

Studien über das Nachreifen des Getreides

Autor(en): **Koblet, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **53A (1943)**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-676352>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Studien über das Nachreifen des Getreides.

Von *Rudolf Koblet*.

(Aus der Eidg. landw. Versuchsanstalt, Abt. Samenkontrolle, Zürich-Oerlikon.)

Eingegangen am 14. April 1942.

1. Einleitung.

Im reifenden Getreidekorn vollzieht sich Hand in Hand mit der fortschreitenden Austrocknung eine weitgehende Umwandlung der löslichen wanderungsfähigen Verbindungen in unlösliche hochmolekulare Reservestoffe. Das Endosperm des vollreifen Korns stellt gewissermaßen eine Trockenkonserve dar, eine auf engem Raum zusammengepackte Nahrungsreserve, welche für die im Embryo angelegte junge Pflanze Kohlehydrate, stickstoffhaltige Verbindungen, Vitamine usw. in haltbarer Form bis zum Zeitpunkt der Keimung aufspeichert. Die gut getrockneten Getreidekörner gehören zu den haltbarsten und lagerfähigsten Vorräten, die sich der Mensch für die ungünstige Jahreszeit und für schlechte Zeiten zurücklegt.

Trotz der guten Beständigkeit der im Getreidekorn eingelagerten Reservestoffe macht auch das vollreife, trockene Korn gewisse Veränderungen durch. Am besten untersucht sind die Änderungen im physiologischen Verhalten der Getreidefrüchte: man weiß, daß das Getreide unmittelbar nach der Ernte nur unvollständig und zögernd keimt, und daß zur Erlangung der « vollen Keimreife » eine gewisse Lagerungszeit erforderlich ist. Im weiteren wird immer wieder darauf hingewiesen, daß gelagerter Weizen sich besser als das frisch geerntete Produkt zu Mehl und Brot verarbeiten läßt.

Über die nach der Ernte vor sich gehenden stofflichen Umsetzungen liegen nur verhältnismäßig wenige Untersuchungen vor. Wir erwähnen die Arbeiten von *Schjerner*, *Reichard* und *Lüers* über die Veränderungen der stickstoffhaltigen Verbindungen und die Untersuchungen von *Windisch* und *Kießling* über die Diastasewirkung frischgeernteter und gelagerter Getreidekörner. Aus diesen Arbeiten, auf die wir später zurückkommen werden, geht hervor, daß die während des Ausreifens auf dem Halm beobachteten synthetischen Prozesse nach der Ernte vielfach noch eine gewisse Fortsetzung erfahren, besonders dann, wenn in einem Zeitpunkt geschnitten wird, in dem die Aufbauprozesse noch nicht ganz zum natürlichen Abschluß gelangt sind. Gewissen Veränderungen unterliegt auch meistens die Aktivität der Enzyme, doch lassen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse

keinen eindeutigen Schluß über die Richtung dieser Änderungen und ihre Beziehungen zum physiologischen Verhalten der Getreidefrüchte zu.

Der Verfasser hat in den letzten 5 Jahren eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, mit dem Ziel, näheren Aufschluß über die im Weizenkorn nach der Ernte vor sich gehenden Veränderungen zu gewinnen. Er suchte die bereits vorliegenden Kenntnisse zu erweitern durch die Feststellung der Veränderungen im Zuckergehalt, eine etwas eingehendere Analyse der löslichen Stickstoffverbindungen und durch die Prüfung der Aktivität der eiweißspaltenden Enzyme. Unser Interesse galt im weiteren der Frage, ob das auf übliche Weise im Garbenstock eingelagerte Material dieselben Veränderungen durchmacht wie die unmittelbar nach der Ernte vom Stroh getrennten und hernach trocken aufbewahrten Körner.

2. Die Keimung frischgeernteter und gelagerter Getreidekörner.

Die verzögerte Keimung frischgeernteter Getreidekörner ist so oft beschrieben worden, daß wir uns auf einige wenige Angaben beschränken können. Als typisches Beispiel ist in Tabelle 1 der Keimungsverlauf einer Plantahofweizenprobe angeführt. Unmittelbar nach der Ernte ging die Keimung bei 25° C äußerst schleppend vor sich. Nach 15tägiger Lagerung setzte der Keimungsprozeß bereits etwas rascher ein; zwei Monate nach der Ernte keimten schon in 7 Tagen 99 % der angesetzten Körner aus. Die in Tabelle 1 zusammengestellten Versuchsergebnisse demonstrieren im weiteren die zuerst von A t t e r b e r g (1907) beschriebene Erscheinung, daß nicht oder ungenügend nachgereiftes Getreide durch tiefe Temperaturen zur Keimung angeregt wird. Bei 5,5° C keimten in 14 Tagen 96 % der frischgeernteten Körner aus. Dasselbe Re-

Tabelle 1.

Keimung von frischgeerntetem und gelagertem Weizen.
Plantahofweizen von Kalchrain, geerntet am 29. Juli 1937.

Datum des Versuchs- beginns	Keimungstemperatur	Keimungsergebnis in % nach				
		4	7	14	26	40
		Tagen				
1. August .	dauernd 25° C	0	1	3	14	80
16. August .	dauernd 25° C	2	23	55	90	—
30. August .	dauernd 25° C	38	86	95	—	—
4. Oktober .	dauernd 25° C	93	99	—	—	—
1. August .	dauernd 5,5° C	—	—	96	98	—
1. August .	3 Tage 5,5° C, dann 25° C	—	97	98	—	—
1. August .	8 Tage 25° C, dann 3 Tage 6° C, dann 25° C	0	1	98	98	—

Tabelle 2.

Keimung von Weizenkörnern bei der Ernte und nach der Einlagerung im Garbenstock.

I. *Material der Aussaat vom 10. März 1938.* Geerntet vollreif am 6. August 1938, bis 16. August an Puppen aufgestellt. Eine Durchschnittsprobe wurde sofort gedroschen und die Körner im trockenen Zimmer aufbewahrt. Eine weitere Probe wurde bis Anfang Oktober im Garbenstock von Fritz Koblet in Eidberg eingelagert und am 10. Oktober 1938 in Oerlikon gedroschen. Vorgenommene Temperaturmessungen ließen keine Erhitzung des Garbenstockes erkennen.

II. *Material der Aussaat vom 9. April 1938.* Geerntet gelbreif am 11. August 1938, bis 16. August an Puppen aufgestellt. Weitere Behandlung wie bei I.

Keimung bei Zimmertemperatur.

Versuchsserie	Zeitpunkt der Untersuchung; Art der Aufbewahrung	Huronweizen					Marquis-Weizen				
		Keimungsergebnisse in % nach Tagen					Keimungsergebnisse in % nach Tagen				
		4	10	20	30	60	4	10	20	30	60
Aussaat vom 10. 3. 1938	6. 8.38	31,8	51,2	55,2	58,5	65,8	28,5	55,5	61,5	64,5	68,5
	16. 8.38	42,0	69,5	76,0	79,5	82,5	18,8	64,8	85,8	90,2	95,0
	21.10.38	95,8	98,8	—	—	—	62,8	97,5	98,8	—	—
	21.10.38	98,0	98,2	—	—	—	96,0	98,2	—	—	—
	12. 8.38	12,8	40,8	60,5	68,2	73,8	4,0	23,8	30,2	74,8	89,2
Aussaat vom 9. 4. 1938	16. 8.38	37,0	61,2	66,2	69,5	73,2	17,2	39,2	60,2	70,0	78,2
	21.10.38	90,8	97,2	97,5	—	—	64,8	91,0	93,0	94,0	95,8
	21.10.38	95,5	96,8	—	—	—	90,2	93,2	—	—	—

sultat wurde schon in 7 Tagen erzielt, wenn die Samen während 3 Tagen bei 5,5° C vorbehandelt und hernach in den Thermostaten von 25° C übertragen wurden. Die günstige Wirkung der Kühlbehandlung kam auch dann noch voll zur Geltung, wenn die Körner unmittelbar nach der Ernte zunächst warm eingekeimt und erst später der tiefen Temperatur ausgesetzt wurden.

In Tabelle 2 ist das Keimungsverhalten von vier auf verschiedene Art aufbewahrten Weizenposten dargestellt. Wir beobachten auch hier unmittelbar nach dem Schnitt einen schleppenden Keimungsverlauf. Nach dem Nachtrocknen an den Puppen erfolgte die Keimung meistens etwas rascher; doch wurde die normale Keimschnelligkeit bei weitem nicht erreicht. Das im Garbenstock eingelagerte Material keimte langsamer als die gleichzeitig (nach zirka zweimonatiger Lagerung) geprüften Körner der sofort nach der Ernte gedroschenen Proben; besonders deutlich machte sich diese Verzögerung bei den beiden Posten von

Tabelle 3.

Keimungsverlauf von Strickhofweizen der Landwirtschaftlichen Schule Strickhof, Ernte 1941.

Die Proben entstammen verschiedenen Parzellen eines Düngungsversuches; sie unterscheiden sich namentlich durch ihren Gehalt an Rohprotein. Von jeder Parzelle wurde am 18. August eine Durchschnittsarbe dem Garbenstock von A. Meier, Watt, einverleibt. Die Garben verblieben dort bis am 27. November. Eine Erhitzung des Stockes konnte nicht nachgewiesen werden. Für die Aufbewahrung im Zimmer diente das Druschergebnis entsprechender, am 15. August gedroschener Durchschnittsarben. Keimungstemperatur 25° C.

