

19. BISHOP, C. E. u. W. D. TOUSSAINT: Introduction to agricultural economic analysis. — New York: Wiley; London: Chapman & Hall 1958. S. 176.
20. MARTIN, A.: Economics and agriculture. — London 1958. S. 28.
21. WAGEMANN, E.: Berühmte Denkfehler der Nationalökonomie. München: Lehnen 1951. S. 69.
22. Zu der Frage, ob sich die Bauern der unentwickelten Länder invers verhalten, vgl. außer der bei

MARTIN, A., a.a.O., S. 28—29 genannten Literatur etwa noch NEUMARK, S. D.: Some Economic development problems of African agriculture. — J. of Farm Econ. 41 (1959) No. 1, S. 43—50; BAUER, P. T. and B. S. YAMAY: A Case Study of response to price in an underdeveloped economy. — Econ. J. 69 (1959) No. 276, S. 800—805; STERN, R. M.: The Price responsiveness of Egyptian cotton producers. — Kyklos 12 (1959) Fasc. 3, S. 375—384.

Franz Heilinger und Theodor Brehyan, Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung sowie Chemisches Untersuchungslaboratorium

## STOFFLICHE VERÄNDERUNGEN DER KARTOFFELKNOLLE IM ZUSAMMENHANG MIT DER KEIMUNG

Lebensvorgänge sind u. a. durch Auf- und Umbau chemischer Substanzen gekennzeichnet. Solche Veränderungen sind für einzelne Lebenserscheinungen spezifisch. Sie werden durch Fermente, Hormone, Wuchs- und Hemmstoffe ausgelöst und gesteuert. Vielfach setzen diese Prozesse zeitlich früher ein, als die durch sie bedingten äußerlich erkennbaren Umwandlungen auftreten. Das gilt besonders dann, wenn für einen Vorgang Substanzen als Energiequellen und Baustoffe bereitgestellt werden müssen, aber auch in solchen Fällen, wenn durch Außeneinflüsse Störungen hervorgerufen werden und der normale weitere Entwicklungsverlauf nicht erfolgen kann.

Die Erforschung chemischer Prozesse im Organismus ermöglicht es, die ihnen folgenden Wirkungen voraussehen. Das ist besonders in der Pflanzenphysiologie von großer Bedeutung. Für die Praxis können dadurch Keimbereitschaft, Reifegrad, Krankheitsbefall, Aufbau und Erhaltung wichtiger Substanzen u. a. erkannt werden.

### Stärke und Proteinsubstanz der Kartoffelknolle

Der Stärkegehalt der Kartoffel schwankt je nach Sorte zwischen 10 und 25 % der Frischsubstanz. Vom chemischen Aufbau aus betrachtet, ist zwischen Amylose und Amylopektin zu unterscheiden. Der Abbau von Stärke in Zucker und schließlich die Veratmung der Zucker unter Freiwerden von Energie stehen mit der Keimung im engen Zusammenhang. Somit besteht die Möglichkeit, auf Grund des Zuckergehaltes und der Atmungsintensität Schlüsse auf die Keimung zu ziehen.

Der Proteinanteil in der Kartoffel ist gering (etwa 2 % der Frischsubstanz), er spielt aber in der Entwicklungsphysiologie eine bedeutende Rolle. Auch hier handelt es sich nicht um eine einheitliche Substanz, sondern wir treffen von den Eiweißbausteinen, den Aminosäuren, Übergangsformen bis zum hochwertigen Reineiweiß, dem Tuberin, an. Das Verhältnis zwischen Aminosäuren, Amiden und Tuberin hängt von Sorte, Reife und nach der Ernte von den Lagerungsbedingungen ab, wobei auch wieder enge Zusammenhänge mit der Keimung bestehen. Es ist also hier durchaus möglich, Verschiebungen innerhalb der Gesamtproteinsubstanz mit der Keimung in Einklang zu bringen.

### Atmungsintensität und Keimung

Einen wesentlichen Einfluß auf die Atmungsintensität während der Lagerung übt die Temperatur aus (1, 3, 5): Höchste CO<sub>2</sub>-Abgabe bei 18° C, es folgt 1° C, geringste und annähernd gleiche CO<sub>2</sub>-Abgaben bei 4° und 7° C. Betrachtet man jedoch den Verlauf der Atmungsintensität während der Lagerung (Übersicht 1), dann ergeben die Werte bei 1° C vom Beginn der Einlagerung im November bis zum März ein ständiges Ansteigen der Atmung. Bei den anderen Lagerungsbedingungen fällt die CO<sub>2</sub>-Abgabe anfangs, weist zu unterschiedlichen Zeitpunkten Minima auf und steigt später wieder an. Diese tiefsten Werte — bei 18° C im Dezember, bei 7° C im Januar und bei 4° C im Februar — fallen mit den Zeiten zusammen, bei denen die Keimung sichtbar einsetzt. Hier bestehen offensichtlich Beziehungen zwischen der von der Lagerungstemperatur abhängigen Atmungsintensität und der Keimung.

