

Traktoren, Handelsdünger und Saatgut zu geben und ihnen zu zeigen, wie man Ödland kultiviert, Kulturgrünland anlegt und Milchvieh züchtet, wäre besser als ihnen Kanonen zu liefern. Die Erde ist willig, wenn der Mensch nur von seinen Gaben den rechten Gebrauch macht und die Naturgesetze nicht mißachtet. Sie wird ihren Segen dann auch den bisher Armen zuteil werden lassen. Hier hat die weiße Rasse eine Mission im wahrsten Sinne zu erfüllen, indem sie ihre schöpferischen Gaben entfaltet und im Geiste ALBERT SCHWEITZERS die im

Aufbruch befindliche farbige Welt an ihren Ererungenschaften der Wissenschaft und Technik in brüderlicher Zusammenarbeit teilnehmen läßt.

#### Schrifttumsnachweis

1. KÖNEKAMP, A.: Grünland — die unsichtbare Kolonie. — Dt. Bauernztg. 2 (1949) Nr. 20, S. 5.
2. WECKE, R.: Die deutsche Ödlandkultivierung im Lichte der Statistik, Gesetzgebung, Wissenschaft und Praxis. — 1953 (Ms.).

Otto Fischnich, Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung

## BEITRAG ZUR STOFFWECHSEL- UND ENTWICKLUNGSPHYSIOLOGIE DER KARTOFFEL

### Einleitung

Erbgut und Umwelt bestimmen den Entwicklungsverlauf der Lebewesen. Die aus einem Samen, einer Knolle oder einem anderen Vermehrungsorgan sich entwickelnde Pflanze ist dabei das sichtbare Ergebnis stoffwechselphysiologischer Reaktionen.

Wie diese sich im Lebenslauf der Pflanze im einzelnen manifestieren und in welchem Ausmaß hierbei äußere Einflüsse modifizierend auf den Gesamtorganismus oder dessen Organe einwirken, ist bestimmend für die Anbauverfahren und Nutzung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

Es soll hier versucht werden, die Vorgänge in ihren Ursachen und Wirkungen für einzelne Lebensabschnitte der Kartoffelpflanze darzustellen. Wir wollen dabei die ruhende und keimende Kartoffelknolle und die daraus entstehende Pflanze in einzelnen Phasen ihres Wachstums betrachten und zugleich beleuchten, wie sich ihr Stoffwechsel unter dem Einfluß von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Licht oder anderen Wirkungsfaktoren ändert und welche Rückwirkungen daraus für das Wachstum entstehen.

Nur wenn wir diese Vorgänge kennen und beherrschen lernen, sind wir in der Lage, uns den zeitbedingten Forderungen des Kartoffelbaus anzupassen.

### STOFFWECHSELPHYSIOLOGIE

Die Kartoffelknolle befindet sich z. Z. der Ernte — je nach Sorte und äußeren Einflüssen — in einem vornehmlich durch Hemmstoffe bedingten Ruhestadium (16, 22). In diesem Zustand ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse — hohe oder niedrigere Temperatur, mechanische Reizeinwirkung u. a. — erhöht. Als Folge außergewöhnlicher Witterungsverhältnisse — wie im Jahre 1959 — kann die Knolle jedoch bereits vor der Ernte in der Erde keimen. Wir sprechen dann von Durchwuchs, Kindelbildung u. a. Dadurch wird der Wert des Erntegutes wesentlich gemindert, weil jetzt schon Stoffmobilisierungen eintreten, die wir nor-

malerweise gar nicht oder zu einem späteren Zeitpunkt wünschen.

Hier wird offensichtlich, warum es wichtig ist, die Bedingungen kennenzulernen, die zur Keimung der Kartoffelknolle führen, um diese — dem Verwendungszweck der Kartoffel entsprechend — lenken zu können (22).

Der Übergang der Knolle aus dem latenten Stadium der Keimruhe in dasjenige der Aktivität erfolgt verhältnismäßig langsam. Um in unseren Versuchen aber in kurzer Zeit einen Einblick in die vor, bei Beginn und im Verlauf der Keimung sich abspielenden Stoffwechselprozesse zu erlangen, bedienten wir uns verschiedener Keimförderungsmitel.

In den behandelten Knollen stellten wir noch vor dem Keimaustrieb u. a. eine Zunahme des Gehaltes an Vitamin C und Glutathion, eine Anreicherung an Rohrzucker auf Kosten der Stärke, eine Zunahme des Gehaltes an freien Aminosäuren im Saft der Knollen sowie einen Anstieg des pH-Wertes von 5,8 zum Neutralpunkt hin fest (16).

Andere Autoren fanden kurze Zeit nach ähnlicher Behandlung der Knollen mit Äthylenchlorhydrin und anderen Substanzen eine starke Steigerung der Atmungsintensität. Die gebildete Kohlensäure lag 65 Stunden nach der Behandlung um 400 % höher als bei unbehandelten Knollen. Nach 144 Stunden fiel sie auf 125 %, um beim Sproßaustrieb wieder anzusteigen. Parallel mit steigender Atmungsintensität beobachteten sie kurze Zeit nach Beginn der Behandlung eine Abnahme des Gehaltes an Zitronensäure sowie eine Änderung des pH-Wertes. Gleichlaufend mit diesen Vorgängen wurde eine Zunahme der Fermente Katalase und Peroxydase und eine solche von Rohrzucker auf Kosten des Stärkegehaltes und schließlich eine Glutathionvermehrung nachgewiesen (3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 26).