Probe	Behandlung der Proben	Unter- suchungs- beginn	Keimungsergebnisse in % in Tagen				
			2	4	10	30	41
Nr. 1	Sofort nach der Ernte	12. 8.	—	2	6	87	97
	Aufbewahrt im Zimmer	11.12.	77	100	—	—	—
	Gelagert im Garbenstock	11.12.	19	80	91	98	98
Nr. 2	Sofort nach der Ernte	12. 8.	—	4	13	81	99
	Aufbewahrt im Zimmer	11.12.	82	99	—	—	—
	Gelagert im Garbenstock	11.12.	19	82	91	96	96
Nr. 3	Sofort nach der Ernte	12. 8.	—	2	7	83	98
	Aufbewahrt im Zimmer	11.12.	67	100	—	—	—
	Gelagert im Garbenstock	11.12.	13	73	93	97	97
Nr. 4	Sofort nach der Ernte	12. 8.	—	1	8	79	98
	Aufbewahrt im Zimmer	11.12.	67	96	97	—	—
	Gelagert im Garbenstock	11.12.	13	70	88	97	97
Nr. 5	Sofort nach der Ernte	12. 8.	—	2	5	72	98
	Aufbewahrt im Zimmer	11.12.	64	98	99	—	—
	Gelagert im Garbenstock	11.12.	5	43	66	86	88

Marquis-Weizen geltend. Die Nachreifeprozesse gingen also offenbar im Garbenstock langsamer vor sich als bei der Aufbewahrung im trockenen Zimmer.

Zu ähnlichen Ergebnissen führte eine mit Strickhofweizen der Ernte 1941 durchgeführte Versuchsserie (Tabelle 3). Hier machte sich vier Monate nach der Ernte bei allen Garbenstockproben im warmen Keimbett noch eine deutliche Verzögerung der Keimung geltend. Daß dieser schleppende Verlauf mit dem ungenügenden Nachreifen und nicht etwa mit einer Schädigung der Keimkraft zusammenhängt, geht daraus hervor, daß die bei 25° C am langsamsten keimende Probe Nr. 5 bei 10° C in acht Tagen eine Keimfähigkeit von 96 % ergab.

Die im Garbenstock lagernden Proben wiesen einen höhern Wassergehalt auf als das sofort gedroschene und hernach trocken aufbewahrte Material. Zwei der im Garbenstock eingelagerten Strickhofweizenproben der Ernte 1941 zeigten kurz nach der Entnahme aus dem Stock Wassergehalte von 16,3 % bzw. 17,3 %, während in den entsprechenden im Zimmer gelagerten Proben der Feuchtigkeitsgehalt bereits auf 12,2 % bzw. 12,5 % zurückgegangen war. Ähnliche Unterschiede wurden auch im Jahre 1938 beobachtet (vgl. Tabelle 4). Da die Nachreifevorgänge nach allgemeiner Ansicht durch Austrocknung gefördert werden, liegt die Annahme nahe, daß das verzögerte Keimen unserer Garbenstockproben in erster Linie mit der langsameren Wasserabgabe im Garbenstock zusammenhängt.¹

Zu andern Ergebnissen führte ein von K i e ß l i n g (1906) mit zwei Gerstensorten durchgeführter Lagerungsversuch. Die mitten in einem Garbenstock in Weihenstephan « eingebanste » Gerste der Ernte 1901 keimte nämlich nach dem im folgenden Januar erfolgten Drusch rascher als die sofort nach der Ernte gedroschenen und hernach im geheizten Arbeitszimmer aufbewahrten Parallelproben. Das andersgeartete Verhalten unserer Weizenproben ist wohl die Folge abweichender Lagerungsbedingungen. Diese können natürlich ganz allgemein, je nach den Verhältnissen, recht verschieden sein. Neben der ungleichen Feuchtig-

¹ Die Nachreifungsprozesse gehen zwar, wie u. a. Hotter (1892), Kießling (1906 a) und Heinrich (1917) nachgewiesen haben, in gewissem Umfang auch in feuchtem Getreide vor sich; andererseits wissen wir aber aus vielen Untersuchungen, daß künstliches Austrocknen die Keimung von frischem Getreide fördert (Literatur bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 291). Bei der üblichen Art der Trocknung an der Wärme ist zwar die erhöhte Temperatur an der keimungsfördernden Wirkung in starkem Maße mitbeteiligt (Kießling, 1911). Daß aber der Wasserentzug an sich, d. h. ohne Temperaturerhöhung, die Keimungsbereitschaft ebenfalls erhöht, haben schon die Versuche von Hiltner (1901) über den Einfluß der Trocknung im Vakuum oder über Schwefelsäure gezeigt. Neuere Untersuchungen von Kretovich, Sokolova und Ushakova (1940) bestätigen die keimungsfördernde Wirkung der Trocknung von frischgeerntetem Weizen über Schwefelsäure.

keit wird der von Fall zu Fall wechselnde Temperaturverlauf im Garbenstock von Bedeutung sein, denn wir wissen aus den unter andern Gesichtspunkten durchgeführten Untersuchungen von A. H. L a r s o n , H a r v e y und J. L a r s o n (1936) und V o s s (1940), daß tiefe Aufbewahrungstemperaturen die Keimruhe *ungequollener* Getreidekörner verlängern, während durch hohe Temperaturen, wie K i e ß l i n g (1911) nachgewiesen hat, die Keimungsgeschwindigkeit frischer Getreidekörner verbessert wird. Im übrigen könnte auch der Kohlensäuregehalt der im Innern des Stockes enthaltenen Luft von Bedeutung sein. Nach K i e ß l i n g (1911) scheint nämlich das Nachreifen des Getreides in kohlen-säurereicher Atmosphäre eine gewisse, wenn auch nur schwache Verzögerung zu erfahren. Es ist daher zu erwarten, daß die Keimruhe je nach dem Feuchtigkeitsgehalt des Garbenstockes, dem Verlauf der Temperatur und der Intensität der Kohlensäureproduktion rascher oder langsamer abklingen wird. Übrigens trat auch bei unsern Garbenstockproben der Keimverzug nur bei hohen Keimungstemperaturen in Erscheinung. Nach allgemeiner Erfahrung laufen solche Proben bei der Aussaat im Freiland — unter den zur Zeit der Winterweizensaat herrschenden tieferen Bodentemperaturen — ebenso rasch auf wie « völlig keimreifes » Saatgut, bei welchem auch im warmen Keimbett keine Keimungshemmungen mehr nachweisbar sind.

3. Der Zuckergehalt frischgeernteter und gelagerter Weizenkörner.

Da die Atmung auch in trockenen Samen in schwachem Ausmaße vor sich geht, ist zu erwarten, daß der im Getreidekorn enthaltene Zucker als leichtzugänglicher Reservestoff während der Lagerung gewisse Veränderungen erleidet. Aus den in den Tabellen 4 und 5 zusammengestellten Untersuchungsergebnissen (betr. Untersuchungsmethode vgl. K o b l e t , 1940) ist in der Tat ersichtlich, daß unmittelbar nach der Ernte ein gewisser Rückgang des Zuckergehaltes eintritt. Besonders deutlich macht sich diese Abnahme beim gelbreif geernteten Weizen geltend. So ging der Zuckergehalt des gelbreif geernteten Huronweizens im Jahre 1938 während des fünftägigen Nachtrocknens an den Puppen von 2,57 auf 2,40 %, im Jahre 1939 innert vier Tagen von 2,38 auf 2,21 % zurück. Die Verminderung des Zuckergehaltes ist jedenfalls eine Folge der mit dem hohen Wassergehalt zusammenhängenden starken Atmung; wir haben einen noch stärkeren Rückgang nach der Gelbreife bei stehendem Weizen beobachtet, wenn regnerisches Wetter das rasche Austrocknen der Körner verhinderte (K o b l e t , 1940, S. 142).

Verhältnismäßig geringfügig sind die späteren Veränderungen, und zwar sowohl im Garbenstock als auch bei trockener Aufbewahrung des sofort nach der Ernte gedroschenen Materials. Während der zweijährigen Lagerung vom Oktober 1938 bis im Oktober 1940 waren über-

Tabelle 4.

Zuckergehalt von Huronweizen, Oerlikon, Ernte 1938.
 Betreffend Einzelheiten über Ernte und Lagerung siehe Tabelle 2.

	I. Aussaat vom 10.3.38 (Ernte in der Vollreife)			II. Aussaat vom 9.4.38 (Ernte in der Gelbreife)		
	H ₂ O-Gehalt in % des Frischgewichtes	Gesamtzucker, als Rohrzucker berechnet, in % der Trockensubstanz	pH im wäßrigen Auszug	H ₂ O-Gehalt in % des Frischgewichtes	Gesamtzucker, als Rohrzucker berechnet, in % der Trockensubstanz	pH im wäßrigen Auszug
Unmittelbar nach dem Schnitt . . .	16,5	3,11	6,37	34,1	2,57	6,29
Nach dem Nachtrocknen an den Puppen	17,7	3,02	6,38	18,6	2,40	6,37
Nach Einlagerung im Garbenstock .	15,4	2,96	6,37	15,2	2,28	6,38
Sofort gedroschenes Material nach 2 Monaten trockener Lagerung .	—	2,93	6,36	13,9	2,31	6,36
Dito, nach weiteren 2 Jahren trockener Lagerung	11,6 ¹	2,98	6,35	11,6 ¹	2,31	6,33

¹ Wassergehaltsbestimmung vom 24.9.41.

haupt keine Verschiebungen im Zuckergehalt mehr nachweisbar. Dieser Befund erscheint auf den ersten Blick überraschend; denn es ist zu vermuten, daß die Atmung im trockenen Getreidekorn in erster Linie auf Kosten des noch vorhandenen Zuckers erfolgen wird. Dies dürfte insbesondere für den Embryo zutreffen, welcher einen relativ großen Zuckervorrat besitzt und auch bedeutend stärker atmet als das Endosperm. Nun zeigen aber die von Kolkwitz (1901), Bailey und Gurjar (1918) und andern Autoren durchgeführten Messungen, daß die Kohlensäureabgabe von Getreidekörnern bei Wassergehalten von 15 % und weniger außerordentlich schwach ist. So berechnet sich der jährliche Verbrauch an Atmungsmaterial, auf Glykose bezogen, nach den Zahlen von Bailey und Gurjar für Weizen von rund 15 % Feuchtigkeit bei Zimmertemperatur auf 0,095 % der Trockensubstanz; nach den Versuchen von Kolkwitz würde der jährliche Atmungsverlust von Gerste bei einem Wassergehalt von 14—15 % nur 0,035 %, bei 10—12 % Wasser sogar nur 0,01 % des Korngewichtes ausmachen. Es ist demnach verständlich, daß bei unserem Material, das im Oktober 1938 etwa 14 %, im Herbst 1941 sogar weniger als 12 % Wasser enthielt, während der erwähnten zweijährigen Periode keine meßbare Verminderung des Zuckergehaltes eintrat.

