentzustand von nicht geringer Bedeutung sein. Es lag daher nahe, ein experimentell relativ leicht faßbares Ferment des Atmungsprozesses hinsichtlich seiner Aktivitätsänderung im Laufe der Behandlungen, zu untersuchen.

b) Das Anlaufen physiologischer Prozesse.

Versuche, mittels der Bestimmung von Fermentgehalten, eine Aussage über die Vitalität zu machen, sind wiederholt unternommen worden. Die ersten Versuche unter Zugrundelegung des Katalasegehaltes gehen auf CROCKER-HARRINGTON 1918, NEMEC-DUCHON 1921 und GRACANIN 1927 zurück.

Eine Ermittlung von Hitzeschäden auf dem Wege über Fermentanalysen ist ebenfalls versucht worden. SCHRÖCK (1934) hat den Katalasegehalt von *Lens sativa* mit steigender Intensität der Heißwasserbäder geschwächt gefunden. HUTCHINSON-BOOTH (1946) fanden die Phosphatase-Aktivität als noch nicht ganz ausreichenden Index für Hitzeschäden an Cerealien-samen. ZALESKI-ROSENBERG (1911) fanden ebenfalls eine Schwächung der Katalasetätigkeit durch Trocknung von Pflanzenmaterial bei 36°C. Sie führen diese jedoch nicht auf den Eingriff der Hitze, sondern andere unbekanntere Bedingungen zurück.

Offensichtlich werden jedoch durch das kurzfristige Anlaufen des lebenden Systems Prozesse in Gang gebracht, die auch nach Rücktrocknung auf den Ausgangswassergehalt, nicht in ihre Ausgangslage zurückkehren können. Auch die Werte der Redox-Potentialbestimmung weisen darauf hin. Aus den wenigen orientierenden Versuchen über die Wuchsstoffverhältnisse läßt sich jedoch mit Sicherheit sagen, daß durch das Heißwasserbad der Wuchsstoffhaushalt

geändert wird, und zwar in einer Richtung, die das physiologische Geschehen beim Wiederankommen nachhaltig bestimmen.

Von hier aus läßt sich auch kritisch zu den Ergebnissen von GRACE (1938) sagen, daß eine erfolgreiche Therapie von Heißwasserbeiz-Schäden mittels synthetischer Wuchsstoffpräparate, eine eingehende Kenntnis der durch den Beizakt bedingten Änderungen der normalen physiologischen Verhältnisse voraussetzt. Diese scheint bislang noch nicht in dem Maße gegeben, daß ein Zusatz von Wirkstoffen eine erfolgreiche Verhinderung von Beizschäden verspricht.

D. Schlußbetrachtung.

Eine Diskussion der Einzelergebnisse erfolgte wegen der Verschiedenheit der angewandten Methoden im Anschluß an die Darstellung der Versuchsgruppen. So soll nur noch eine kurze Gesamtdarstellung des Stoffwechselgeschehens versucht werden, das durch die Heißwasserbehandlung angeregt und beim Rücktrocknungsprozeß wieder abgedrosselt worden ist. Abschließend bleiben dann die noch offenen Fragen in ihrer großen Linie aufzuzeigen.

Betrachtet man die experimentell erhellten physikalischen und Stoffwechselprozesse im Zusammenhang, so sind übereinstimmend daran drei Punkte bemerkenswert:

1. Das spontane Ansteigen aller Kurven in den ersten beiden Stunden, die das Verweilen der Samen im Heißwasserbad betreffen. Dieser Anstieg zieht sich für einige Vorgänge (Wassergehalt, Katalase) bis in die erste Stunde des Rücktrocknungsprozesses hinein.

2. Während des anschließenden 24stündigen Rücktrocknungsprozesses ist nun keineswegs ein kontinuierliches Fallen der analysierten Vorgänge zu beobachten. Vielmehr erreichen Atmung, Katalase-Aktivität, Embryo-Streckung und wahrscheinlich auch das Redoxpotential ein zweites Maximum während des Rücktrocknungsprozesses. Die Maxima der Atmung und der Katalaseaktivität fallen dabei zeitlich zusammen, die größte Ausdehnung des Embryos liegt früher. Daraus haben wir auf eine Reizwirkung des Wasserentzuges auf gewisse Prozesse geschlossen.

3. Nach 24stündiger Trocknung hat der Wassergehalt der Samen wieder seinen Ausgangswert erreicht. Nicht jedoch die beobachteten physiologischen Prozesse! Atmung und Redox-Wert liegen deutlich über dem der lufttrockenen Samen; der Gehalt an aktivem Wuchsstoff ist unter den Ausgangswert gefallen; desgleichen die Länge des Embryos.

Erst in der gemeinsamen Betrachtung von Heißwasserbad und Trocknungsprozeß, wie es hier abschließend nochmals betont geschah, wird man den Vorgängen gerecht werden können, die im lebenden Samen unter dem Einfluß der Behandlung ablaufen. Beide Eingriffe wirken auf das dynamische Lebensgeschehen. In diesem Sinne (NIETHAMMER 1928 b, 1929) wäre es sogar berechtigt, von einer echten Stimulation zu sprechen.

