

CARBANILSÄUREESTER ALS KEIMHEMMUNGSMITTEL FÜR KARTOFFELN

Schon länger als ein Jahrzehnt beschäftigt uns das Problem der Lagerhaltung von Konsum- und Pflanzkartoffeln. Dabei untersuchen wir, welche physikalischen und chemischen Maßnahmen sich unter verschiedenen Bedingungen am günstigsten auf Keimentwicklung und Gewichtsverlust des Lagergutes auswirken (2, 3, 4, 5). Aus Zahlen, die das Institut für landwirtschaftliche Marktforschung der FAL für die Verluste lagernder Kartoffeln ermittelt hat, wird die Bedeutung derartiger Untersuchungen klar (6). In Westdeutschland ist im Februar noch die Hälfte der eingelagerten Kartoffelmenge vorhanden; sie wird bis in den August hinein laufend dem Verbrauch zugeführt. In dieser Zeitspanne muß im Durchschnitt der Jahre mit einem Knollengewichtsverlust von rund 1 Mill. t gerechnet werden. Der hohe Verlust entsteht in erster Linie durch die Keimung und die oft im Zusammenhang damit stehende Fäulnis.

DETTWEILER (1) hat zuerst über die Verwendbarkeit von Estern der Carbanilsäure zur Keimhemmung von Kartoffeln berichtet. Die Wirkung der Ester war unterschiedlich. Nach Behandlung von Knollen mit Isopropylphenylcarbammat (IPC) stellte er eine stärkere Keimhemmung fest als nach Anwendung von Äthylphenylcarbammat (ÄPC) (= Phenylurethan, PU). NULTSCH (8, 9, 10) bestätigte im wesentlichen diese von DETTWEILER gefundenen Ergebnisse. Hierbei, wie auch durch Befunde von HACCUS (7), wird das Eingreifen dieser Stoffe in das Zellteilungsgeschehen — ähnlich dem Colchizin — wahrscheinlicher als die ursprünglich vermutete Wirkung durch Hemmung der Atmungsfermente. Die ungleich starke Keimhemmung der einander sehr ähnlichen chemischen Verbindungen beruht wahrscheinlich auf ihrem unterschiedlichen physikalischen Verhalten hinsichtlich des Dampfdruckes, der für die Geschwindigkeit des Überganges dieser Stoffe in die eigentlich wirksame Gasphase eine Rolle spielt. Möglicherweise ist hierbei auch die Löslichkeit der Stoffe in Wasser und Lipoiden von Bedeutung. Die langsamere Verdampfung und die

damit länger anhaltende „Einhüllung“ der lagernden Kartoffeln in ein Gasmedium von wirksamer Konzentration und die durch günstigere Lösungsvorgänge erleichterte Aufnahme durch die pflanzliche Zelle scheinen die stärkere Wirkung des IPC zu verursachen.

Ergebnisse von Keimhemmungsversuchen mit Konsumkartoffeln

In unseren seit 1949 mit Sorten aller Reifegruppen laufenden Lagerungsversuchen werden die Kartoffeln zum Teil unmittelbar nach der Ernte, hauptsächlich aber einige Wochen danach, oder nach Abkeimen im Frühjahr mit Carbanilsäureestern und anderen Chemikalien behandelt und unter den verschiedensten Bedingungen bis zum Anschluß an die neue Ernte gelagert.

Das Schwergewicht der Untersuchungen liegt auf der Ermittlung des Keimgewichtes, des Knollengewichtsverlustes, der Inhaltsstoffe sowie des Geschmacks und der Schälbarkeit. Weiterhin werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierernährung der FAL und dem Staatlichen Veterinäruntersuchungsamt Braunschweig Tierfütterungsversuche durchgeführt, um den Einfluß der angewendeten Mittel auf die Gesundheit von Versuchstieren zu beobachten. Ferner werden Feldversuche angestellt, um die Eignung der Mittel zum Behandeln von Pflanzgut zu untersuchen.

Hier sollen als Ausschnitt aus diesen Untersuchungen nur die mit einem IPC- und einem PU-Mittel gewonnenen Resultate nach Behandlung von Konsumkartoffeln vergleichend dargestellt werden.