Leavitt und Le Clerc (1909) beobachteten bei Weizen, der während zwei Jahren aufbewahrt wurde, eine Zunahme des Zucker-

Tabelle 5.

Zuckergehalt und Azidität von Huronweizen, geerntet 1939 im Versuchsfeld Oerlikon.

	Gesamtzucker als Rohrzucker berechnet in % der Trocken- substanz	pH im wässrigen Auszug
<i>I. Geerntet am 11.8.39 im Stadium der Gelbreife.</i>		
Sofort nach dem Schnitt	2,38	6,23
Nach 4tägigem Nachtrocknen	2,21	6,31
Vom 15.8. bis 14.11.39 im Garbenstock in Watt, am 8.1.40 gedroschen	2,09	6,33
<i>II. Geerntet am 15.8.39 (größtenteils vollreif).</i>		
Sofort nach dem Schnitt	2,28	6,28
Vom 15.8. bis 14.11.39 im Garbenstock in Watt, am 8.1.40 gedroschen	2,25	6,31

gehaltenes; gleichbehandelte Proben von Mais, Gerste und Hafer verloren dagegen im Laufe der Lagerung einen bedeutenden Teil des ursprünglich vorhandenen Zuckers. Es ist anzunehmen, daß in unsern Versuchen die günstigen Lagerungsbedingungen — die Aufbewahrung von relativ kleinen Proben im trockenen Zimmer erweist sich auch in bezug auf die Erhaltung der Keimfähigkeit stets als günstiger als die Lagerung in großen Posten — die Erhaltung des Zuckervorrates begünstigten.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß auch die Azidität während der Lagerung nur geringe Veränderungen erfahren hat (Kolonne 3 und 6 von Tabelle 4 und letzte Kolonne von Tabelle 5)¹. Ein etwas niedriger pH-Wert konnte einzig bei den gelbreif geernteten Proben festgestellt werden; diese Abweichung war aber schon nach 4- bzw. 5tägigem Nachtrocknen auf dem Feld nicht mehr nachweisbar. Die Abnahme der Wasserstoffionenkonzentration beim Nachtrocknen von gelbreif geschnittenem Getreide hängt ohne Zweifel mit Aufbauprozessen zusammen, welche hier in schwachem Ausmaß weitergehen (vgl. Lüers, 1920). Die während der Lagerung festgestellten Veränderungen bewegen sich im allgemeinen innerhalb der Fehlergrenzen; einzig bei dem während zwei Jahren aufbewahrten Material der Aussaat vom 9. April 1938 scheint eine gewisse Zunahme der Azidität eingetreten zu sein.

Sharp (1924) untersuchte den Einfluß verschiedener Lagerungsbedingungen auf das pH von Marquis-Weizen; er konstatierte bei höheren Temperaturen (22° C bzw. 35° C) unter normalen Feuchtigkeitsverhältnissen ein deutliches Ansteigen der Wasserstoffionenkonzentration im Laufe eines Jahres. Eine bedeutende Zunahme der Azidität hat Slusanschi (1939) bei rumänischem Mais von über

¹ Die Bestimmung des pH erfolgte mit der Wasserstoffelektrode im wässrigen Auszug, hergestellt durch Suspension von 20 g Mehl vakuumgetrockneter Körner mit 50 cm³ destilliertem Wasser.

13 % Feuchtigkeit festgestellt und als Anzeichen für lebhaft chemische Zersetzungsprozesse gedeutet. Solche Prozesse machten sich offenbar bei unserem Material, unter den überaus günstigen Lagerungsbedingungen, nur ganz schwach oder überhaupt nicht bemerkbar.

4. Die Veränderung der stickstoffhaltigen Verbindungen.

Die Bestimmung der verschiedenen Stickstofffraktionen erfolgte nach den in einer früheren Arbeit (K o b l e t, 1940, S. 166) beschriebenen Methoden. In Anbetracht der Gleichförmigkeit der Untersuchungsergebnisse wurden die wässerigen Extrakte zur Bestimmung der löslichen Stickstoffverbindungen in der Regel nicht doppelt hergestellt. Die Van-Slyke-Bestimmungen wurden aber auch hier ausnahmslos wiederholt. Von der Bestimmung des präformierten Ammoniaks wurde abgesehen, da diese Fraktion nach unsern früheren Beobachtungen in reifen Weizenkörnern höchstens in Spuren vorkommt. Meinem Kollegen Dr. G e e r i n g danke ich auch an dieser Stelle für die Durchführung der Kjeldahl-Bestimmungen bestens.

An den Untersuchungsergebnissen (Tabellen 6 und 7) springt vor allem die große Gleichförmigkeit des Gehaltes an löslichen N-Verbindungen in die Augen. Beim gelbreif geernteten Material macht sich während des Nachtrocknens auf dem Feld ein schwacher Rückgang des Nichteiweiß-N, des Amino-N und des Amid-N geltend. Hier hat allem Anschein nach auf Kosten der löslichen Stickstoffkörper ein gewisser Aufbau höhermolekularer Verbindungen stattgefunden, ein Vorgang, der auch beim stehenden Getreide während des Übergangs von der Gelbreife zur Vollreife beobachtet werden kann (K o b l e t, 1940, S. 178). Die Umwandlung wanderungsfähiger Stoffe in unlösliche Verbindungen, ein für das wachsende und reifende Getreidekorn charakteristischer Vorgang, geht demnach beim gelbreif geernteten Getreide auch nach dem Schnitt noch in geringem Umfang weiter. Beim Huronweizen der Ernte 1939 scheint während der Einlagerung im Garbenstock eine schwache Zunahme des Gehaltes an Nichteiweiß-N und Amid-N eingetreten zu sein. Abgesehen von diesen geringfügigen Verschiebungen weisen die verschiedenen untersuchten Fraktionen des löslichen Stickstoffs während der Lagerung im Garbenstock und während der über zwei Jahre sich erstreckenden trockenen Aufbewahrung überhaupt keine nachweisbaren Veränderungen auf. Bemerkenswerterweise blieb der Gehalt an löslichen Eiweißstoffen, d. h. der in kaltem Wasser löslichen, durch Tannin fällbaren Stickstoffverbindungen, während der Lagerung ebenfalls völlig unverändert.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen stehen in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen, welche S c h j e r n i n g (1906) nach ganz anderer Methodik bei der Gerste gemacht hat. S c h j e r n i n g

Tabelle 6.

Gehalt des Huronweizens der Ernte 1938 an Stickstoffverbindungen.

(Bezogen auf die Trockensubstanz.)

Betreffend Behandlung des Körnermaterials siehe Tabelle 2.

	Gesamt- N %	Eiweiß- N %	Lös- licher Eiweiß- N %	Nicht- eiweiß- N %	Amid- N %	Amino- N %
<i>1. Aussaat vom 10.3.38, geerntet in der Vollreife.</i>						
Unmittelbar nach dem Schnitt . . .	2,27	2,19	0,32	0,081	0,010	0,028
Nach dem Nachtrocknen an den Puppen	2,39	2,31	0,33	0,082	0,010	0,023
Nach Einlagerung im Garbenstock . .	2,31	2,23	0,32	0,081	0,010	0,018
Sofort gedroschenes Material nach 2 Monaten trockener Lagerung . .	2,37	2,29	0,32	0,084	0,011	0,026
Dito, nach weiteren 2 Jahren trockener Lagerung	2,36	2,28	0,32	0,083	0,010	0,025
<i>2. Aussaat vom 9.4.38, geerntet in der Gelbreife.</i>						
Unmittelbar nach dem Schnitt . . .	2,65	2,56	0,31	0,095	0,012	0,023
Nach dem Nachtrocknen an den Puppen	2,70	2,62	0,33	0,083	0,009	0,016
Nach Einlagerung im Garbenstock . .	2,66	2,58	0,34	0,081	0,010	0,018
Sofort gedroschenes Material nach 2 Monaten trockener Lagerung . .	2,69	2,60	0,33	0,086	0,008	0,023
Dito, nach weiteren 2 Jahren trockener Lagerung	2,69	2,61	0,34	0,082	0,008	0,020

stellte bei gelbreif geernteter Gerste zu Beginn der Lagerung regelmäßig einen Rückgang des Gehaltes an löslichen Stickstoffverbindungen fest, während bei dem in der Vollreife geschnittenen Material keine oder nur eine geringe Abnahme eintrat. Demgegenüber fand L ü e r s (1920) nicht nur während des Übergangs von der Gelb- zur Vollreife, sondern auch bei der Lagerung von vollreifem Getreide meistens noch eine gewisse Abnahme der durch Formoltitration erfaßten Stickstoffverbindungen. Bei diesen Proben, die sich zum Teil durch höheren Wassergehalt von den unsrigen unterscheiden, machten sich demnach auch nach erlangter Vollreife noch synthetische Vorgänge geltend. R e i c h a r d (1918) stellte bei Lagerungsversuchen mit Gerste ebenfalls eine Abnahme des durch Formoltitration ermittelten Gehaltes an Aminosäuren fest; der Rückgang war namentlich in den ersten Wochen nach der Ernte sehr beträchtlich.

Tabelle 7.

Gehalt des Huronweizens der Ernte 1939 an Stickstoffverbindungen.
(Bezogen auf die Trockensubstanz.)
Betreffend Behandlung des Materials vergl. Tabelle 5.