Wenn ein Reiz ein Vorgang ist, der in einem biochemischen System durch Verringerung der Widerstände die Potenz zur Entfaltung bringt (BÜNNING 1939), so haben wir im Heißwasserbad ein

echtes Reizmittel in der Hand. Aller Wahrscheinlichkeit haben wir es mit solchen Wirkungen zu tun, bei denen induzierte Vorgänge, einmal eingeleitet, eine gewisse Zeit lang weiterlaufen, auch wenn der den Vorgang bewirkende Faktor weggefallen ist. Damit ist eine auffallende Parallele zu der Wirkung der Warmbäder auf ruhende Knospen gegeben (VEGIS 1948). Es gehört zu den Eigentümlichkeiten eines geschlossenen lebenden Systems, daß es die Schärfe der verschiedenen äußeren Faktoren, die von allen Seiten eingreifen, bis zu einem gewissen Grade abfängt und puffernd ausgleicht. Und so ist es auch zu verstehen, daß der durch einen äußeren Eingriff bedingte Vorgang weiterläuft, auch wenn dieser Faktor zu wirken aufgehört hat. Damit ist zugleich ein Charakteristikum für den Organismus als stationären Prozeß (HARTMANN 1947) gegeben. Den Komplex von Potentialen, der zur Entfaltung gebracht wird, stellt der keimbereite Embryo dar. Der Reiz, der in der ersten Stufe einsetzt, ist das Heißwasserbad. In der Tatsache, daß es auf einen Komplex von Potentialen einwirkt, liegt seine „revolutionierende“ (MOLISCH 1909 a) Wirkung.

In diese ausgelösten Vorgänge greift nunmehr — als Rücktrocknungsprozess — ein neuer Reiz ein, der zunächst in gleicher Richtung wirkt, dann aber kontinuierlich in gegenläufige Richtung übergeht.

Diese Tatsache ist bisher im Zusammenhang mit dem Heißwasserbad zu wenig beachtet worden.

Als Angriffspunkt all dieser Vorgänge muß wieder das lebende Plasma angesehen werden. In ihm liegt auch die Grenze des Rücktrocknungsprozesses. Das tropfbar-flüssige Wasser kann zwar verdunsten, ohne daß dem pflanzlichen Organismus, in gewissen Grenzen wenigstens, erheblicher Schaden zugeführt wird. Der Verlust des Imbibitionswasser dagegen beschleunigt die Koagulation (ILJIN 1934). Allein die Tatsache, daß die embryonalen Zellen des Keimlings in diesen frühen Stadien noch nicht vakuolisiert sind, läßt diese Austrocknungsfähigkeit verstehen (HÖFLER 1942).

Es konnte gezeigt werden, daß auch die Aktivität der Fermente durch das Heißwasserbad gesteigert wird. Ins Einzelne gehend wäre näher zu untersuchen, inwieweit das günstige fermentative Gleichgewicht durch Überschreiten des vollen Sättigungswertes des kolloidalen Systems in seiner Richtung beeinflusst wird (KURSANOV 1941).

Durchaus unklar ist der Primäreffekt des Hitzeschadens. Die Untersuchungen von HUTCHINSON-GREER-THOMAS (1946) lassen es jedoch als sicher erscheinen, daß die ersten Einwirkungen auf die Permeabilität hinzielen, während die Reduktionen der Keimkraft erst Sekundärererscheinungen und durch Enzyminaktivierungen bedingt sind.

Als „Gedanken im Hintergrund“ (THIMANN 1949) bleibt die Frage nach der möglichen Beeinflussung dieses Geschehens in einer für die praktische Anwendung günstigen Richtung bestehen. Die Versuche dazu, auf einer wirklichen Kenntnis der normalen und pathologischen Geschehen gründend, stehen noch am Anfang. In ihren letzten Zusammenhängen sind sie auch heute noch ungeklärt (GASSNER 1926). Es besteht jedoch die Hoffnung, daß die düstere Prognose von APPEL-RIEHM (1913) einer Beherrschung auch dieser Probleme weichen wird.

E. Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse:

1. Das Heißwasser-Dauerbad dient in der landwirtschaftlichen Praxis zur thermischen Desinfektion matrikaler Mycele von *Ustilago tritici* und *Ustilago nuda* in Weizen- und Gerstensamen.

Es wird das physiologische Verhalten von Weizen- und Gerstenkaryopsen nach einem Heißwasserbad von 2 Stunden bei 45° C mit anschließender Rücktrocknung untersucht. Dabei konnten zahlreiche Analogien zum Warmbad als Mittel zum Fröhrtreiben gezeigt werden.

2. Mit fortschreitender Entwicklung des Embryos werden in Abhängigkeit von der Rücktrocknungstemperatur die Keimschäden größer.