Offen steht noch, ob sich bei der Behandlung von Kartoffeln mit keimhemmenden bzw. keimfördernden Mitteln ein ähnliches Verhalten zwischen Keimungsbeginn und Atmungsintensität einstellt.

Übersicht 1  
CO<sub>2</sub>-Abgabe in g pro kg Kartoffeln, täglich  
Sorte: Heida  
Durchschnittswerte für 1957/58 und 1958/59

	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April
1° C	0,09	0,10	0,11	0,12	0,22	0,14
4° C	0,09	0,07	0,11	0,07	0,16	0,13
7° C	0,08	0,06	0,05	0,10	0,24	0,17
18° C	0,12	0,08	0,10	0,16	0,24	0,35

### Zuckerzusammensetzung und Keimung

Den Hauptanteil an Zuckern — die Gesamtmenge zur Zeit der Ernte beträgt zwischen 0,5 und 1,5 % der Frischsubstanz — machen Saccharose, Glukose und Fruktose aus. Reduzierende Zucker (Glukose und Fruktose) können analytisch bestimmt, nichtreduzierende Zucker (Saccharose) aus den Werten für Gesamtkohlenhydrate und reduzierende Zucker berechnet werden. Auch durch die Papierchromatographie lassen sich hier gute Ergebnisse erreichen.

Der fermentative Abbau von Stärke führt über Maltose zu Glukose, der von Saccharose zu Glukose

und Fruktose. Diese Monosaccharide werden veratmet. Es bestehen hier also Beziehungen zwischen Stärke-, Zuckerabbau und Atmung und damit auch zwischen Atmung und Keimung.

Beim papierchromatographischen Nachweis der Zucker zeigten sich deutliche Unterschiede im Gehalt und im Verhältnis der einzelnen Zucker in Abhängigkeit von der Lagerung (Dauer und Temperatur). Nach 6monatiger Lagerung war ein sinkender Gehalt an Glukose und Fruktose mit steigender Lagerungstemperatur (1°, 4°, 7° und 18° C) zu erkennen; Saccharose wies die höchste Konzentration bei 1° und 18° C auf (3, 6). Der Verbrauch an Glukose und Fruktose steht wahrscheinlich mit der Keimung (in Abhängigkeit von Lagerungstemperatur) im engen Zusammenhang, wenn man bedenkt, daß phosphorylierte Monosaccharide als Energieträger anzusehen sind und daß die Glukose bei der Biosynthese der Stärke im Keim Verwendung findet. Untersuchungen über die Veränderung der Zuckerzusammensetzung im Laufe der Lagerung werden durchgeführt.

### Proteinsubstanz und Keimung

Unter den freien Aminosäuren bestehen in Abhängigkeit von Lagerzeit und Lagerungsbedingungen quantitative Unterschiede. Das auffälligste Verhalten zeigt Prolin (1, 2, 3, 4, 5). Nach einer 6monatigen Lagerung (1957/58) bei 1°, 4°, 7° und 18° C trat bei papierchromatographischen Untersuchungen von abgedruckten Mikrotomschnitten und aufgetragenen Preßsäften der bei 1° C aufbewahrten Knollen eine starke Reaktion für Prolin ein, während in den bei den übrigen Temperaturen gelagerten Knollen diese Aminosäure kaum nachzuweisen war. Die bei 1° C aufbewahrten Kartoffeln unterschieden sich von den bei höheren Temperaturen gelagerten dadurch, daß sie nicht gekeimt waren. Im Verlaufe der Lagerungsperiode 1958/59 wurden deshalb Kartoffeln in gewissen Zeitabständen auf den Prolingehalt untersucht. Es ergab sich in allen Fällen eine Konzentrationserhöhung dieser Aminosäure vom Zeitpunkt der Einlagerung, und zwar um so schneller, je früher die Keimung einsetzte, also mit steigender Temperatur. Mit Beginn der Keimbildung sank der Prolingehalt in der Knolle. Es konnte in hoher Konzentration in den Keimen nachgewiesen werden. Damit war der hohe Prolingehalt nach mehrmonatiger Lagerung der bei 1° C aufbewahrten und nicht gekeimten Knollen geklärt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß zwischen dem Ansteigen des Prolingehaltes in der Knolle und der Aufhebung der Keimruhe bzw. dem Beginn der Keimung ein biochemischer Zusammenhang besteht. Dafür sprechen auch Untersuchungen, in denen bei Behandlung von Kartoffeln mit keimhemmenden (Maleinsäurehydrazid) bzw. mit keimfördernden Mitteln (Rindite, Gibberellin) eine Verzögerung bzw. eine Beschleunigung der Zunahme des freien Prolins in der Knolle auftritt.