Unter Zugrundelegung dieser Erkenntnisse haben wir eine Arbeitshypothese aufgestellt. Sie besagt:

In den Schalen und den darunter liegenden Zellschichten frisch geernteter Kartoffeln befinden sich Hemmstoffe, die das

Austreiben der Augen zunächst verhindern. Durch Keimförderungsmittel werden sie abgebaut. Mit ihrem Schwinden werden Bau- und Wuchsstoffe ange-reichert, die das Keimen und die Entwick-lung der Pflanze fördern.

Hat eine Knolle ihre Ruheperiode durch natürlichen Abbau der Hemmstoffe been-det, dann hängt die Förderung der Kei-mung nur von der Beschleunigung der Stoffumbildungen und der dadurch beding-ten Steigerung des Wachstumsprozesses ab (16, 22).

Zur Vertiefung unserer Kenntnisse in dieser Rich-tung versuchen wir nunmehr, durch weitere stoff-wechsel- und entwicklungsphysiologische Unter-suchungen, die Bedeutung und das Zusammenwir-ken der vorerwähnten und anderer Stoffe zu ergründen\*).

Die gewonnenen Ergebnisse sollen uns einerseits den Weg für eine verlustarme und die Qualität erhaltende Lagerhaltung von Speise- und Pflanz-kartoffeln sowie für industrielle Zwecke zu ver-wendende Kartoffeln zeigen. Andererseits wollen wir damit die Bedingungen für einen optimalen Aufwuchs aus Pflanzgut klären (8).

Von den Inhaltsstoffen ist in der Kartoffelknolle nächst Wasser die Stärke am meisten vorhanden (9). Sie stellt den Ausgangspunkt des Kohlenhydratstoff-wechsels dar. Deshalb soll auf einige dieser Prozesse etwas näher eingegangen werden.

#### Kohlenhydratstoffwechsel

Auf Grund unserer langjährigen Überprüfungen des deutschen Kartoffelsortimentes dürfen Speise-kartoffeln über einen langen Zeitraum nur bei einer Temperatur zwischen 3° und 6° C aufbe-wahrt werden. Ist die Temperatur niedriger als 3° C, dann besteht die Gefahr des Süßwerdens. Bei höherer Temperatur als 6° C beginnen die Kar-toffeln bald zu keimen. Für Pflanzkartoffeln — dem Keimdrang der Sorte entsprechend — liegt der Temperaturbereich für optimale Lagerung zwischen 4° und 7° C. In temperaturregelbaren Lagerstätten lassen sich diese Temperaturbereiche von Oktober bis April gut, darüber hinaus vielfach nur durch zusätzliche Kühlung einhalten (8).

Bei diesen Versuchen tritt in Abhängigkeit von der Temperatur klar in Erscheinung, daß die Atmung im Mittelpunkt chemischer Vorgänge bei der Keimung steht (22). Sie wird in ihrer Intensität durch die Lagertemperatur stark beeinflusst. Dabei läuft vorherrschend folgender Prozeß ab:

Stärke  $\rightleftharpoons$  Zucker  $\rightarrow$  Kohlensäure + Wasser.

Die Bestimmung der Stärke und des Zucker-gehaltes einerseits, die Messung, der bei der Atmung freigewordenen Kohlensäure andererseits — die Wassermenge kann daraus errechnet wer-den — erlauben es, den Kohlenhydratstoffwechsel unter verschiedenen Lagerbedingungen zu verglei-chen.

Für solche Versuche haben wir früh und normal gerodete Kartoffeln herangezogen, um festzustel-len, ob die Knollen während der Lagerung bei verschiedener Temperatur in Abhängigkeit vom Rodetermin und damit vom „Reifezustand“ un-terschiedliches Verhalten hinsichtlich der Atmung und anderer Stoffwechselprozesse zeigen.

\*) Diese Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit dem Chemischen Untersuchungslaboratorium der FAL durchgeführt.

Das ist eine Frage, die im Rahmen der Pflanzgut-erzeugung, vornehmlich bei der Frührodung, von großem Interesse ist.

In Übersicht 1 ist für die Sorte ACKERSEGEN die CO<sub>2</sub>-Abgabe in g pro kg Kartoffeln in Abhängig-keit von der Lagertemperatur — 1°, 4°, 7° und 18° C — für einen Zeitraum von 6 Monaten — November bis April — für die Lagerperioden 1957/58 und 1958/59 wiedergegeben. Die relative Luftfeuchtigkeit in den Lagerräumen betrug bei 1° = 66 %, bei 4° = 67 %, bei 7° = 85 %, bei 18° = 50 % (Übersicht 1).

#### Übersicht 1

##### Gesamt - CO<sub>2</sub> - Abgabe in g pro Kilogramm Kartoffeln von November bis April

Sorte: ACKERSEGEN

Durchschnitt für die Jahre 1957/58 und 1958/59

N = Normalrodung, F = Frührodung.

Temperatur	N	F	φ
1°	25	21	23
4°	18	17	18
7°	19	19	19
18°	29	31	30
φ	23	22	

Die Übersicht zeigt, daß die Atmungsintensität bei 1° C hoch, bei 4° und 7° C niedrig und am höchsten bei einer Lagertemperatur von 18° C liegt. Obwohl die bei 1° C gelagerten Knollen nicht keimen, ist die Atmungsintensität höher als bei 4° und 7° C. Worauf das zurückzuführen ist, soll durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Atmung steht der Stärkeverlust der Knollen. Das wird für die Sorte HEIDA, die unter den gleichen Bedin-gungen wie die zuvor beschriebene Sorte ACKER-SEGEN aufbewahrt war, gezeigt (Übersicht 2).