3. Der Rücktrocknungsprozeß stellt einen Wasserentzug aus kolloidalem Medium dar und unterliegt als solcher den diesen bestimmenden äußeren und inneren Faktoren.

4. Es kann gezeigt werden, daß bei der gleichzeitigen Trocknung größerer Mengen von Saatgut zunächst noch ein Nachquellen stattfindet, ehe der eigentliche Wasserentzug beginnt.

5. Die Wasserbewegungen im Embryo laufen nicht mit denen des gesamten Kornes parallel; es muß vielmehr angenommen werden, daß der zu aktivem Leben erweckte Embryo während des Rücktrocknungsprozesses noch Wasser aus dem Endosperm nachzieht.

6. Die Rücktrocknung stellt einen thermischen Ausgleichsvorgang dar, der unter dem Aspekt des Wärmeausgleichs an feuchten Oberflächen betrachtet werden kann.

7. Es findet zeitlich fortschreitend eine allmähliche Angleichung an die Trocknungstemperatur im Samen von Außen nach Innen statt.

8. Die Keimprüfung ergibt eine Abhängigkeit der Keimschäden von der Trocknungstemperatur bzw. von der Gestaltung des Trocknungsprozesses überhaupt.

9. Durch Direktmessungen am Embryo kann gezeigt werden, daß das Maximum der Embryostreckung im Rücktrocknungsprozeß liegt.

10. An rückgetrockneten Weizenkaryopsen ist die Fruchtsamenschale über dem Embryo durchbrochen. Der Prozentsatz dieser Perforierung ist unabhängig von der angewandten Trocknungstemperatur.

11. Es kann an der Änderung des Fermentzustandes (Redoxpotential, Katalaseaktivität) gezeigt werden, daß es sich beim Heißwasserbad um die Anregung von Stoffwechselprozessen handelt, die das Maximum ihrer Aktivität, in Abhängigkeit von der Intensität des Trocknungsprozesses, während dieser Rücktrocknung erreichen.

12. Die Atmung behandelter Samen zeigt ebenfalls ihr Maximum während der Rücktrocknung. Das Maximum wird in seiner Lage desgleichen von der Gestaltung des Rücktrocknungsprozesses bestimmt.

13. Während des Heißwasserbades kommt es zur Auslaugung von Stoffen aus dem Samen, die jedoch keinen Wuchsstoffcharakter haben.

14. Der Wuchsstoffhaushalt heißwasserbehandelter und rückgetrockneter Samen ist geändert.

15. In der Praxis werden Heißwasserbad und Trocknungsprozeß immer hinsichtlich der Wirkung und Keimschädigung im Zusammenhang betrachtet werden müssen.

Nachschrift:

Die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit wurden zum größten Teil in der Zeit von September 1947 bis Mai 1949 auf dem Versuchsgut Höfchen bei Burscheid durchgeführt, in steter Föhlung mit dem Botanischen Institut der Universität Köln, wo auch die abschließenden Versuche gemacht worden sind.

Arbeitsplatz und -material in Höfchen stellte die Pflanzenschutzabteilung der Farbenfabriken „Bayer“, Leverkusen, in großzügiger Weise zur Verfügung.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. WEYLAND danke ich für das stete Interesse, das er dem Fortgang der Untersuchung gewidmet hat.

Den Hinweis auf die Aktualität der Heißwasserbeizfrage gab Herr Dr. R. PAULMANN. Ihm bin ich weiterhin für mannigfache Hilfe, insbesondere bei der Gerät- und Literaturbeschaffung, zu Dank verpflichtet.

Herrn Privatdozent Dr. R. POHL danke ich für vielfache anregende Diskussionen und Hinweise.

F. Verzeichnis der benutzten Literatur.

(Arbeiten, die nur im Referat zugänglich waren, sind mit (*) gekennzeichnet.)