	Gesamt- N %	Eiweiß- N %	Lös- licher Eiweiß- N %	Nicht- eiweiß- N %	Amid- N %	Amino- N %
<i>I. Geerntet in der Gelbreife.</i>						
Sofort nach dem Schnitt	2,78	2,68	0,33	0,104	0,011	0,032
Nach dem Nachtrocknen	2,77	2,68	0,34	0,089	0,009	0,021
Nach Einlagerung im Garbenstock . .	2,81	2,71	0,36	0,098	0,014	0,026
<i>II. Geerntet in der Vollreife.</i>						
Sofort nach dem Schnitt	2,85	2,76	0,35	0,094	0,010	0,030
Nach Einlagerung im Garbenstock . .	2,91	2,81	0,34	0,102	0,016	0,030

Trotz der etwas eingehenderen Differenzierung bei der Untersuchung der Stickstoffverbindungen lassen auch unsere Versuchsergebnisse keine Veränderungen erkennen, welche die erhöhte Keimungsbereitschaft der gelagerten Getreidekörner irgendwie zu erklären vermöchten. *Die beobachteten Verschiebungen im Gehalt an löslichen N-Verbindungen*, welche bei unsern Versuchen höchstens kurz nach dem Schnitt, bei ähnlichen Untersuchungen anderer Autoren dagegen teilweise während längerer Zeit und stärker in Erscheinung traten, sind als Fortsetzung bzw. als letztes Ausklingen der während des Ausreifens auf dem Feld sich abspielenden Stoffumwandlungen zu deuten.

5. Die proteolytische Aktivität frischgeernteter und gelagerter Weizenkörner.

Es ist schon verschiedentlich versucht worden, das Nachreifen des Getreides mit Veränderungen in der Aktivität reservestoffabbauender Enzyme in Beziehung zu bringen. Brown und Morris (1890) stellen fest, daß das Schildchenepithel des frischen, noch nicht ausgetrockneten Gerstenkorns keine auf Stärkekörner einwirkende Enzyme ausscheidet. Sie bringen diese Beobachtung in Beziehung zur unvollkommenen Keimung von Gerstenproben, deren ursprüngliche Feuchtigkeit nicht durch natürliche oder künstliche Trocknung entfernt worden ist. Die wiederholt geäußerte Vermutung, daß die erhöhte Keimungsbereitschaft von gelagertem Getreide eine Folge der gesteigerten Diastasewirkung sei, hat sich indessen nicht bestätigt. So fanden Windisch und Biskhoff (1909), welche ein sehr großes Material durchprüften, nur bei einem Teil der getrockneten und gelagerten

Gerstenproben eine gegenüber den ungetrockneten Vergleichsproben erhöhte diastatische Kraft. K i e ß l i n g (1911) beobachtete bei Gerstenproben des Jahrgangs 1908 kurz nach der Ernte ein viel stärkeres Verzuckerungsvermögen der Extrakte als später; der Rückgang der diastatischen Kraft machte sich bis gegen das Ende des ersten Lagerungsmonats geltend. Auch am Material des Jahrgangs 1910 konnte « keine dem Wachsen der Keimkraft entsprechende Zunahme der diastatischen Kraft konstatiert werden ».

W i n d i s c h und B i s c h k o p f f (1909) ließen Schrot von ungetrockneten sowie von getrockneten und gelagerten Gersten auf Thymogelatine einwirken und verwendeten die Geschwindigkeit, mit der die Gelatine sich verflüssigte, als Maß für die proteolytische Wirksamkeit der Proben. Ähnlich wie für die Diastasewirkung stellten die genannten Autoren auch hier bei den getrockneten und gelagerten Proben teilweise eine geringere, teilweise eine erhöhte verflüssigende Kraft fest. L ü e r s (1920) unterwarf das Mehl von Getreidekörnern verschiedenen Reifegrades kurz nach der Ernte und nach zweimonatiger Aufbewahrung einer dreistündigen Autolyse bei 50° C und ermittelte die eingetretene Zunahme an Aminosäuren mit Hilfe der Formoltitration. Er beobachtete im vollreifen Getreide in vielen Fällen eine geringere Spaltungswirkung als in den gelbreif geernteten Proben; während der anschließenden zweimonatigen Lagerung machte sich dagegen bei der Mehrzahl der Proben eine Zunahme der proteolytischen Aktivität bemerkbar. R e i c h a r d (1918) untersuchte nach ähnlicher Methodik eine größere Zahl verschieden lang aufbewahrter Gerstenproben und fand dabei die stärkste Spaltungswirkung bei den im November geprüften Proben. Auch diese Feststellungen, denen allerdings nicht ein eigentlicher Lagerungsversuch, sondern die durchschnittlichen Untersuchungsergebnisse von Proben wechselnder Herkunft zugrunde liegen, deuten auf eine Zunahme der proteolytischen Aktivität in der ersten Zeit nach der Ernte hin.

Im Hinblick auf die Bedeutung, die den eiweißspaltenden Enzymen sowohl für den Keimungsprozeß als auch für die Teig- und Brotbereitung zukommt, erschien uns eine eingehende Untersuchung der Aktivität dieser Enzyme angezeigt. Wir suchten dabei die Aktivität der Proteinase, welche die intakten Eiweißkörper angreifen, für sich allein zu erfassen, das heißt unabhängig von der Wirkung der Peptidasen, welche die Spaltprodukte (Polypeptide und dergleichen) weiter abbauen und in die einfachen Bausteine zerlegen. Die Bestimmung erfolgte nach der früher beschriebenen Methode (vgl. K o b l e t , 1940). Als Maß für die Proteinaseaktivität wurde die Spaltungswirkung essigsaurer Extrakte auf Edestin ermittelt. Dabei wurde das pH des Reaktionsgemisches so eingestellt, daß mit einem nennenswerten Einfluß der in den Extrakten enthaltenen Peptidasen nicht gerechnet werden mußte.

Tabelle 8.

Proteolytische Aktivität von frischgeerntetem und gelagertem Weizen der Ernte 1938. Spaltungswirkung der essigsauren Extrakte auf Edestin. pH der Ansätze 4,2. In den Reaktionsgemischen « mit Aktivatorzusatz » wurden auf 18 cm³ Gesamtvolumen 0,6 cm³ m/6 Cystein-HCl-Lösung zugesetzt.

Versuchsserie	Zeitpunkt der Untersuchung; Art der Aufbewahrung (nähere Angaben finden sich in Tab. 2)	Aziditätszunahme in cem n/10 KOH während 22-stündiger Proteolyse bei 40° C, berechnet pro Gramm Körnertrockensubstanz					
		Huronweizen			Marquis-Weizen		
		Ansatz ohne Aktivatorzusatz	Ansatz mit Aktivatorzusatz	Ansatz ohne Aktivatorzusatz	Ansatz mit Aktivatorzusatz	Ansatz ohne Aktivatorzusatz	Ansatz mit Aktivatorzusatz
Aussaat vom 10. 3. 1938 Ernte in der Vollreife	Unmittelbar nach dem Schnitt	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6
	Nach dem Nachtrocknen an den Puppen	1,7	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8
	Nach Einlagerung im Garbenstock	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4	1,3
	Sofort gedroschenes Material nach 2 Monaten trockener Lagerung	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4
	Dito, nach 2 weiteren Jahren trockener Lagerung	1,3	1,1	1,1	1,5	1,5	1,3
Aussaat vom 9. 4. 1938 Ernte in der Gelbreife	Unmittelbar nach dem Schnitt	2,2	2,2	2,2	2,4	2,3	2,3
	Nach dem Nachtrocknen an den Puppen	2,0	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6
	Nach Einlagerung im Garbenstock	1,4	1,3	1,3	1,7	1,4	1,4
	Sofort gedroschenes Material nach 2 Monaten trockener Lagerung	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
	Dito, nach 2 weiteren Jahren trockener Lagerung	1,7	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6

Nach den Ergebnissen einer im Jahre 1936 durchgeführten Versuchsserie, über die bereits in anderem Zusammenhang berichtet worden ist (K o b l e t 1937 a), wies der Strickhofweizen der landwirtschaftlichen Schule Strickhof nach zweimonatiger trockener Lagerung eine wesentlich niedrigere Proteinaseaktivität auf als unmittelbar nach der Ernte. Die Resultate der im Jahre 1938 eingeleiteten ausgedehnteren Versuche finden sich in Tabelle 8.

Der in der Vollreife geerntete Weizen der Aussaat vom 10. März 1938 zeigte während des Nachtrocknens an den Puppen und bei der späteren Lagerung nur sehr geringfügige Veränderungen. Zwischen dem im Garbenstock eingelagerten und dem sofort gedroschenen, im Zimmer aufbewahrten Material machte sich überhaupt kein nachweisbarer Unterschied geltend. Während der anschließenden zweijährigen Lagerung blieb die proteolytische Aktivität beim Marquis-Weizen ebenfalls unverändert, beim Huron scheint in dieser Periode ein ganz schwacher Rückgang eingetreten zu sein.

Etwas anders verhält sich das gelbreif geerntete Material, das von den am 9. April gesäten Parzellen stammte. Hier war die Wirkung der eiweißspaltenden Enzyme zur Zeit des Schnittes bei beiden Versuchsorten verhältnismäßig hoch. Beim Marquis ging die proteolytische Aktivität während des Nachtrocknens auf dem Felde bedeutend zurück, um sodann während der Lagerung — unbekümmert darum, ob diese im Garbenstock oder im trockenen Zimmer erfolgte — ungefähr gleich zu bleiben. Beim Huronweizen war der Rückgang während des Nachtrocknens an den Puppen nur schwach; ein stärkeres Absinken trat dagegen in den folgenden zwei Monaten ein. Auch hier war zwischen den im Garbenstock eingelagerten und den im trockenen Zimmer aufbewahrten Körnern kein Unterschied festzustellen. Während der anschließenden zweijährigen Lagerung im trockenen Zimmer trat keine Veränderung in der Enzymwirkung mehr ein. Zu erwähnen ist noch, daß der Zusatz von Cystein zum Reaktionsgemisch weder beim frischen noch beim gelagerten Material zu einer sichergestellten Erhöhung des Spaltungsbetrages geführt hat. Es scheint demnach, daß die Proteinase in den geprüften Extrakten durchgehends in vollaktivem Zustand vorlag.