#### Übersicht 2

##### Stärkeverlust und Zuckerzunahme in % von November bis April in Abhängigkeit von der Lagerungstemperatur

Stärke und Zucker bei der Einlagerung = 100 %

Sorte: HEIDA

Durchschnitt für die Jahre 1957/58 und 1958/59

Temperatur	Stärkeabnahme	Zuckerzunahme
1° C	49,99	742,84
4° C	15,78	122,23
7° C	9,27	5,03
18° C	32,81	39,72

Höchster Stärkeverlust und größte Zuckerzunahme sind für die Sorte HEIDA bei 1°-Lagerung zu verzeichnen. Dann folgt der Stärkeverlust bzw. die Zuckerzunahme für die Temperaturen von 18° und 4° C, wobei der Stärkeverlust bei 18°, die Zuckerzunahme bei 4° C höher liegt. Am gün-stigsten für die Stärkebilanz — entsprechend einem geringen Abbau zu Zucker bzw. Kohlen-säure und Wasser — erweist sich bei der Sorte HEIDA eine Lagerungstemperatur von 7° C. Weiterhin ist aus Übersicht 1 erkennbar, daß früh gerodete Kartoffeln sich im Lager genauso ver-halten wie zu normalem Zeitpunkt geerntete.

Das bestätigt auch ein Vergleich des Zucker-gehaltes früh und normal gerodeter Knollen der

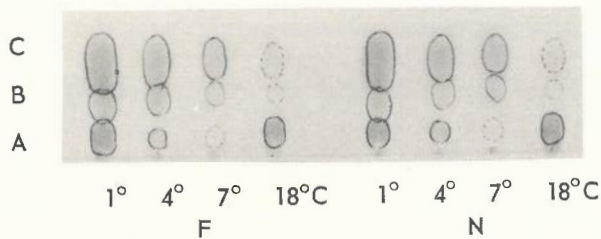


Bild 1: Sorte ACKERSEGEN. Papierchromatogramm, eindimensional, aufsteigend. Nachweis von Saccharose (A), Glukose (B), Fruktose (C) bei früh (F) und zu normalem (N) Zeitpunkt geernteten Knollen nach einjähriger Lagerung bei 1°, 4°, 7°, 18° C.

Sorte ACKERSEGEN in Abhängigkeit von der Dauer der Lagerung bei verschiedener Temperatur. Hierüber gibt Bild 1 einen Überblick.

Im Chromatogramm ist zu sehen, daß Saccharose, Glukose und Fruktose sich in quantitativer Hinsicht in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und Lagerdauer unterscheiden. Ihr Gehalt ist für

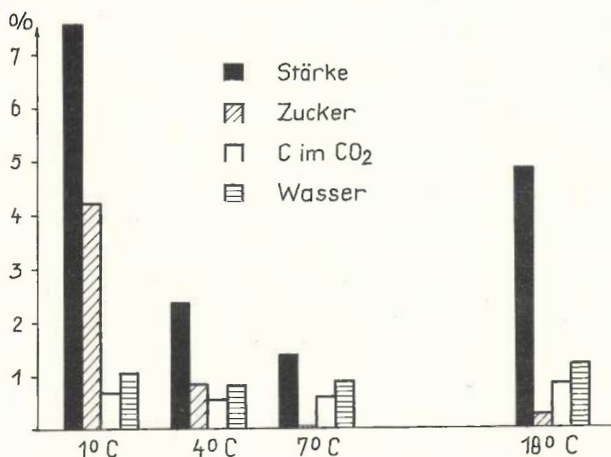


Bild 2: Sorte HEIDA. Kohlenhydratstoffwechsel: Stärkeverlust, Zuckerzunahme, Kohlensäure- und Wasserabgabe. Lagerung 1957/58 und 1958/58: November bis April. Bei Beginn der Einlagerung Stärke = 14,83 %, Zucker = 0,77 %.

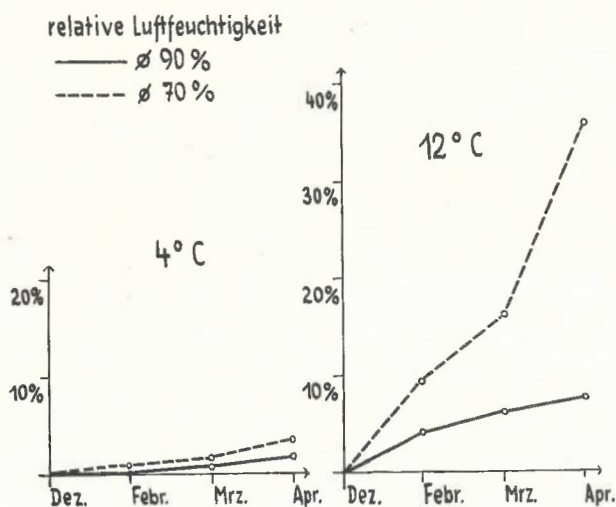


Bild 3: Sorte VERA. Knollengewichtsverlust in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Lagerung 1958/59.

Material aus Frührodung und Normalrodung etwa gleich.

Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, die im Zusammenhang mit dem Zuckergehalt stehenden entwicklungsphysiologischen Prozesse aufzuklären\*). In Bild 2 sind Kohlenhydratstoffwechsel, Stärkeverlust, Zuckerzunahme, Kohlensäure- und Wasserabnahme, nach sechsmonatiger Lagerung für die Sorte HEIDA in Mittelwerten für 1957/58 und 1958/59 zusammengefaßt, dargestellt.

Vergleicht man die in Übersicht 1 und 2 und die im Säulendiagramm (Bild 2) wiedergegebenen Daten, so zeigt sich, daß die bei hoher Luftfeuchtigkeit (85 %) und 7° C aufbewahrten Knollen den geringsten Stoffumsatz und die geringste Bilanzabweichung aufweisen. Daraus ergibt sich die Forderung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit zugleich zu beachten.