1. ANDERSSON: Über Hexosediphosphatdehydrogenase und Carboxylase in Pflanzensamen. Z. physik. Chem. 210 15 (1932); 217, 186 (1933). — 2. ANDRÉ: Deplacement par l'eau des substances nutritives contenues dans les graines. C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci. Paris 154, 1103 (1912). — 3. APPEL: Theorie und Praxis der Bekämpfung von *Ustilago tritici* und *Ustilago nuda*. Ber. dtsh. bot. Ges. 27, 606 (1909). — 4. APPEL-RIEHM: Die Bekämpfung des Flugbrandes von Weizen und Gerste. Arb. biol. Reichsanst. 8, 342 (1913). — 5. BACH-OPARIN: Über Fermentbildung in keimenden Pflanzensamen. Biochem. Z. 134, 183 (1923). — 6. BACH-OPARIN-WÄHNER: Untersuchungen über den Fermentgehalt von reifenden, ruhenden und keimenden Weizensamen. Biochem. Z. 180, 363 (1927). — 7. BARTON-SOLT: Growth inhibitors in seeds. Contr. Boyce Thompson Inst. 15, 259 (1948). — 8. BONNE: Beitrag zur Flugbrandbekämpfung des Weizens. Untersuchungen zur Heißwasser-Kurzbeize. Angew. Bot. 23, 304 (1941). — 9. BORESCH: Zur Analyse der fröhrtreibenden Wirkung des Warmbades, I—III. Biochem. Z. 153, 313 (1924); 170, 466 (1926); 202, 180 (1928). — 10. TEN BOSCH: Die Wärmeübertragung. Berlin 1922. — 11. BRANDES-VAN OVERBEEK: Auxin relations in Hot-water-treated sugarcane stems. J. agric. Res. 77, 223 (1948). — 12. BRAUN-RIEHM: Krankheiten und Schädlinge der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen und ihre Bekämpfung. Berlin 1945. — 13. (*) BREAZEALE-LE CLERC: The growth of wheat seedlings as affected by acid or alkaline conditions. U. S. Dep. Agr. Bur. Chem. Bull. 149 (1912) zit. bei PETRI 1926. — 14. (*) BREFELD: Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Mykologie. Heft 11 (1895) zit. bei LANG (1910). — 15. BRIOLI-SCHIKORRA: Beiträge zur Biologie des Gerstenflugbrandes (*Ustilago hordei nuda* J.) Ber. dtsh. bot. Ges. 31, 336 (1913). — 16. BÜNNING: Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen. Berlin 1939. — 17. BÜNNING: Die endogene Ruheperiode der Samen. Planta 35, 354 (1947). — 18. BÜNNING: Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1948. — 19. BÜTTNER: Die Wärmeübertragung durch Leitung und Konvektion, Verdunstung und Strahlung in Bioklimatologie und Meteorologie. Veröff. Preuß. Meteorol. Inst. Nr. 404, Abh. Bd. 10, Heft 5. Berlin 1935. — 20. CHODAT: Darstellung und Nachweis von Oxydasen und Katalasen pflanzlicher und tierischer Herkunft. Methoden ihrer Anwendung. Abderh. Hb. Biol. Arb. Meth. Abt. IV, Teil 1, Band 1 S. 320 (1936). — 21. CHODOLNY: Über Keimungshormone von Gramineen. Planta 23, 289 (1935). — 22. CROCKER: Mechanics of dormancy of seeds. Amer. J. Bot. 3, 99 (1916). — 23. CROCKER-HARRINGTON: Catalase und oxydase content of seeds in relation to dormancy, age, vitality and respiration. J. agric. Res. 15, 137 (1918). — 24. EBERHARDT: Untersuchungen über das Vorquellen der Samen. Diss. Jena 1906. — 25. EGGERRECHT: Die Untersuchung von Saatgut in: HERRMANN, Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methoden-