Nach unseren früheren Untersuchungen (K o b l e t , 1940) zeichnet sich das wachsende Weizenkorn in den frühen Entwicklungsstadien durch hohe Proteinasewirkung aus. Im Laufe der Entwicklung, insbesondere während des Übergangs zur Milchreife geht die Aktivität stark zurück; bei einem Teil der Proben machte sich auch nach der Gelbreife eine gewisse Abnahme bemerkbar. Die eben besprochenen Versuchsergebnisse zeigen nun, daß ein ähnlicher Rückgang auch während des Nachtrocknens an den Puppen oder während der weiteren Lagerung eintreten kann.

Tabelle 9.

Proteolytische Aktivität des Embryo- und Endospermtails von Weizenkörnern.
Plantahofweizen Ernte 1937 von Kalchrain, Thurgau.

Zur Erleichterung der Trennung von Embryo- und Endospermtail wurden die Körner 3 Tage bei 5,5° C in feuchtes Filtrierpapier gelegt. Die Embryonen bzw. Endosperme (inkl. umschließender Teil von Frucht- und Samenschale) wurden mit Quarzsand zerrieben und mit verdünnter Essigsäure unter Toluolzusatz extrahiert.

Ansätze: 1. *Embryonen*:

1 cm³ Embryoextrakt (600 Embryonen mit 10 cm³ n/40 Essigsäure extrahiert).

1 cm³ Edestinessigsäure (1 g Edestin auf 50 cm³ n/10 Essigsäure).

Mit dest. H₂O und n/5 NaOH auf ein Volumen von 3 cm³ und das pH von 5,0 gebracht.

Zusatz von Toluol. Aktivierter Ansatz mit 0,1 cm³ n/6 Thioglykolsäure.

2. *Endosperme*:

3 cm³ Endospermeextrakt (300 Endosperme mit 25 cm³ n/25 Essigsäure extrahiert).

3 cm³ Edestinessigsäure (1 g Edestin in 50 cm³ n/10 Essigsäure gelöst).

Mit dest. H₂O und n/5 NaOH auf ein Gesamtvolumen von 9 cm³ und das pH von 5,0 gebracht.

Zusatz von Toluol. Aktivierter Ansatz mit 0,3 cm³ n/6 Thioglykolsäure.

	Zunahme an Amino-N ausgedrückt in cem Van Slyke-N nach 22-stündiger Proteolyse bei 38° C					
	Pro 2 cem Ansatz		Pro 100 Embryonen bzw. Endospermtelle		Pro 0,1 Gramm Embryo- bzw. Endospermtrockensubstanz	
	nicht aktiviert	aktiviert	nicht aktiviert	aktiviert	nicht aktiviert	aktiviert
<i>Embryo.</i>						
3—4 Tage nach der Ernte	0,54	0,47	1,45	1,27	1,09	0,95
Nach zweimonatiger Lagerung	0,39	0,50	1,07	1,35	0,73	0,92
<i>Endospermtail.</i>						
3—4 Tage nach der Ernte	0,44	0,39	6,13	5,41	0,18	0,16
Nach zweimonatiger Lagerung	0,29	0,23	4,07	3,17	0,12	0,09

Eine Zunahme der Proteinaseaktivität, welche die Bereitstellung löslicher Stickstoffverbindungen im quellenden Korn fördern und damit die Auslösung der Keimung begünstigen könnte, wurde während des Nachreifens bei keiner unserer Versuchsserien beobachtet. Dieser Befund unterscheidet sich wesentlich von den Resultaten, welche L ü e r s (1920) bei seinen Autolyseversuchen erhalten hat. Ob die abweichenden Ergebnisse allein auf der verschiedenen Versuchsmethodik beruhen oder ob das von uns geerntete Körnermaterial an sich ein anderes Verhalten zeigte, muß einstweilen dahingestellt bleiben. Auf jeden Fall darf aus den Resultaten unserer Untersuchungen geschlossen werden, daß *die während der Lagerung eintretende Verbesserung der Keimungsbereitschaft unserer Weizenproben mit der Tätigkeit der eiweißspaltenden Enzyme in keinem erkennbaren Zusammenhang steht.*

Es fragt sich nun aber noch, ob in bestimmten Teilen des Getreidekorns Veränderungen im Enzymgehalt eintreten, die für das Keimungsverhalten von Bedeutung sein könnten. Auf diese Frage geben uns die Resultate einer weiteren Versuchsserie, in welcher Embryo- und Endospermteil von frischgeerntetem und gelagertem Weizen getrennt untersucht wurden, nähere Auskunft (Tabelle 9).

Im Endospermteil ist die Proteinaseaktivität während der zweimonatigen Lagerung deutlich zurückgegangen. Die aus den Embryonen der gelagerten Körner hergestellten Extrakte zeigten in den Ansätzen ohne Aktivatorzusatz ebenfalls eine geringere eiweißspaltende Wirkung als die entsprechenden unmittelbar nach der Ernte bereiteten Auszüge; die Spaltungswerte der Ansätze mit Aktivatorzugabe waren bei frischem und bei gelagertem Material ungefähr gleich groß. Festzuhalten ist, daß während der zweimonatigen trockenen Lagerung, welche die Keimungsbereitschaft des Weizens stark förderte (siehe Tabelle 1), weder im Embryo- noch im Endospermteil eine Zunahme der proteolytischen Aktivität stattgefunden hat. Damit wird durch die getrennte Untersuchung von Embryo- und Endospermteil bestätigt, daß die erhöhte Keimungsbereitschaft gelagerter Weizenkörner nicht die Folge einer erhöhten Aktivität der eiweißspaltenden Enzyme sein kann.

In diesem Zusammenhang soll noch kurz die Frage gestreift werden, wie weit die nach der Ernte eintretenden Veränderungen der proteolytischen Aktivität für die Backqualität des Getreides von Bedeutung sind. Bei der Herstellung und weiteren Behandlung des Brotteiges findet bekanntlich ein enzymatischer Abbau der Eiweißstoffe statt, welcher vielfach zu einer starken Beeinträchtigung der Stabilität des Klebers führt. Für den Bäcker ist daher — vor allem beim Mehl aus europäischem Weizen von mittlerer oder schlechter Kleberqualität — ein hoher Gehalt an aktiver Proteinase im Backprozeß unerwünscht. Es erscheint daher möglich, daß der während der Lagerung wiederholt

beobachtete Rückgang der proteolytischen Aktivität sich auf den Backprozeß günstig auswirken könnte¹.

Wie weit die nach den Erfahrungen der Praxis während der Lagerung eintretende Verbesserung der Backqualität mit Veränderungen der proteolytischen Aktivität im Zusammenhang steht, kann allerdings auf Grund unserer Versuche nicht entschieden werden. Die Tatsache, daß der Rückgang der Proteinasewirkung nur bei einem Teil der Proben nachweisbar und auch bei diesen nicht besonders ausgeprägt ist, deutet indessen darauf hin, daß bei der günstigen Wirkung der Lagerung wohl überwiegend Veränderungen anderer Art im Spiele sind.

6. Allgemeines über die Keimruhe und das Nachreifen des Getreides.

Die zögernde Keimung frischgeernteter Getreidefrüchte hat schon früh die Aufmerksamkeit der angewandten Botaniker und der Pflanzenphysiologen in Anspruch genommen. In der « Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas » von Kirchner, Loew und Schröter gibt Volkart (1908) auf Grund der älteren Literatur eine Zusammenstellung der über die Samenruhe der Gramineen bekannten Tatsachen. Volkart stellt fest, daß die überwiegende Mehrzahl der Gramineensamen eine gewisse — je nach der Art verschieden lange — Periode gehemmter Keimung durchmachen. Er erörtert sodann eine Reihe äußerer Einwirkungen, durch welche diese Samen während der Ruheperiode zum Auskeimen gebracht werden können. Beim Getreide haben sich vor allem die künstliche Trocknung, das Vorquellen, tiefe Keimungstemperaturen, die Behandlung mit Säuren, Alkalien und Narkotika und Verletzungen der Frucht- und Samenschale als keimungsfördernd erwiesen.

In den letzten drei Jahrzehnten ist das einschlägige Beobachtungsmaterial bedeutend erweitert worden². Die Samenkontrolle hat die verschiedenen Möglichkeiten, die Getreideproben schon unmittelbar nach der Ernte zum vollständigen Auskeimen zu bringen, eingehend geprüft; sie ist heute durch die Anwendung

¹ Beim Backprozeß macht sich in 1. Linie die kleberschwächende Wirkung der eiweißspaltenden Enzyme, d. h. die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften der Kleberproteine geltend, während bei unseren Versuchen im Hinblick auf die physiologische Fragestellung die durch die Proteinase bewirkte Zunahme der Carboxyl- bzw. der Aminogruppen, also die chemischen Auswirkungen der Enzymaktivität, gemessen wurden. Da aber nach den heutigen Anschauungen die physikalischen Veränderungen und die chemisch nachweisbare Spaltung wahrscheinlich auf die Tätigkeit ein und desselben Enzyms vom Typus des Papains zurückzuführen sind, dürften die durch unsere Messungen festgestellten Veränderungen im Proteinasegehalt doch etwelche Rückschlüsse auf den beim Backprozeß zu erwartenden Kleberabbau gestatten. Allerdings soll nicht übersehen werden, daß sich unsere Versuchsergebnisse auf die Körner als Ganzes und nicht auf die im Mehl enthaltenen Bestandteile beziehen.