Wie eine Sorte bei gleicher Temperatur, aber unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit reagiert, zeigt Bild 3.

Die bei hoher Luftfeuchtigkeit aufbewahrten Knollen weisen im 12°-Lagerraum höheren Gewichtsverlust auf als die bei 4° C gelagerten. Wesentlich größere Unterschiede im Gewichtsverlust sind jedoch bei verhältnismäßig geringer Luftfeuchte zu verzeichnen.

Das Ergebnis dieses Versuches zeigt uns, daß die Luftfeuchtigkeit zweifellos von großer Bedeutung ist. Sie ist bei Lagerungsversuchen bisher nicht genügend berücksichtigt worden. Hieraus erklärt sich vielleicht auch das oft unterschiedliche Ergebnis von Untersuchungen über die Gewichtsverlustbildung bei Kartoffeln.

#### Stickstoff — Stoffwechsel

Neben Kohlenhydraten sind in der Knolle noch andere wichtige Stoffe und Stoffgruppen, die einerseits für den Aufbau der aus der Knolle wachsenden Pflanze, andererseits für die Ernährung von Mensch und Tier von Bedeutung sind. Es sind dies die stickstoffhaltigen, organischen Verbindungen (9, 20, 21, 23).

Rohprotein als Eiweißsubstanz (Tuberin) und Eiweißbausteine (Aminosäuren und Amide) sind im Durchschnitt zu 2 % in der Knolle enthalten. Über ihre entwicklungsphysiologischen Funktionen bei der Keimung und der weiteren Entwicklung sollen laufende Untersuchungen Klarheit schaffen. Die Proteine liegen in der Kartoffelknolle zum Teil als Reservesubstanz vor. Ob sie — wie die Stärke — weitgehend zum Energiegewinn abgebaut werden oder nur bis zu den Aminosäuren, in gewissen Fällen bis zu den Amidinen, bedarf noch der Aufklärung.

Bei unseren Keimversuchen konnten wir feststellen, daß der Gehalt an Aminosäuren in den Knollen und Keimen zunahm. Je nach Lagerbedingung und Lagerdauer fanden wir bei einzelnen Aminosäuren erhebliche Unterschiede (1, 14, 15).

Mit Hilfe der Papierchromatographie haben wir etwa 20 Aminosäuren in der Knolle und etwa 10 in den Keimen nachweisen können. Sie kommen z. T. frei, z. T. in Form ihrer Amide oder in der hochmolekularen Eiweißsubstanz vor.

Da diese Methode die Gewähr bietet, die freien Aminosäuren qualitativ und quantitativ auch im

\*) In Kürze erscheint hierüber eine Veröffentlichung von HEILINGER — Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung der FAL — und van VLIET — Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwprodukten, Wageningen/Niederlande.

Verlauf der Lagerung unter verschiedenen Bedingungen bestimmen zu können, besteht Aussicht, den Proteinstoffwechsel verfolgen und ihn durch entsprechende Maßnahmen mehr oder weniger stark beeinflussen zu können (14, 24, 25, 27).

Bei unseren Untersuchungen sind wir bemüht, auch Kenntnis über die lokale Verteilung einzelner Stoffe in der Knolle zu gewinnen. Hierfür wurde bisher die Knolle in Sektoren zerlegt und diese im ganzen analysiert (24).

Wir gehen jetzt einen anderen Weg (1). Mikrotomschnitte von Knollen (280  $\mu$ ) werden auf Chromatographiepapier abgepreßt und die interessierende Stoffgruppe nach Trocknung des Papiers mit geeigneten Farbreagenzien sichtbar gemacht. In Kombination mit der Ringpapierchromatographie ist eine noch bessere Auftrennung einzelner Stoffe zu erhalten und ihr lokales Vorkommen in der Knolle nachzuweisen (Bild 4).

Dieses Verfahren gestattet den Nachweis und Vergleich von Inhaltsstoffen nach Abdruck einzelner Sektoren verschieden behandelte Kartoffeln in einem Chromatogramm.

Bei Anwendung dieser oder aber auch der ein- und zweidimensionalen Papierchromatographie fanden wir die größten quantitativen Unterschiede in Abhängigkeit von der Dauer der Lagerung und der Lagerbedingungen bzw. nach Behandlung der Knollen mit keimfördernden oder keimhemmenden Substanzen bei der Aminosäure Prolin (2).

Frisch geerntete Kartoffeln enthalten kaum Prolin. Der Gehalt nimmt im Laufe der Lagerung mit steigender Temperatur zu. Nach einjähriger Aufbewahrung der Knollen bei 1° C fanden wir viel, bei 4°, 7° und 18° C mit zunehmender Temperatur weniger. Bei den bei 1° C gelagerten und ungekeimten Kartoffeln verblieb das Prolin in der Knolle, nach 4°, 7°, 18° C-Lagerung war es in die gebildeten Keime abgewandert, wo es gemäß der Keimgröße in entsprechender Menge nachzuweisen war.

Die Extinktionswerte des Prolingehaltes aus einem Versuch mit der Sorte HEIDA (Ernte 1957, nach einjähriger Aufbewahrung der Knollen bei verschiedenen Temperaturen) sind in Übersicht 3 zusammengestellt (2).

### Übersicht 3

#### Extinktionswerte des Prolingehaltes nach Lagerung bei verschiedenen Temperaturen

Lagerungstemperaturen	Extinktion
1° C	0,025
4° C	0,016
7° C	0,004
18° C	0,003

Unsere bisherigen Versuche zeigen, daß der Gehalt an freiem Prolin sich mit dem Knollenzustand ändert. Diese Aminosäure spielt bei der Stoffmobilisierung offenbar eine besondere Rolle. Ihre Abwanderung aus der Knolle nach der Ruhe in den sich bildenden Keim, ebenso ihr Absinken im ergrünten Keim — wie wir nachweisen konnten — lassen die Annahme zu, daß sie mit der Chlorophyllbildung in einem gewissen Zusammenhang steht (2). Möglicherweise wird sie auch bei der Synthese des Blatteiweißes verwendet.