- buch). Berlin 1941. — 26. FISHER: Some fundamental principles of drying. J. Soc. chem. Ind. 54, 343 (1935). — 27. FLENSBERG: Untersuchungen über die Warmwasserbeize unter besonderer Berücksichtigung des Warmwasserdauerbades. Diss. Braunschweig 1948. Phytopathol. Z. 15, 1 (1949). — 28. FREY-WYSSLING: Stoffwechsel der Pflanzen. Zürich 1949. — 29. FRIETINGER: Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme bei keimenden Samen. Flora [NF] 22, 167 (1927). — 30. FUCHS-BEILER: Über die Heißwasserempfindlichkeit der Karyopsen des Weizens. Ber. dtsh. bot. Ges. 61, 164 (1943). — 31. FUCHS-BEILER: Die Anwendung der biochemischen Methode nach Lakon für die Saatgutprüfung bei heißwasserbeiztem Weizen. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzdienst. NF 2, Heft 7/8 (1948). — 32. VON GALLWITZ: Bericht über die Sitzung über Fragen der Saatgutaufarbeitung und Beizung am 11. 2. 48 in Herford. Landmasch. Inst. Univ. Göttingen 1948 (unveröff.). — 33. GASSNER: Der gegenwärtige Stand der Stimulationsforschung. Ber. dtsh. bot. Ges. 44, 341 (1926). — 34. GASSNER: Die Feststellung der Schädigung des Saatgutes durch Beizmittel. Z. Pflanzenkrankh. 36, 25 (1926). — 35. GASSNER: Neue Wege zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes durch Beizung. Phytopathol. Z. 5, 407 (1933). — 36. GASSNER: Tagesfragen des Pflanzenschutzes in der Britischen Zone. Agrarwiss. Vortragsreihe, Heft 5. Hannover 1947. — 37. GASSNER-KIRCHHOFF: Versuche zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes mittels Benetzungsbeize. Phytopathol. Z. 6, 453 (1933); 7, 271 (1934). — 38. GASSNER-KIRCHHOFF: Zur Frage der Beeinflussung des Flugbrandbefalls durch Umweltfaktoren. Phytopathol. Z. 7, 487 (1934). — 39. GASSNER-KIRCHHOFF: Die Bedeutung der Wasseraufnahme des Weizenkornes, insbesondere des Weizenembryos, für Wirkung und Wirkungsweise der Warmwassertauch- und Benetzungsbeize. Phytopathol. Z. 9, 229 (1936). — 40. GASSNER-KIRCHHOFF: Einige abschließende Versuche über die Wirkung der Warmbenetzungsbeize. Phytopathol. Z. 11, 115 (1938). — 41. GÄUMANN: Pflanzliche Infektionslehre. Basel 1946. — 42. GEIGER: Beitrag zur Kenntnis der Physiologie keimender Samen. I. Einfluß der Quellungsbedingungen auf den Gasaustausch. Jb. wiss. Bot. 69, 331 (1928). — 43. GRACANIN: Über das Verhältnis zwischen der Katalaseaktivität und der Samenvitalität. Biochem. Z. 180, 205 (1927). — 44. GRACE: Phytohormones and seed disinfection. Nature [London] 1938, 77. — 45. GRACE: Effects of phytohormones on seeds damaged by formaldehyd and other disinfectants. Canad. J. Res. 16, Sect C, 313 (1938). — 46. GREVEL: Untersuchungen über das Vorhandensein biologischer Rassen des Flugbrandes des Weizens (*Ustilago tritici*). Phytopathol. Z. 2, 209 (1930) — 47. GROVES: Temperature and life duration. Bot. Gaz. 63, 169 (1917). — 48. HARTMANN: Allgemeine Biologie. Jena 1947. — 49. HECKE: Zur Theorie der Blüteninfektion des Getreides durch Flugbrand. Ber. dtsh. bot. Ges. 23, 248 (1905). — 50. HÖFLER: Über die Austrocknungsfähigkeit des Protoplasmas. Ber. dtsh. bot. Ges. 60, 94 (1942). — 51. HOLLRUNG: Das Lauwasserbad als Entbrandungsmittel. Frühlings Landw. Ztg. 70, 96 (1921). — 52. HÜBNER: Praktikum der landwirtschaftlichen Samenkunde. Wolfenbüttel-Hannover 1947. — 53. HUTCHINSON: The drying of wheat. III. The effect of temperature on germination capacity. J. Soc. chem. Ind. 63, 104 (1944). — 54. HUTCHINSON-BOOTH: The drying of wheat. IV. Phosphatase activity as an index of heat damage in cereals. J. Soc. chem. Ind. 65, 235 (1946). — 55. HUTCHINSON-GREER-THOMAS: Heat damage in cereal seeds. Nature [London] 158, 120 (1946). — 56. ILJIN: Der Einfluß des Welkens auf die Atmung. Flora [NF] 16, 379 (1923). — 57. ILJIN: Über Absterben der Pflanzengewebe durch Austrocknung und über ihre Bewahrung vor dem Trockentode. Protoplasma [D.] 19, 414 (1933). — 58. ILJIN: Lebensfähigkeit der Pflanzenzellen in trockenem Zustand. Planta 24, 742 (1935). — 59. IRAKLINOW: Über den Einfluß des Warmbades auf die Atmung und Keimung ruhender Pflanzen. Jb. wiss. Bot. 51, 515 (1912). — 60. (*) JENSEN: Om Konsorternes Brand (Anden Meddelelse), Kopenhagen 1888, zit. nach GASSNER 1933. — 61. KISSER: Kritische Betrachtungen über das Wesen und den Begriff der Samenkeimung. Biol. Zbl. 52, 534 (1932). — 62. KISSER: Zur Analyse chemischer Reizerfolge auf die Samenkeimung. Beitr. Biol. Pflanzen 20, 59 (1933). — 63. KISSER: Zur Frage nach Beziehungen zwischen Keimschnelligkeit und Geschwindigkeit des Keimlingswachstums. Gartenbauwiss. 