² Eine erschöpfende Zusammenstellung der bis 1930 vorliegenden Literatur findet sich bei Lehmann und Aichele (1931).

tiefer Keimungstemperaturen in der Lage, in verhältnismäßig kurzer Zeit ein zuverlässiges Gutachten über die Keimfähigkeit frischgeernteter Getreideposten abzugeben¹. Die Getreidezuchtstationen und Sortenprüfungsstellen haben das Verhalten der verschiedenen Sorten studiert und dabei festgestellt, daß die Keimungshemmungen bei den einzelnen Sorten ganz verschieden ausgeprägt sind und mit sehr ungleicher Geschwindigkeit abklingen (Kießling, 1906 b, 1911; Nilsson-Ehle, 1914; Munerati, 1925; Zade, 1933; Schmidt, 1934; Voss, 1934, 1940; Freistedt, 1935; A. H. Larson, Harvey und J. Larson, 1936; Åkerman, 1936; Heinisch, 1937 a; Schleip, 1938; Coffman und Stanton, 1938; Popoff, 1941; Fuchs, 1941). Dies ist praktisch von großer Bedeutung, weil der verzögerte Keimungsverlauf zur Zeit der Ernte einen wirksamen Schutz bietet gegen das Auswachsen der Körner auf dem stehenden Halm oder an den Puppen. Neben der erblichen Veranlagung spielen auch die Umweltbedingungen, insbesondere Klima und Jahreswitterung eine bedeutende Rolle; im großen und ganzen scheint sonniges, mildes, gleichmäßiges Klima ein rasches Eintreten der vollen Keimreife zu begünstigen, während bei feuchtkalter Sommerwitterung häufig langsam nachreifendes Getreide erzeugt wird (vgl. Atterberg, 1907; Gäßner, 1926; Heinisch, 1937 b; Schleip, 1938). Von bedeutendem Einfluß sind schließlich das Reifestadium zur Zeit des Schnittes und die Art der Aufbewahrung; besonders bemerkenswert ist das lange Andauern der Keimruhe bei den unter tiefen Temperaturen trocken aufbewahrten Körnern (A. H. Larson, Harvey und J. Larson, 1936; Voss, 1940).

Sind wir demnach über manche praktisch wichtige Fragen der Keimruhe verhältnismäßig gut orientiert, so ist andererseits über die inneren Ursachen der Keimungshemmungen und die das Nachreifen bedingenden Veränderungen noch wenig Sicheres bekannt.

Es ist verschiedentlich versucht worden, aus der keimungsfördernden Wirkung bestimmter Eingriffe und Agenzien Rückschlüsse auf die den Keimungshemmungen zugrunde liegenden Ursachen zu ziehen. Die Beobachtung, daß das Anstechen oder Anschneiden des Endosperms, die Verletzung der über dem Embryo liegenden Partien der Samenschale, ja sogar das bloße Entspelzen, die Keimung frischgeernteter Körner fördern (Hiltner, 1901; Behrens, 1906; Atterberg, 1907; Kießling, 1911; Harrington, 1923; Heinisch, 1935) ist dahin gedeutet worden, daß der Zustand der den Embryo und das Endosperm einschließenden Hüllen, und zwar deren ungenügende Durchlässigkeit für Wasser bzw. für Sauerstoff, für die verzögerte Keimung frischer Getreidekörner verantwortlich sei. Diese Schlußfolgerung ist, wie schon Kießling und andere Autoren gezeigt haben, keineswegs zwingend. Was die Wirkung der Verletzungen anbelangt, ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß schon die Verwundung an sich, unabhängig von der Erleichterung der Wasser- und Sauerstoffzufuhr, den Stoffwechsel steigern und dadurch das Wachstum in Gang setzen könnte. In der Tat zeigen Versuche von Behrens (1906), Kießling (1911) und Heinisch (1935), daß Verletzungen auch dann noch keimungsfördernd wirken, wenn die Wundstelle wieder verschlossen wird. Aus den Beobachtungen, wonach die Beseitigung der Spelzen, ohne nachweisbare Verletzung der Frucht- und Samenschale, die Keimung beschleunigen kann (z. B. beim Hafer), läßt sich ebenfalls

¹ Neuere Untersuchungen von Fuchs (1941) und Mitarbeitern an den Sortimenten der Pflanzenzuchtstation Halle, welche auch eine große Zahl überseeischer Formen umfassen, haben allerdings gezeigt, daß die Samen einzelner Sorten unmittelbar nach der Ernte noch bei 10° C, vereinzelte selbst bei noch tieferen Temperaturen Keimungsverzögerungen erleiden. Bei den in der Schweiz angebauten Getreidesorten genügt dagegen nach unseren Erfahrungen eine mehrtägige Vorbehandlung bei 10° C durchgehends, um ein rasches Auskeimen zu erzielen.

nicht mit Sicherheit schließen, daß die Beschaffenheit der Spelzen zur Zeit der Ernte für die Keimungshemmungen verantwortlich ist. Die Ursachen könnten sehr wohl auch im Embryo liegen; denn es ist denkbar, daß Embryonen, die noch nicht völlig keimreif sind, nur nach Beseitigung gewisser äußerer Hindernisse keimen können, während die durch längeres Lagern nachgereiften Embryonen sich trotz des hemmenden Einflusses von Spelzen und Samenschale rasch zum Keimen anschicken. Übrigens bieten in der Regel weder das Entspelzen noch Verletzungen irgendwelcher Art einen vollen Ersatz für die während der trockenen Lagerung sich vollziehenden Nachreifungsvorgänge. Die frischgeernteten Getreidekörner verhalten sich gegenüber Verletzungen nicht prinzipiell anders als die Samen von *Pinus Strobus*, der Kernobstarten und anderer Arten mit stark ausgeprägten Keimungshemmungen. Auch bei diesen Arten läßt sich durch Beseitigung der Samenschale bzw. durch Freilegen der Embryonen ein gewisser, von Probe zu Probe wechselnder Prozentsatz von Samen zur Keimung anregen, obschon hier noch weniger als beim Getreide Anhaltspunkte dafür vorliegen, daß die Ursachen für die Keimungshemmungen allein in den Schalenteilen liegen könnten. (Harrington und Hite, 1923; Koblet, 1932 und 1937 b; vgl. aber auch v. Veh, 1936).

Aus der wiederholt beobachteten günstigen Wirkung erhöhter Sauerstoffdrucke (Kießling, 1911; Atwood, 1914; Harrington, 1923) darf ebenfalls nicht ohne weiteres auf eine ungenügende Durchlässigkeit der Frucht- und Samenschale frisch geernteter Getreidekörner für Sauerstoff geschlossen werden; dies um so weniger, als der experimentelle Nachweis dafür, daß die Durchlässigkeit der Frucht- und Samenschale für Gase während der Nachreife zunimmt, bis heute nicht mit Sicherheit erbracht werden konnte. Es wäre nämlich ebensogut denkbar, daß die erhöhte Sauerstoffzufuhr beim frischen Material irgendwelche im Embryo oder im Endosperm vorhandene Hemmungen des Wachstums oder des Stoffwechsels beseitigen könnte, während im nachgereiften Korn der Sauerstoffgehalt der Luft — ungeachtet der in der Schale oder in den Spelzen liegenden Hindernisse — zur raschen Einleitung des Keimungsprozesses ausreichen würde.

Die angeführten Untersuchungen über den Einfluß der Verletzung von Frucht- und Samenschale, die Wirkung des Entspelzens und die Sauerstoffbehandlung geben somit keine sicheren Anhaltspunkte dafür, daß die Frucht- und Samenschale oder die Spelzen zur Zeit der Ernte eine bestimmte, keimungshemmend wirkende Beschaffenheit aufweisen und daß die während der Lagerung eintretende Zunahme der Keimungsbereitschaft auf einer Veränderung der den Embryo und das Endosperm umgebenden Hüllen beruht. Andererseits ist es aber auch nicht bewiesen, daß die Keimungshemmungen frischgeernteter Getreidekörner ausschließlich oder teilweise im Embryo liegen, obschon die Beobachtungen von Johansen (1906), Behrens (1906), Kießling (1911) und Hassebrauk (1928) über die keimungsfördernde Wirkung dampf- und gasförmiger Narkotika und der günstige Einfluß tiefer Keimungstemperaturen sich eher als Wirkung auf den Embryo selbst deuten lassen. Es muß daher einstweilen mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß sowohl der Zustand des Embryos als auch die Beschaffenheit der Schalenteile am Zustandekommen der Keimruhe beteiligt sind und daß die während des Nachreifens eintretende Verbesserung der

Keimungsbereitschaft mit Veränderungen in den verschiedenen Teilen des Getreidekorns im Zusammenhang stehen kann.¹

Unsere eigenen Untersuchungen suchten einen näheren Einblick zu gewinnen in die stofflichen Veränderungen während des Nachreifens; sie galten vor allem der Frage, ob zwischen den Umsetzungen der Reservestoffe und der während der Lagerung eintretenden Erhöhung der Keimungsbereitschaft ein Zusammenhang besteht. Es wurden dabei nach der Ernte gewisse Veränderungen nachgewiesen, welche als Fortsetzung bzw. als letztes Ausklingen der im reifenden Getreidekorn sich abspielenden Stoffumwandlungen, der Umwandlung löslicher, wandlungsfähiger Verbindungen in hochmolekulare Reservestoffe gedeutet werden können. Eine Umkehrung dieser Vorgänge, d. h. *die Bereitstellung löslicher Bau- und Betriebsstoffe*, welche den Keimungsprozeß möglicherweise begünstigen würde, *trat aber in keinem Falle ein*. Eben- sowenig konnte nach der Ernte eine Steigerung der Aktivität der eiweißspaltenden Enzyme festgestellt werden. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß *zwischen der proteolytischen Aktivität und der erhöhten Keimungsbereitschaft gelagerter Getreidekörner ebenfalls kein erkennbarer Zusammenhang besteht*. Die von andern Autoren (Windisch und Biskopff, 1909; Kießling, 1911, und Schleip, 1938) in bezug auf die Diastase gemachten Feststellungen werden damit auch für die eiweißspaltenden Enzyme bestätigt.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß nach unsern früheren Untersuchungen auch die keimungsfördernde Wirkung tiefer Temperaturen nicht auf einer Steigerung der Aktivität der eiweißspaltenden Enzyme beruht (Koblet, 1937 a). In Ergänzung der in der erwähnten Arbeit publizierten Resultate führen wir in Tabelle 10 die Ergebnisse einer weiteren Versuchsserie an, in welcher nicht die Körner als Ganzes, sondern die Embryonen für sich allein auf ihre proteolytische Aktivität untersucht wurden.