In diesem Zusammenhang interessiert auch die Genese des Prolins, die entweder aus anderen

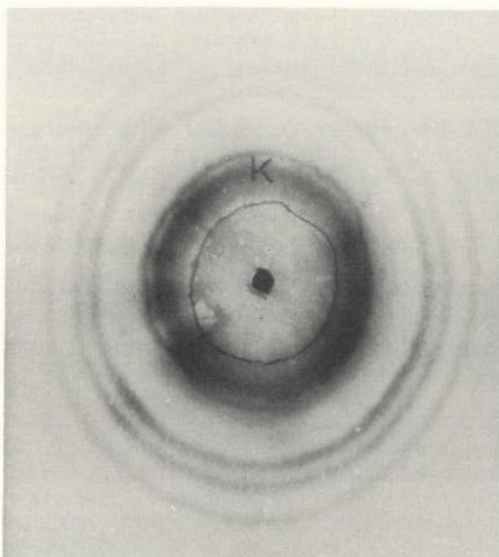


Bild 4: Ringpapierchromatographie eines Kartoffellängsschnittes zur Sichtbarmachung von Aminosäuren und Peptiden durch Anfärbung mit Ninhydrin.

Aminosäuren gebildet werden kann, oder aber durch Eiweißabbau frei wird.

In die Untersuchungen über den Prolinstoffwechsel haben wir auch mit den Keimförderungsmitteln Rindite\*) oder Gibberellin behandelte Knollen einbezogen. Diese lassen vorzeitig (noch vor dem Keimen) einen besonders hohen Gehalt an Prolin gegenüber den unbehandelten Knollen erkennen.

Andererseits läßt sich die Bildung des Prolins auch durch Keimhemmungsmittel (z. B. Maleinsäurehydrazid-MH) unterbinden oder verzögern. In mit MH behandelten Kartoffeln tritt es erst dann auf, wenn die MH-Wirkung nach langer Lagerdauer nachläßt.

Die Tatsache, daß man mit Keimförderungsmitteln die Bildung des freien Prolins fördern und mit Hemmstoffen solange verhindern kann, bis deren Hemmwirkung aufhört, gestattet es voraussichtlich, die Entwicklungsbereitschaft bzw. den Entwicklungszustand der Knollen mit Hilfe der Bestimmung des Prolinspiegels in der Knolle zu testen. Ähnlich wie die Veränderung des Gehaltes von freiem Prolin in den Knollen und Keimen läuft auch die einiger anderer Aminosäuren, wie Glutaminsäure, Tryptophan, Methionin, Leuzin u. a.

Weitere Versuche sollen die bisher erzielten Ergebnisse erhärten und ausbauen. Hierbei wird dann auch dem Stoffwechsel der anderen Inhaltsstoffe der Kartoffelknolle Beachtung geschenkt.

### ENTWICKLUNGSPHYSIOLOGIE

Temperatur, Luftfeuchte und auch das Licht wirken auf den Stoffwechsel der Knollen während der Lagerung je nach den Bedingungen fördernd oder hemmend. Temperatur und Licht modifizieren aber auch die Entwicklung der Knolle bei der Vorbehandlung zum Auslegen — Vorkeimen —, bei der Anfangsentwicklung der Knollen im Boden —

\*) Rindite, Äthylenchlorhydrin, Äthylendichlorid, Tetrachorkohlenstoff (7:3:1).

Bodentemperatur — sowie die sich entwickelnde Pflanze nach dem Auflaufen (17, 18). Die Frage der Herkunft bedarf in diesem Zusammenhang ebenfalls einer Klärung.

Durch die Möglichkeit, die Stoffwechselfvorgänge in der Knolle lenken zu können, werden für den praktischen Kartoffelbau wesentliche Maßnahmen durchführbar:

1. Vorkeimung im Rahmen der Pflanzguterzeugung
2. Keimförderung frisch geernteter Kartoffeln zur Bestimmung gewisser Viruserkrankungen
3. Abkürzung des Zuchtganges zur Gewinnung mehrerer Generationen in einem Jahr
4. Bestimmung der Sortenechtheit.

Aus der Vielzahl der hier anstehenden Fragen sollen die Vorkeimung, die Entwicklung der Pflanze im Boden in Abhängigkeit vom Keimzustand der Knolle beim Legen und von der Bodentemperatur sowie die Entwicklung der Kartoffelpflanze unter dem Einfluß von Temperatur und Licht kurz behandelt werden.

#### Vorkeimung im Rahmen der Pflanzguterzeugung

Gute Entwicklungsbereitschaft, nämlich Keimstimmung oder Vorkeimung, lassen sich u. a. durch richtige Temperaturführung während des Aufbewahrens herbeiführen. Um ein starkes Keimwachstum bei dem Vorbereiten des Pflanzgutes zu verhindern, setzt man Kartoffeln bei Tageslicht oder Kunstlicht zum Vorkeimen an. Als Folge dieser Maßnahme entsteht in Abhängigkeit von der Temperatur der sogenannte Lichtkeim (8, 22).

Den Einfluß, den das Licht bei der Entwicklung solcher Keime ausübt, kennen wir noch nicht. Es wird vermutet, daß Hemmstoffe hierbei aktiviert werden, die in ihrer Wirkung die Wuchsstoffe übertreffen.