8, 336 (1934). — 64. KISSER-POSSNIG: Untersuchungen über den Einfluß gehemmter und geförderter Sauerstoffatmung auf Samenkeimung und Keimlingswachstum. Beitr. Biol. Pflanzen 20, 77 (1933). — 65. KNECHT: Über die Beziehung zwischen Katalaseaktivität und Vitalität in ruhenden Samen. Beih. bot. Zbl. 48, 305 (1931). — 66. KOLKWITZ: Über die Atmung ruhender Samen. Ber. dtsh. bot. Ges. 19, 285 (1901). — 67. KOLTHOFF: Säuren — Basen — Indikatoren. Berlin 1932. — 68. KOUDELKA: Neue Probleme in der Brandpilzfrage. Nachr. Schädlingsbekämpf. 9, 100 (1934). — 69. KRAUSS: Beiträge zur Kenntnis der Keimung und ersten Entwicklung von Landpflanzen unter Wasser. Diss. Kiel 1901. — 70. KULLEN: Über das Verhalten einiger Enzyme bei der Lagerung von Weizen und seinen Mahlprodukten. Diss. Greifswald 1940. Z. Vorratpfl. u. Lebensmittelforsch. 4, 1 (1941). — 71. KURSSANOW: De l'influence de l'*Ustilago tritici* sur la fonctions physiologique du froment. Rev. gén. Bot. 40, 277 (1928); 40, 343 (1928). — 72. (*) KURSSANOV: Die physiologische Rolle der Fermente in der Pflanze. Timirjazew-Gedenkband pflanzenphysiol. Arbeiten (Akad. Wiss. d. USSR) 131 (1941). Ref. in Züchter 17/18, 454 (1946/47). — 73. LAKON: Notiz über die Wirkung des Heißwasserbeizverfahrens auf die Keimfähigkeit der Getreidefrüchte. Z. Pflanzenkrankh. 27, 18 (1917). — 74. LAKON: Über Keimpotenz und labile Keimendenz bei Pflanzensamen, insbesondere bei Getreidefrüchten. Hohenheimer Festschrift z. Feier d. 100jährigen Best. d. Kgl. Württ. Landwirtsch. Hochsch. Stuttgart 1918, 70. — 75. LAKON: Das Schwinden der Keimfähigkeit der Samen, insbesondere der Getreidefrüchte (Vorl. Mitt.). Ber. dtsh. bot. Ges. 57, 191 (1939). — 76. LAKON: Topographischer Nachweis der Keimfähigkeit der Getreidefrüchte durch Tetrazoliumsalze (Vorl. Mitt.). Ber. dtsh. bot. Ges. 60, 299 (1942). — 77. LANG: Die Blüteninfektion bei Weizenflugbrand. Zbl. Bakteriol., Abt. II 25, 86 (1910). — 78. LANG: Zur Ansteckung der Gerste durch *Ustilago nuda*. Ber. dtsh. bot. Ges. 35, 4 (1917). — 79. LEHMANN-AICHELE: Keimungsphysiologie der Gräser. Stuttgart 1931. — 80. MAIER-BODE: Saatgutaufarbeitung. Stuttgart 1947. — 81. MERCK: Bestimmung des Redoxpotentials mit Indikatoren (rH-Messungen). Darmstadt o. J. — 82. MICHAELIS: Oxydations-Reduktions-Potentiale mit besonderer Berücksichtigung ihrer physiologischen Bedeutung. Monogr. a. d. Ges. Geb. d. Physiol. d. Pfl. u. Tiere. 16. Bd. Berlin 1933. — 83. MIGULA: Die Brand- und Rostpilze. Stuttgart 1917. — 84. MOEWUS: Ein neuer quantitativer Test für pflanzliche Wuchsstoffe. Naturwiss. 35, 124 (1948). — 85. MOEWUS: Der Kressewurzeltest, ein neuer quantitativer Wuchsstofftest. Biol. Zbl. 68, 118 (1949). — 86. MOLISCH: Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). S.-B. Akad. Wiss. Wien, mathem.-nat. Kl. I. Abt. 117, 87 (1908); 118, 637 (1909 a). — 87. MOLISCH: Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909 b. — 88. MOORE: Parasitic races of *Ustilago tritici* on spring wheat. Phytopathol. [US] 38, 18 (1948). — 89. (*) MOSHSOV: The influence of water extract of wheat seeds upon their germination and growth. Dep. Bot. Hebrev Univ. Jerusalem Bull. 1, 3 (1937), zit. bei BARTON-SOLT (1948). — 90. MOUNFIELD: The drying of wheat. part I. The further drying of manitoba wheat. J. Soc. chem. Ind. 62, 93 (1943). — 91. MOUNFIELD-HALTON-SIMPSON: The drying of wheat II. part. The drying of english wheat. J. Soc. chem. Ind. 63, 97 (1944). — 92. MÜLLER-THURGAU-SCHNEIDER-ORELLI: Beiträge zur Kenntnis der Lebensvorgänge in ruhenden Pflanzenteilen, I und II. Flora [NF] 1, 309 (1910); 4, 387 (1912). — 93. NEMEC-DUCHON: Peut-on déterminer la valeur des semences par voie biochimique. C. R. hebdom. Séances Acad. Sci. Paris 173, 933 (1921). — 94. NETOLITZKY: Über den Eigenschutz der Samen und Früchte gegen Desinfektionsmittel. Angew. Bot. 9, 415 (1927). — 95. NIETHAMMER: Stimulationsprobleme im Zusammenhang mit den inneren Faktoren, die die Keimung bedingen. Beitr. Biol.