Mit der biochemischen Bedeutung des Prolins eröffneten sich weitere Probleme hinsichtlich der Genese und des Verhaltens dieser Aminosäure im Stoffwechsel der Kartoffel. Neuere Beobachtungen

lassen vermuten, daß das Prolin wahrscheinlich kaum über Glutaminsäure, wie zu erwarten wäre, sondern aus der Peptidfraktion der Kartoffel geliefert wird.

Bei papierchromatographischen Untersuchungen der Peptidfraktion hat sich gezeigt, daß auch hier charakteristische Veränderungen in Abhängigkeit von der Lagerung bestehen. Es ist anzunehmen, daß hierbei unmittelbare Beziehungen zu den Veränderungen des Prolingehaltes bestehen. Ob im Falle der Peptide charakteristische Merkmale für die Keimbereitschaft und die Keimung wie beim Prolin auftreten, wird zur Zeit untersucht. Auf diese Fragen soll in einer späteren Veröffentlichung eingegangen werden.

### Zusammenfassung

Der Stoffwechsel von Stärke, Kohlenhydraten und Eiweiß steht in engem Zusammenhang mit der Keimung der Kartoffel. Untersuchungen an verschiedenen Kartoffelsorten während und nach mehrmonatiger Lagerung bei verschiedenen Temperaturen ließen folgendes erkennen:

1. Die Atmungsintensität weist unmittelbar vor der Keimbildung ein Minimum auf; mit einsetzender Keimbildung steigt die CO<sub>2</sub>-Abgabe an.
2. Der geringere Gehalt an Glukose und Fruktose scheint mit der Keimbildung in Beziehung zu stehen.
3. Die Aminosäure Prolin erreicht vor der Keimung in der Knolle einen hohen Gehalt, sie wird bei der Keimbildung von der Knolle in den Keim verlagert.
4. Auch die Peptidfraktion zeigt charakteristische Einflüsse in Abhängigkeit von der Lagerung, woraus wahrscheinlich Schlüsse auf die Keimbildung gezogen werden können.
5. Die beschriebenen Veränderungen im Stoffwechsel der Kartoffelknolle treten auch nach einer durch entsprechende Behandlungsmittel hervorgerufenen Hemmung bzw. Förderung der Keimung auf.

Die Versuche werden fortgesetzt, um mit der Keimbildung in Verbindung stehende biochemische Vorgänge aufzuklären.

### Schrifttumsnachweis

1. ALTEN, F., Th. BREYHAN, O. FISCHNICH, F. HEILINGER, E. HOFMANN, E. LATZKO u. Chr. PÄTZOLD: Stoffwechselphysiologie und Vitalität von Pflanzkartoffeln. — Landw. Forsch. im Dr.
2. BREYHAN, Th., F. HEILINGER u. O. FISCHNICH: Über das Vorkommen und die Bedeutung des Prolins in der Kartoffel. — Landw. Forsch. 12 (1959) H. 4, S. 293—295.
3. FISCHNICH, O.: Beitrag zur Stoffwechsel- und Entwicklungsphysiologie der Kartoffel. — Landbauforsch. 9 (1959) H. 3/4, S. 68—74.
4. FISCHNICH, O., F. HEILINGER u. Chr. PÄTZOLD: Die Erhaltung des Rohstoffwertes von Kartoffeln. — In: Zweiter Tag der Kartoffelforschung, Detmold (1959). S. 7—32.
5. HEILINGER, F. u. Th. BREYHAN: Zur Kenntnis der Aminosäuren in Kartoffeln. — Landbauforsch. 9 (1959) H. 1, S. 17—18.
6. HEILINGER, F. u. W.F. van VLIET: Stoffliche Veränderungen der Kartoffelsorte Ackersegen in Abhängigkeit von verschiedenen Lagerungstemperaturen. — Europ. Potato J. im Dr.