Im Rahmen solcher Untersuchungen stellten wir aber auch Überlegungen an, ob durch das Licht während des Vorkeimens ein Einfluß ausgeübt wird, der sich nach dem Auspflanzen bemerkbar macht. Hierbei denken wir besonders an eine Kurztaginduktion\*) Zur Beschleunigung der

\*) Kurztag = 12 Stunden und weniger tägliche Lichtdauer.

Knollenbildung bei der Frühkartoffelerzeugung und der Gewinnung gesunden Pflanzgutes (19).

Bisher konnten wir bei den geprüften Sorten lediglich eine schwache Nachwirkung des Lichtes beim Vorkeimen auf den generativen Entwicklungsgang und das Längenwachstum der Stolonen nachweisen. Ein nachhaltiger direkter Einfluß auf die Knollenbildung im Feldbestand konnte nicht festgestellt werden.

#### Bodentemperatur

Vom Auspflanzen bis zum Auflaufen werden das Wachstum und die Entwicklung der Kartoffelpflanze vorwiegend von der Bodentemperatur beeinflusst. Im Zusammenhang damit untersuchen wir die Frage, welche Bodentemperatur in Abhängigkeit von der Keimvorbereitung des Pflanzgutes für das Auflaufen und die Weiterentwicklung der Pflanzen am günstigsten ist.

Bisher haben wir, wie zu erwarten war, gefunden, daß das Wachstum bei einer Bodentemperatur von 12° C am intensivsten verläuft. Es fiel zwischen 8° und 5° C ab, doch war bei 3° C, vornehmlich bei vorgekeimtem und keimgestimmtem Material, noch Trieb- und Wurzelentwicklung zu beobachten.

Den Entwicklungszustand der Knollen, die verschieden vorbereitet bei 8° C konstanter Bodentemperatur aufwuchsen und 6 Wochen nach dem Auslegen geerntet wurden, zeigt Bild 5.

Hinsichtlich der Pflanzgutbehandlung bestätigt die Darstellung unsere bisherigen Erkenntnisse. Das stärkste Trieb- und Wurzelwachstum setzte nach Vorkeimen ein. Etwas schwächer ist es bei Knollen, die bei 4° C gelagert und vor dem Auspflanzen in Keimstimmung gebracht wurden sowie bei solchen nach Lagerung bei 7° C. Knollen, die bei 12° C aufbewahrt und infolge starker Keimbildung unmittelbar vor dem Legen abgekeimt werden mußten, zeigten teilweise „Knöllchenbildung“ (10). Das läßt sich im allgemeinen vermeiden, wenn das Abkeimen einige Wochen vor dem Legen erfolgt und die Knollen vor dem Pflanzen keimgestimmt werden. Nach 1° und 4° C-Lagerung ohne Keimstimmung gelegte Knollen waren nur angedeutet oder schwach keimt. Das bedeutet, daß ungekeimte oder abgekeimte Knollen vor dem Legen in Keimstimmung gebracht oder vorgekeimt werden sollten.



1°      1°k      4°      4°k      7°      12°a      12°ak      12°l      12°ll

Bild 5: Sorte BONA. Bodentemperatur und Pflanzenentwicklung. Entwicklung der Sprosse und Wurzeln nach Pflanzung verschieden vorbehandelter Knollen in einen Boden mit einer Temperatur von 8° C. k = keimgestimmt; a = vor dem Pflanzen abgekeimt; ak = abgekeimt, dann keimgestimmt; l = Vorkeimung unter Dauerlicht für 7 Wochen; ll = für 25 Wochen.

Die Relationen zwischen den verschiedenen Lagerungsbedingungen und der Vorbehandlung blieben — abgesehen von einer verstärkten Knöllchenbildung nach einer Pflanzung aus höheren Lager-temperaturen in kalten Boden — bei allen Bodentemperaturen (12°, 8°, 5°, 3° C) im wesentlichen die gleichen.

Aus den bisherigen Versuchen kann gefolgert werden, daß unter normalen Lagerungs- und Vorbehandlungsmaßnahmen ab 8° C Bodentemperatur eine zügige Weiterentwicklung gewährleistet ist, daß jedoch auch niedrige Bodentemperaturen ohne nachhaltige entwicklungsphysiologische Störung ertragen werden, wenn die Knollen in nicht zu hohen Temperaturen gelagert bzw. vorbehandelt worden sind.

### Entwicklung der Kartoffelstaude im Feldbestand

Im weiteren Verlauf des Wachstums der Kartoffelknolle interessiert das photothermische Verhalten der verschiedenen Kartoffelsorten (17, 18). Bei unseren Modellversuchen im Gewächshaus bei hohen Temperaturen (am Tage im Ø 23° C, in der Nacht im Ø 17° C) stellten wir eine Tageslängenabhängigkeit bei der Entwicklung der Kartoffelstaude fest (Bild 6).

Aus dem Bild geht hervor, daß für das Längenwachstum, die Blütenbildung und auch für den zeitlichen Verlauf der Knollenbildung der Bereich der stärkeren photoperiodischen Abhängigkeit für den bei uns üblichen Auflaufzeitpunkt — Mitte Mai — bereits überschritten ist.

Im Gegensatz hierzu stellten wir bei Feldversuchen fest, daß bei Auflaufdifferenzen von 1 bis 3 Wochen erhebliche Entwicklungsunterschiede auftraten (8). Um dieses verschiedenartige Verhalten zu klären, schenken wir bei weiteren Versuchen der Temperatur in Verbindung mit der Tageslichtdauer stärkere Beachtung. Aus den bis jetzt gewonnenen Erkenntnissen haben wir die in dem Bild 7 dargestellte Arbeitshypothese entwickelt.