- Pflanzen 16, 267 (1928 a). — 96. NIETHAMMER: Farbstoff- und Salzpermeabilität von Frucht- und Samenschalen. *Biochem. Z.* 197, 245 (1928 b); 209, 263 (1929). — 97. VAN OVERBEEK-OLIVIO-SANTIAGO DE VAZQUEZ: A rapid extraction method for free auxin and its application in geotropic reaction of bean seedlings and sugarcane nodes. *Bot. Gaz.* 106, 440 (1945). — 98. PAPENDIECK: Untersuchungen über die wechselseitigen Beziehungen zwischen Wasserstoffionenkonzentration und Pflanzenkeimlingen. *Botanisches Arch.* 28, 177 (1930). — 99. POHL: Die Abhängigkeit des Wachstums der Avena-Koleoptile und ihrer sogenannten Wuchsstoffproduktion von Auxingehalt des Endosperms. *Planta* 25, 720 (1936). — 100. POHL: Die Problematik der derzeitigen Wuchsstoff-Forschung 1949 (unveröffentlicht). — 101. PORODKO: Über die Absterbebeschwindigkeit der erhitzten Samen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 44, 71 (1926 a); 45, 4 (1927 a). — 102. PORODKO: Einfluß der Temperatur auf die Absterbebeschwindigkeit der Samen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 44, 80 (1926 b). — 103. PORODKO: Zeitlicher Keimungsverlauf der erhitzten Samen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 45, 12 (1927 b). — 104. PRINGSHEIM: Untersuchungen über Samenquellung. I. Die Abhängigkeit der Quellung von der Beschaffenheit des Samens und vom Medium. *Planta* 11, 528 (1930). — II. Die Atmung quellender Samen. *Planta* 15, 419 (1932). — III. Der Atmungsquotient quellender Samen. *Planta* 19, 653 (1933). — 105. RADULESCU: Untersuchungen über die physiologische Spezialisierung bei Flugbrand des Weizens. *Phytopathol. Z.* 8, 253 (1935). — 106. REICHANSTALT für Wetterdienst (Hrsg.): Aspirations-Psychrometer-Tafeln. Braunschweig 1940. — 107. RESÜHR: Grenzen keimungsphysiologischer Methodik. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 57, 315 (1939). — 108. RIEHM: Heißwasserbeize — Physikalische Beizverfahren Sorauer, *Hb. Pfl.-Krankh. VI, 1. Halbband.* Berlin 1939. — 109. RHINE: Divergence of catalase and respiration in germination. *Bot. Gaz.* 78, 46 (1924). — 110. RÖSSLER: Wärmeübergang an nassen Oberflächen. *Naturwiss.* 35, 219 (1948 a). — 111. RÖSSLER: Wärmeübergang an feuchten Oberflächen und Verdunstung. *Bergbau und Energiewirtsch.* 1, 165 (1948 b). — 112. RUDOLFS: Effects of seeds upon hydrogenion concentrations of solutions. *J. agric. Res.* 30, 1021 (1925). — 113. RUGE: Untersuchungen über keimungsfördernde Wirkstoffe. *Planta* 35, 297 (1947). — 114. SCHAUMBURG: Beiträge zur Kenntnis der Bekämpfung des Weizenflugbrandes (Auszug Masch. Schr.). *Diss. Jena* 1924. — 115. SCHRÖCK: Untersuchungen über den Einfluß von Warmbädern auf quellende Samen. *Diss. Greifswald* 1934. — 116. SCHROEDER: Über die selektiv permeable Hülle des Weizenkornes. *Flora* [NF] 2, 186 (1911). — 117. SIERP: Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe aus keimenden Erbsensamen. *Flora* [NF] 18/19, 476 (1925) *Goebelsfestschrift.* — 118. SMITH: The effect of chaff of cereals on germination of seeds and the growth of mold. *J. Amer. Soc. Agronom.* 40, 32 (1948). — 119. SÖDING: Die Ausführung den Wentschen Auxintestes am Tageslicht. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 53, 331 (1935). — 120. STEPHAN: Untersuchungen über das Verhalten der Katalase in Samen. *Jb. wiss. Bot.* 75, 771 (1932). — 121. THIMANN: Vernalisation und Photoperiodismus. *Naturwiss. Rundschau* 2, 314 (1949). — 122. THREN: Zur Frage der physiologischen Spezialisierung des Gerstenflugbrandes und der Entstehung neuer Gerstenflugbrandrassen. *Phytopathol. Z.* 13, 539 (1941). — 123. THUNBERG: Die Methodik der Dehydrogenasen. *Abderh. Hb. Biol. Arb. Meth. IV, Teil 2, Band 2,* 2295 (1936). — 124. TISDALE-TAINE: Infection of barley by *Ustilago nuda* through seed inoculation. *J. agric. Res.* 29, 263 (1924). — 125. VANDERWALLE: Contribution à l'étude du mécanisme de l'action de la chaleur dans la desinfection anti-charboneuse des semences de céréales. *Koninklijke Belgische Acad. Meedelingen v. d. Afdeeling Wetensch.* 5, 21, 759 (1935). — 126. VANDERWALLE-LAROSE: La desinfection à l'eau chaude des semences contre le carbon nu *Ustilago tritici*. *Schaf. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 2. Ser.* 69, 19, 39 (1936). — 127. VEGIS: Über das Fröhrtreiben der Winterknospen von *Hydrocharis morsus ranae* durch hochtemperierte Wasserbäder. *Jb. wiss. Bot.* 75, 726 (1932). — 128. VEGIS: Einfluß tagesperiodischer wechselnder Aufbewahrungstemperatur auf die Streckungsbereitschaft der ruhenden Winterknospen von *Stratiotes aloides*. *Physiol. Plantarum* 1, 216 (1948). — 129. WAENTIG-STECHÉ: Die fermentative Hydroperoxydzerlegung. *Z. physiol. Chem.* 72, 226 (1911). — 130. (*) WALLDÉN: Der Drusch von Weizen und Roggen und sein Einfluß auf die Empfindlichkeit von Beizung und Lagerung (schwed.). *Svering. Utsädesför. Tidskr.* 26, 24 (1916). *Ref. in: Z. Pflanzenkrankh.* 27, 319 (1917). — 131. WARTENBERG: Kälte und Hitze als Todesursache der Pflanze und als Ursache von Pflanzenkrankheiten. *SORAUER, Hb. Pflanzenkrankh. I, 1. Teil,* 475. Berlin 1933. — 132. WÄSER: Temperaturmessungen mit Thermolementen. *Abderh. Hb. Biol. Arb. Meth. Abt. V, Teil I,* 433 (1930). — 133. WECK: Flugbrandbekämpfung bei Wintergerste in Eckendorf. *Nachr. Schädlingsbekämpf.* 13, 93 (1938). — 134. WENT-THIMANN: *Phytohormones.* New York 1937. — 135. WEYLAND-WEHNELT: Beiträge zur Frage der Auswertung und Anwendung pflanzlicher Wuchshormone. *Med. u. Chem.* 4, 368, Berlin 1942. — 136. WÖSTMANN: Der fluoreszensoptische Nachweis von *Ustilago tritici* im Weizenkorn. *Kühn-Archiv* 56, 247 (1942). — 137. ZALESKI-ROSENBERG: Zur Kenntnis der Rolle der Katalase in den Pflanzen. *Biochem. Z.* 33, 1 (1911).