Die Embryonen der während drei Tagen bei 5° C vorbehandelten Weizenkörner — eine Vorbehandlung, die zum raschen und vollständigen Auskeimen des frischgeernteten Materials genügte (Tabelle 1) — wiesen ungefähr dieselbe proteolytische Aktivität auf wie die Embryonen der bei 25° C, also unter ungünstigen Bedingungen, eingekeimten Körner von ungefähr gleichem Wassergehalt.

¹ Neuerdings haben Balls und Hale (1940) versucht, die Äthylenbehandlung, welche das Reifen von Äpfeln, Birnen und anderen saftigen Früchten beschleunigt, auf frischgeernteten, mit dem Mährescher geschnittenen Weizen anzuwenden. Es konnte auf diesem Wege in kurzer Zeit eine bedeutende Verbesserung der Backfähigkeit erzielt werden. In einer kürzlich publizierten Arbeit hat Popoff (1941) auf die Beziehungen zwischen der Auswuchsneigung und dem Wuchsstoffgehalt des Getreides zur Zeit der Ernte hingewiesen. Wie weit die Auxine am Mechanismus der Keimruhe beteiligt sind, wird indessen durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden müssen.

Tabelle 10.

Proteolytische Aktivität des Embryo-Teils von frischgeernteten Weizenkörnern.
Plantahofweizen der Ernte 1937 von Kalchrain.
Betreffend Untersuchungsmethode vergl. Tabelle 9.

Vorbehandlung der Körner	Zunahme an Amino-N, ausgedrückt in cem Van Slyke-N, nach 22-stündiger Proteolyse bei 38° C					
	pro 2 cem Ansatz		pro 100 Embryonen		pro 0,1 g Embryo- trockensubstanz	
	nicht aktiviert	aktiviert	nicht aktiviert	aktiviert	nicht aktiviert	aktiviert
1 Tag 25° C	0,53	0,51	1,42	1,37	1,08	1,04
3 Tage 5,5° C	0,54	0,47	1,45	1,27	1,09	0,95

Es konnte also beim Getreide — wie früher bei *Pinus Strobus* — keine kausale Beziehung zwischen der Keimungsbereitschaft und den Reservestoffhaushalt betreffenden stofflichen und enzymatischen Veränderungen nachgewiesen werden. Daß dem Diastase- und Proteinasegehalt der ruhenden Körner für die *Auslösung* des Keimungsprozesses nicht die Bedeutung zukommt, wie vielfach vermutet wurde, ist an sich verständlich; denn die im Embryo liegenden, nicht unbedeutenden Reserven an Zucker und löslichen Stickstoffverbindungen dürften für die ersten Bedürfnisse des wachsenden Getreidekeimlings genügen. Welche chemischen oder physikalischen Veränderungen der Verbesserung der Keimfähigkeit von nachreifendem Getreide zugrunde liegen, bleibt weiterhin unbekannt, ebenso die Art und Weise, wie die verschiedenen als keimungsfördernd erkannten Agenzien und Einwirkungen in die Lebensvorgänge von frischgeernteten Getreidekörnern eingreifen und wie diese Eingriffe zur Auslösung der Keimung führen.

7. Das Nachreifen unter den Verhältnissen der landwirtschaftlichen Praxis.

Die Lagerung am Garbenstock gilt für schweizerische Verhältnisse im allgemeinen als das zweckmäßigste Verfahren der Getreidelagerung unmittelbar nach der Ernte. Durch das « Verschwitzen » im festgefügtten Garbenstock verflüchtigt sich überschüssiges Wasser; gleichzeitig vollziehen sich auch jene Veränderungen, die mit der erhöhten Keimungsbereitschaft und der Verbesserung der Mahl- und Backqualität im Zusammenhang stehen. Da die bei höherem Wassergehalt stark atmenden Körner im Garbenstock zwischen Spelzen, Halmen und abgestorbenen Blättern, also wenig reaktionsfähigen Materialien eingebettet sind, tritt in der Regel nur eine schwache Erwärmung ein. Mit einer stärkeren Erhitzung analog der Heustockgärung ist nur bei Garben mit starker Unkraut- oder Kleegrasbeimischung und bei ungenügend nachgetrock-

netem Hafer zu rechnen. Wir beobachten denn auch, wenn wir vom Hafer absehen, verhältnismäßig selten stockrote, d. h. durch Überhitzung rötlich gefärbte Getreideproben.

Trotzdem die Gefahr der Überhitzung in den Garbenstöcken nicht besonders groß ist, ist das Getreide im Stock nur dann vor Verderb (Verschimmelung usw.) gesichert, wenn es in gut abgetrocknetem Zustand eingelagert wird. Wie hoch der Wassergehalt bei äußerlich abgetrocknetem, schnittreifem Getreide sein kann, zeigen die in Tabelle 11 zusammengestellten Zahlen.

Tabelle 11.

Wassergehalt verschiedener Teile schnittreifer Getreidepflanzen.
Material der Landw. Schule Strickhof.

Ernte der Wintergerste am 14. Juli 1941. Pflanzen nach leichtem Regen in der vorangegangenen Nacht äußerlich abgetrocknet. Ernte des Winterroggens am 25. Juli 1941 bei trockener Witterung. Huron-Sommerweizen I: Ernte zwischen Gelb- und Vollreife am 10. August 1942 (Pflanzen nach stärkerem Gewitterregen äußerlich gut abgetrocknet). Huron-Sommerweizen II: Ernte vom gleichen Feld am 12. August 1942. Der Wassergehalt ist in % des Frischgewichtes ausgedrückt.

	Strickhof- Winter- gerste %	Mont-Calme- Winter- roggen %	Huron- Sommer- weizen I %	Huron- Sommer- weizen II %
Halm und Blattscheiden, unterer Teil (vom Halmgrund bis zum obersten Knoten)	58,5	36,3	57,5	51,1
Dito, oberer Teil (oberste Blattscheide, oberstes Halmglied und Ähren- spindel)	40,8	19,4	28,2	18,1
Blattspreiten	12,2	9,6	11,8	—
Körner	18,5	21,7	24,0	15,4

Besonders auffallend ist der überaus hohe Wassergehalt der unteren Teile des Halmes, welche infolge ihrer beträchtlichen Dicke die Hauptmasse des Stroh ausmachen. Hätte man diesen durchschnittlich ungefähr gelbreifen Roggen, die leicht verregnete, aber äußerlich bereits wieder abgetrocknete Gerste oder den äußerlich ebenfalls als «trocken» zu beurteilenden Sommerweizen unmittelbar nach dem Schnitt eingebracht, so wären die Körner mit sehr feuchten Pflanzenteilen in Berührung gekommen; sie hätten daher ihren Nachreifeprozess in einer denkbar schlechten Umgebung durchmachen müssen. Mit gutem Grund wird in manchen Gebirgstälern, wo in der bereits vorgerückten Jahreszeit eine ausreichende Trocknung auf dem Felde nicht möglich ist, das Getreide hoch abgeschnitten und in kleinen Gärbchen an «Kornhisten» oder unter nach Süden gerichteten Vordächern nachgetrocknet. Die Zahlen der Tabelle 11 illustrieren auch die große Bedeutung der neuen

Ernteverfahren, welche unter den Verhältnissen des schweizerischen Mittellandes selbst in ungünstigen Jahren ein gutes Trocknen der Garben ermöglichen.

Dank der guten Nachtrocknung auf dem Felde findet auf dem Stock vielfach überhaupt keine Erwärmung mehr statt. Soll das Erntegut zu Saatzwecken Verwendung finden, so wird das Ausbleiben des Schwitzprozesses nur von Vorteil sein; denn das Dreschen kann in diesem Falle schon rasch nach Beendigung der Ernte erfolgen; es bleibt so auch beim früh zu säenden Wintergetreide genügend Zeit für die Herichtung und die Vermittlung des Saatgutes. In einem nicht gärenden Garbenstock bleibt im weiteren die Keimfähigkeit sicherer erhalten; auch dürfte hier die volle Keimreife in der Regel rascher eintreten als bei dem im feuchten Stroh liegenden Körnermaterial. Der letztgenannte Umstand fällt allerdings weniger ins Gewicht, da unter unsern Verhältnissen die zur Zeit der Herbstsaaten im Acker herrschenden Temperaturen so niedrig sind, daß allfällig noch vorhandene Keimungshemmungen nicht in Erscheinung treten.

Es fragt sich nun noch, ob das Ausbleiben des Gärungsprozesses auch im Hinblick auf die Verarbeitung des Erntegutes zu Mehl und Brot als vorteilhaft zu betrachten ist. Daß ein vorzüglicher Qualitätsweizen ohne Garbenstockgärung erzeugt werden kann, lehren die Erfahrungen der Exportländer, in denen das Erntegut mit dem Mähdrescher geschnitten oder auf dem Felde von den Puppen oder Stiegen weg gedroschen wird. Dies schließt allerdings nicht aus, daß die Veränderungen, welche die Körner in der ersten Zeit nach der Ernte durchmachen, im schwitzenden Garbenstock einen für die spätere Backqualität günstigeren Verlauf nehmen könnten, als dies in einem nicht erwärmten, völlig trockenen Milieu der Fall ist. In bezug auf die proteolytische Aktivität konnte in unsern Versuchen kein nennenswerter Einfluß des Aufenthaltes im Garbenstock festgestellt werden. Dagegen erscheint es als möglich, daß die feuchte Wärme des gärenden Garbenstockes die Quellungsfähigkeit des Klebers beeinflussen kann, analog der von der modernen Müllerei angewendeten «Konditionierung» des Mahlweizens, einer vorübergehenden Wärmeeinwirkung, welche die Verbesserung der Klebereigenschaften zum Ziel hat. Gewisse Beobachtungen, die Dr. Wagner bei der Kleberquellprüfung unserer Garbenstockproben gemacht hat, deuten in der Tat darauf hin, daß Posten mit schlechten Klebereigenschaften infolge des Aufenthaltes im Garbenstock eine qualitative Verbesserung erfahren können. Trotz diesen Beobachtungen, die an einem größeren Material nachgeprüft werden sollen, wäre es ohne Zweifel verfehlt, eine Erwärmung absichtlich anzustreben, um dadurch die vom Müller angewendete Konditionierung vorwegzunehmen; denn die Erhitzung könnte sehr leicht zu weit gehen und zu nicht wieder gut zu machenden Schädigungen führen.