Das Bild gibt zu erkennen, daß selbst bei konstanter Tageslänge durch eine kurzfristige Änderung der Temperatur Unterschiede im Längenwachstum induziert werden können. Das gleiche kann für andere Wachstumsmerkmale angenommen werden.

Um nun weiterhin zu prüfen, wie sich die wechselnde Tageslänge im Jahresablauf — besonders die kurzen Tage im Frühjahr — auf die Entwicklung der Pflanze auswirkt, wurde ein Kurztag von 12 Stunden unter zunächst mittleren bis höheren Temperaturen gegeben. Es zeigte sich, daß in Abhängigkeit von der Sorte eine begrenzte Zahl von Kurztagen ausreicht, um den Kurztageeinfluß nachhaltig zu induzieren.

Das äußert sich in beschleunigter Knollenbildung, vermindertem Längenwachstum und geringer Blütenbildung. Der Endertrag bleibt unter dem des Normaltages (Langtag) zurück.

Bei einer Frühernte, wie im zünftigen Frühkartoffelbau schon lange, für die Pflanzguterzeugung durch Frührodung neuerdings üblich, kann somit der günstige Einfluß eines zeitigen Legetermins u. a. auch auf die Kurztageinwirkung zurückgeführt werden.

### Herkunftswert

In engem Zusammenhang mit dem photothermischen Verhalten steht auch die Frage, inwieweit

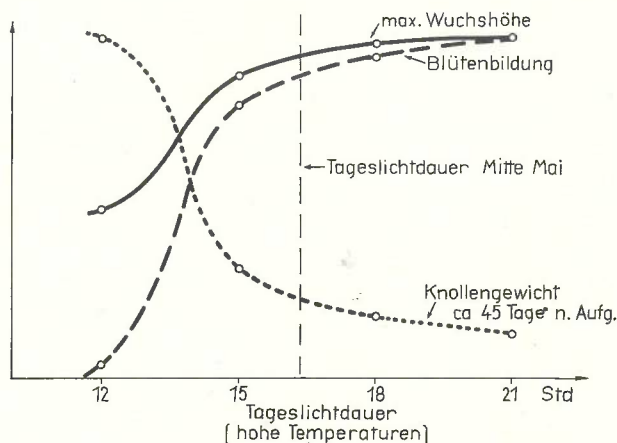


Bild 6: Entwicklung von Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Tageslichtdauer bei hohen Temperaturen (Schematische Darstellung).

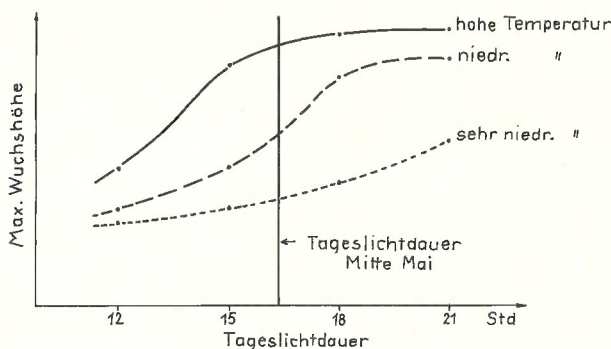


Bild 7: Längenwachstum von Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Tageslichtdauer und der Temperatur (Hypothetische Darstellung).

sich der an einem Standort induzierte Entwicklungsgang auf die vegetative Nachkommenschaft überträgt. In dieser Richtung werden von uns Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren Licht und Temperatur seit Jahren durchgeführt.

Diese ergaben, daß Knollen von ständig im Kurztag gehaltenen Pflanzen früher mit dem Keimaustrieb beginnen als solche aus Langtagbedingungen. Erstere laufen dementsprechend, wenn sie unmittelbar aus dem Lager gepflanzt werden, früher auf und zeigen eine beschleunigte Anfangsentwicklung. Wenn das Ausgangsmaterial jedoch einheitlich vorgekeimt wird, gleichen sich die Unterschiede im Auflauf aus. Trotz gleicher Auflaufzeiten war bei den Kurztagnachkommen ein beschleunigtes Längenwachstum während der Jugendentwicklung bemerkbar. Es ließ aber frühzeitig nach, so daß die Langtagnachkommen eine größere Pflanzenhöhe erreichten. Auch in der Blühfähigkeit und im Knollenendertrag waren die Kurztagnachkommen unterlegen.

Diese vorläufigen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß eine Nachwirkung der Tageslichtdauer auf die vegetative Nachkommenschaft möglich ist. In welchem Ausmaße dies unter natürlichen Vegetationsbedingungen mittlerer Breite von praktischer Bedeutung ist, kann erst nach weiteren Untersuchungen beurteilt werden.

Neuerdings hat man in Amerika (28) bei Nachbauversuchen beobachtet, daß Knollen von Mutterpflanzen, die in niedrigen Nachttemperaturen (12° bis 14° C) gewachsen sind, mehr und schwerere Knollen als von Mutterpflanzen aus höheren Temperaturen bringen. Dies entspricht den praktischen Erfahrungen, daß Saatgut aus warmen Klimaten minderwertiger ist.

Unter Zugrundelegung dieser Erkenntnisse werden zur Zeit von uns, in Kombination mit der Tageslängendauer, Untersuchungen durchgeführt.

Die Ausführungen sollten einige Probleme aus unserer Forschungsarbeit an der Kartoffel zeigen und wie wir sie zu lösen versuchen. In ähnlichem Sinne führen wir Untersuchungen an Rüben, Getreide und anderen Kulturpflanzen durch.