BUCHBESPRECHUNGEN.

HERMANN KUCKUCK und **ALOIS MUDRA**, *Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung.* (Verlag S. Hirzel, Stuttgart 1949. 288 Seiten mit 60 Abb. Preis Halbl. 14,80 DM.)

Wie die Verfasser im Vorwort mit Recht betonen, fehlte bisher den Studierenden sowohl, als auch den an der Pflanzenzüchtung interessierten Kreisen, einschließlich der Saatzuchtleiter ein kurz gefaßtes Lehrbuch der Pflanzenzüchtung. Das vorliegende Buch schließt diese Lücke in ausgezeichnete Weise. In klarverständlicher Sprache werden in kurzer Form alle wichtigen Grundlagen der Pflanzenzüchtung, ihre Anwendung zur Lösung der Zuchtaufgaben und die Erfordernisse des praktischen Zuchtbetriebes behandelt. Trotzdem erschöpfen sich Verf. nicht nur in der Darstellung bereits gelöster Fragen, sondern schneiden ebenfalls solche Arbeitsgebiete an, die sich mit noch nicht abgeschlossenen Problemen befassen, und regen dadurch zu weiteren Versuchen an.

Das Buch ist in vier Teile eingeteilt. Der erste Teil befaßt sich mit der Formenmannigfaltigkeit, ihrer Ursache und ihrer Bedeutung für die Züchtung. Es werden hier der Unterschied zwischen Geno- und Phaenotypus, die Entstehung von Neukombinationen infolge der Mendelspaltungen und die verschiedenen Fortpflanzungsarten mit ihren blütenbiologischen Gegebenheiten be-

handelt. Als weitere Ursache der Formenmannigfaltigkeit befaßt sich der vierte Abschnitt dieses Teiles mit Mutationen. Es wird ein Überblick über die Bedeutung der verschiedenen Mutationsarten für die Züchtung gegeben (Gen-, Genom-, Chromosom-, Plasmon- und Plastidenmutationen). Der Abschluß des ersten Teiles bringt die geographische Verteilung der Formenmannigfaltigkeit auf der Erde; hier findet man die Besprechung der Genzentren, der Landsorten und der Oekotypen.

Während sich also der erste Teil vorwiegend mit der Schaffung des Auslesematerials für den Züchter befaßt, behandelt der zweite Teil die physiologischen Grundlagen der Züchtung. Auch hier werden die für die Züchtung wichtigsten Grundlagen klar herausgestellt, um daran anschließend die sich daraus ergebenden Züchtungsprobleme zu behandeln. Die einzelnen Kapitel sind 1. Wachstum und Stoffbildung, 2. Entwicklung, 3. Klimaresistenz und 4. Krankheitsresistenz. Der Leser findet hier alles Wissenswerte über Keimungsbedingungen, Keimruhe und Ruhestadien, Wuchsstoffe und ihre Anwendungsmöglichkeiten, Assimilation und ihre Abhängigkeit von Licht, Temperatur usw., Periodizität der Entwicklung, Kältebedürfnis und Jarowisationsverfahren, Phasentheorie Lyssenkos, Photoperiodismus, um nur das