Wir haben also allen Grund, durch sorgfältige Erntetechnik das überschüssige Wasser soweit als möglich schon auf dem Felde aus dem Erntegut zu vertreiben. Bleibt bei idealer Trocknung jede weitere Feuchtigkeitsabgabe und jede Erwärmung am Stock aus, so ist dies für die Keimfähigkeit und die Haltbarkeit des Kornes nur von Vorteil. Solches Getreide kann ruhig vom Felde weg gedroschen werden. Wenn wir unter unsern Verhältnissen trotzdem die Einlagerung im festgepackten Garbenstock dem sofortigen Drusch vorziehen, so geschieht dies nicht mit Rücksicht auf irgendwelche günstige Wirkungen des Schwitzprozesses an sich, sondern deswegen, weil bei nicht ganz idealem Trockenheitsgrad die Einlagerung im eigenen Stroh eine bessere Sicherheit gegen Verderbnis bietet als die haufenweise Lagerung des Dreschgutes.

Zitierte Literatur.

- Akerman, A., 1936: Über die Keimungsverhältnisse und Auswuchsneigung rot- und weißkörniger Weizensorten. *Züchter* **8**, 25—29.
- Atterberg, A., 1907: Die Nachreife des Getreides. *Landw. Vers.-Stat.* **67**, 129—143.
- Atwood, W. M., 1914: A physiological study of the germination of *Avena fatua*. *Bot. Gaz.* **57**, 386—414.
- Bailey, C. C. and Gurjar, A. M., 1918: Respiration of stored wheat. *J. Agr. Res.* **12**, 685—713.
- Balls, A. K. and Hale, W. S., 1940: The effect of ethylene on freshly harvested wheat. *Cer. Chem.* **17**, 490—494.
- Behrens, J., 1906: Über die Beeinflussung der Keimfähigkeit gewisser Samen durch Narkose und Verwundung. *Ber. Versuchsstat. Augustenberg*, 1906. Zitiert nach Kießling (1911).
- Brown, H. T. and Morris, G. H., 1890: Researches on the germination of some of the *gramineae*. *J. Chem. Soc. London* **57**, 458—528.
- Coffman, F. A. and Stanton, T. R., 1938: Variability in germination of freshly harvested *Avena*. *J. Agr. Res.* **57**, 57—72.
- Freistedt, P., 1935: Neue Zielsetzung in der Gerstenzüchtung. *Zeitschr. Züchtung A*, **20**, 169—209.
- Fuchs, W. H., 1941: Keimungsstudien an Getreide. I. Keimungstemperatur und Reifestadium. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* **24**, 165—185.
- Gaßner, G., 1926: Der Einfluß des Wetters auf die Saatgutqualität. *Wiener landw. Zeitung* **76**, 157—158, 166—167.
- Harrington, G. T., 1923: Forcing the germination of freshly harvested wheat and other cereals. *J. Agr. Res.* **23**, 79—100.
- and Hite, B. C., 1923: After-ripening and germination of apple seeds. *Jour. Agr. Res.* **23**, 153—161.
- Hassebrauk, K., 1928: Über den Einfluß der Blausäure auf die Keimreife von Samen. *Angew. Bot.* **10**, 407—468.
- Heinisch, O., 1935: Beitrag zur Kenntnis der Ursachen der Keimreife von Braugerste. *Journ. f. Landw.* **83**, 1—42.
- 1937a: Die Dauer der Keimreife der Getreidearten als erbliche Sorteneigenschaft. *Zeitschr. Züchtung A*, **21**, 294—305.
- 1937b: Der Einfluß des Klimas auf die Dauer der Keimreife von zweizeiliger Sommergerste. *Zeitschr. Züchtung A*, **21**, 450—465.

- Heinrich, M., 1917: Der Einfluß der Lagerbedingungen auf frisches Getreide (Roggen). Landw. Versuchsstat. **90**, 68—112.
- Hiltner, L., 1901: Über die Bestimmung der Keimfähigkeit von frischgeernteten Getreidesamen. Mitt. D. L. G. **16**, 192—194. Zitiert nach Lehmann und Aichele.
- Hotter, E., 1892: Über die Vorgänge bei der Nachreife von Weizen. Landw. Versuchsstat. **40**, 356—364.
- Johannsen, W., 1906: Das Ätherverfahren beim Frühtreiben. Zitiert nach Volkart und Kirchner (1908).
- Kießling, L., 1906 a: Untersuchungen über die Trocknung der Getreide, mit besonderer Berücksichtigung der Gerste. Diss. München.
- 1906 b: Versuche über die Keimreife der Gerste. Zeitschr. ges. Brauwesen 1906, 713—719.
- 1911: Untersuchungen über die Keimreife der Getreide. Landw. Jahrbuch, Bayern **1**, 449—514.
- Koblet, R., 1932: Über die Keimung von *Pinus Strobus*, unter besonderer Berücksichtigung der Herkunft des Samens. Ber. schw. bot. Ges. **41**, 199—283.
- 1937 a: Über die proteolytische Aktivität von Weymouthskiefer- und Weizensamen, unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Vorkühlung. Mitt. Int. Ver. Samenkontrolle 1937, 228—253.
- 1937 b: Untersuchungen über die Keimung von Kernobstsamen. Mitt. Int. Ver. Samenkontrolle 1937, 82—122.
- 1940: Untersuchungen über die stofflichen Veränderungen im wachsenden und reifenden Weizenkorn. Ber. schweiz. bot. Ges. **50**, 99—232.
- Kolkwitz, R., 1901: Über die Atmung der Gerstenkörner. In «Das Versuchskornhaus», von J. F. Hoffmann. 262—280. Berlin 1904.
- Kretovich, V. L., Sokolova, A. J. and Ushakova, E. N., 1940: Influence of air humidity and anaerobiosis on freshly harvested grain of wheat. C. r. (Doklady) Acad. Sci. URSS. **26**, 487—490.
- Larson, A. H., Harvey, R. B. and Larson, J., 1936. Length of dormant period in cereal seeds. J. Agr. Res. **52**, 811—836.
- Leavitt, S. and LeClerc, J. A., 1909: Veränderung unvermahlener Zerealien während der Lagerung. Ref. in Chemikerzeitung **33**, 307.
- Lehmann, E. und Aichele, F., 1931: Keimungsphysiologie der Gräser (Gramineen). Stuttgart 1931.
- Lüers, H., 1920: Studien über die Reifung der Zerealien. Biochem. Zeitschr. **104**, 30—81.
- Munerati, O., 1925: Existe-t-il une après-maturation chez les céréales récemment récoltées? C. r. Acad. Sci. Paris **181**, 1081—1083.
- Nilsson-Ehle, H., 1914: Zur Kenntnis der mit der Keimungsphysiologie des Weizens im Zusammenhang stehenden inneren Faktoren. Zeitschr. für Pflanzenzüchtung **2**, 153—187.
- Popoff, A., 1941: Über den Auswuchs beim Getreide. Angew. Bot. **23**, 254—285.
- Reichard, A., 1918: Studien über den Reifungsvorgang der Gerste. Zeitschr. gesamt. Brauwesen **41**, 212—214, 217—218, 223—226, 230—231.
- Schjerning, H., 1906: On the proteine substances of barley, in the grain itself and during the brewing processes. First Section. On the formation and transformation of proteine substances during the growth, ripening and storage of barley. Comptes rendus Lab. Carlsberg **6**, 229—307.
- Schleip, H., 1938: Untersuchungen über die Auswuchsfestigkeit bei Weizen. Landw. Jahrb. **86**, 795—822.
- Schmidt, E., 1934: Experimentelle Untersuchungen über die Auswuchsneigung und Keimreife als Sorteneigenschaften des Getreides. Angew. Bot. **16**, 10—50.

- Sharp, P. F., 1924: Wheat and flour studies II. Aging I. The change in hydrogen-ion concentration of wheat and mill products with age. *Cer. Chem.* **1**, 117—132.
- Slusanschi, H., 1939: Beiträge zur Untersuchung der Veränderung des chemischen Charakters von Getreide während der Lagerung. *Ann. Inst. Rech. agron. Roum.* **11**, 320—336. *Ref. Chem. Zbl.* 1941, I, 2051.
- Veh, v., R., 1936: Experimenteller Beitrag zur Frage nach Wesen und Bedeutung pflanzlicher Entwicklungshemmungen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* **54**, 135—155.
- Volkart, A. und Kirchner, O., 1908: *Gramineae*. In «Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas», von Kirchner, Loew und Schröter. Bd. I, 2. Abt.
- Voss, J., 1934: Keimungsphysiologische Untersuchungen an Weizensorten. *Angew. Bot.* **16**, 137—186.
- 1940: Untersuchungen über Keimruhe und Auswuchsneigung von Getreidesorten. (*Triticum sativum* und *Hordeum sativum* Jess.) *Landw. Jahrb.* **89**, 202—242.
- Windisch, W., 1905: Warum keimt getrocknete bzw. abgelagerte Gerste besser als frische? *Wochenschr. Brauerei* **22**, 89—92.
- und Bischoff, E., 1909: Der Einfluß des Lagerens und Trocknens auf die Gerste. *Wochenschr. Brauerei* **26**, 449—459, 469—479, 524—530, 534—542.
- Zade, A., 1912: Der Flughäfer (*Avena fatua*). *Arb. D. L. G.* **229**.
- 1933: Experimentelle Untersuchungen über die Auswuchsneigung als Sorteneigenschaft des Getreides. *Zeitschr. Züchtung A*, **18**, 212—222
-