#### Schrifttumsnachweis

1. BREYHAN, Th., O. FISCHNICH und F. HEILINGER: Histochemischer und papierchromatographischer Nachweis von Inhaltsstoffen der Kartoffelknolle. — *Naturwiss.* **45** (1958) H. 17, S. 420.
2. BREYHAN, Th., F. HEILINGER und O. FISCHNICH: Über die Bedeutung des Prolins in der Kartoffel. — *Landw. Forsch.*, **2**, 1959.
3. BURTON, W. G.: Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. I. The oxygen content of the potato tuber. — *New Phytologist* **49** (1950) No. 1, S. 121—134.
4. — Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. II. The carbon dioxide content of the potato tuber. — *New Phytologist* **50** (1952) No. 3, S. 287—296.
5. — Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. III. The effect upon sprouting of volatile metabolic products other than carbon dioxide. — *New Phytologist* **51** (1952) No. 2, S. 154—162.
6. CROCKER, W.: Growth of plants. Twenty years' research at Boyce Thompson Institute. — New York: Reinhold 1948. V, 459 S.
7. DENNY, F. E.: Synergistic effects of three chemicals in the treatment of dormant potato tubers to hasten germination. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* **14** (1945) H. 1, S. 1—14.
8. FISCHNICH, O.: Keim- und Wachstumsbeeinflussung von Kartoffelpflanzgut durch chemische und physikalische Maßnahmen. — *Landbouwkundig Tijdschr.* **68** (1956) No. 9, S. 743—755.
9. FISCHNICH, O. u. F. HEILINGER: Die Kartoffel. Bildung, Erhaltung, Verwertung ihrer Inhaltsstoffe. — *Angew. Botanik* **33** (1959) H. 2, S. 49—70.
10. GERMANN, O.: Einfluß ein- und mehrmaligen Abkeimens auf Entwicklung und Ertragsfähigkeit der Kartoffelpflanze. — Kiel, Diss. v. 1958.
11. GUTHRIE, J. D.: Change in the glutathione content of potato tubers treated with chemicals that break the rest period. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* — **5** (1933).
12. — Metabolism of citric, sulphuric, and nitric acid in the potato tubers. An explanation for the high pH of the juice of tubers treated with ethylene chlorhydrin. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* — **6** (1934).
13. — Factors influencing the development of ascorbic acid and glutathione in potato tubers following treatment with ethylene chlorhydrin. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* **9** (1937).
14. HEILINGER, F. u. Th. BREYHAN: Zur Kenntnis der Aminosäuren in Kartoffelknollen. — *Landbauforsch.* **9** (1959) H. 1, S. 17—18.
15. — Papierchromatographischer Nachweis von Inhaltsstoffen der Kartoffel. — *Kali-Briefe* **4** (1959) Fachgeb. 2, Folge 10, 3 S.
16. IRION, W. u. O. FISCHNICH: Über stoffliche Umwandlungen in „Rindite“ behandelten Kartoffelknollen in den einzelnen Phasen der Keimung. — *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkd.* **59** (1952) H. 3, S. 248—266.
17. KRUG, H.: Photoperiodische Forschung und praktischer Pflanzenbau. — *Beitr. Biol. Pflanzen* **34** (1958) H. 2, S. 267—291.
18. — Zum photoperiodischen Verhalten einiger Kartoffelsorten. — Hannover, Diss. v. 1959.
19. RASUMOV, V. I.: Der Einfluß wechselnder Tageslängen auf die Knollenbildung. — *Bull. appl. Bot. Leningrad* **27** (1931) S. 3—46 (Russ.).
20. SCHUPHAN, W.: Studien über essentielle Aminosäuren in Kartoffeln. 1. Mitt. Die Indianerkartoffel *Solanum stenotomum* Juz. et Buk. — *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* **6** (1959) No. 1, S. 1—10.
21. — Studien über essentielle Aminosäuren in Kartoffeln. 2. Mitt. Die biologische Eiweißwertigkeit der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) im Ernährungsversuch und im Spiegel der essentiellen Aminosäuren. — *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* **6** (1959) No. 1, S. 16—38.
22. SCHULZE, W. u. O. FISCHNICH: Über Keimförderung und stoffliche Veränderungen in der Kartoffelknolle bei Beginn und im Verlauf der Keimung. In: Schulze: Die Keimstimmung der Kartoffel und ihre Bedeutung für die Züchtung und Pflanzguterzeugung. — Hannover: Schaper 1951. (Schriftenreihe der Forschungsanst. für Landwirtschaft H. 3.)
23. SCHWEIGART, H. A.: Die Kartoffel als Vitalstoffträger. Vitalstoffe — Zivilisationskrankheiten **3** (1958) H. 11, S. 141—144.
24. SZALAI, I.: Die Verteilung der freien Aminosäuren in Kartoffelknollen und ihre Beeinflussung durch „Jarowisation“. 1. Photometrische Bestimmung des Gesamtaminosäurenspiegels im Kartoffelsaft mittels der Ninhydrinreaktion. — *Acta Biologica N. S.* **3** (1957) H. 1—2, S. 33—40.
25. — Die Verteilung der freien Aminosäuren in Kartoffelknollen und ihre Beeinflussung durch „Jarowisation“. 2. Papierchromatographische Untersuchungen der freien Aminosäuren des Kartoffelsaftes. — *Acta Biologica N. S.* **3** (1957) H. 1—2, S. 41—49.
26. — Change of bonded and free tryptophan content in tubers of germinating potatoes. — *Acta Biologica N. S.* **3** (1957) S. 51—54.
27. TALLEY, E. G., F. L. CARTER u. W. L. PORTER: Determination of end point in extraction of free amino acids from potatoes. — *Agric. and Food Chemistry* **6** (1958) No. 8, S. 608—610.
28. WENT, F. W.: Effects of environment of parent and grandparent generations on tuber production by potatoes. — *Amer. J. Bot.* **46** (1959) H. 4, S. 277—282.