Die Beeinflussung der Keimentwicklung hängt entscheidend von der Temperatur im Lagerraum ab. In Bild 1 sind für die Sorten Vera, Bona und Ackersegen Durchschnittswerte von Keimgewichtsfeststellungen aus den Jahren 1954 bis 1958 für die Zeit vom Oktober bis Juni/Juli dargestellt. Bei den unter ausgesprochen ungünstigen Bedingungen bei 18°C gelagerten Kartoffeln (Bild 1, linke Hälfte) beträgt das Gewicht der gebildeten Keime sowohl nach Behandlung mit einem 5%igen PU-Mittel als auch bei der unbehandelten Kontrolle etwa 10% des Knollengewichtes zur Zeit der Einlagerung. Demgegenüber bewirkt das nur 0,5%ige IPC-Präparat eine beträchtliche Minderung des Keimaustriebes. Unter Verhältnissen, wie sie beim städtischen Verbraucher bisweilen anzutreffen sind, kann also die Keimung mit Hilfe einer IPC-Behandlung wesentlich unterdrückt werden, nicht dagegen mit PU-Mitteln in handelsüblicher Konzentration (5%). Für die landwirtschaftliche Praxis gilt dies in gleichem Maße, wenn auch derartige Bedingungen dort nur selten so extrem vorliegen.

Aus Bild 1 (rechte Hälfte) ist außerdem zu ersehen, daß unbehandelte, in kühlen Kellern gelagerte Knollen, je nach dem Keimdrang der Sorte, mehr oder weniger stark austreiben. Eine IPC-Behandlung unterbindet hier häufig bis in den Hoch-

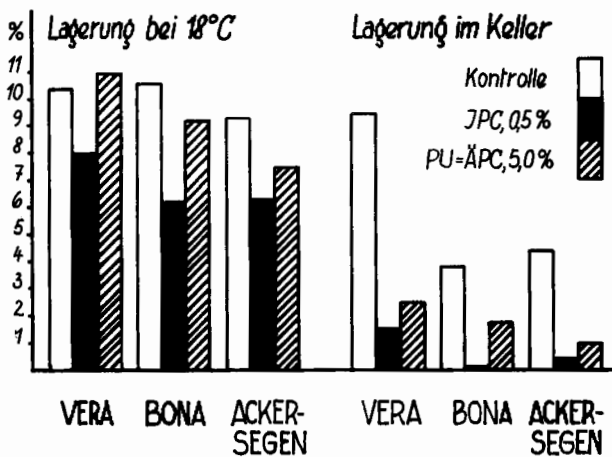


Bild 1: Keimgewicht in Prozent des Knollengewichtes bei der Einlagerung.

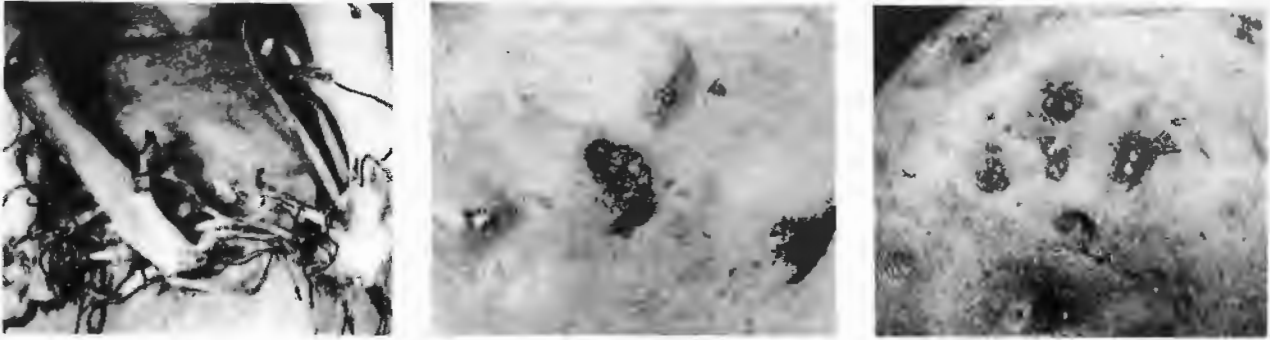


Bild 2: Augenpartien unbehandelter (links), mit IPC (Mitte) und PU (rechts) behandelter Knollen der Sorte Ackersegen.

sommer hinein jede Keimentwicklung. Das PU-Mittel bewirkt oft nur eine unzureichende Keimhemmung. Wie IPC- bzw. PU-Behandlung die Keimentwicklung beeinflussen, gibt anschaulich auch Bild 2 — Augenpartien von Knollen der Sorte Ackersegen — wieder. Im Gegensatz zur Kontrolle (links) wird nach IPC-Anwendung (Mitte) der Keimansatz nahezu völlig, nach PU-Anwendung (rechts) nicht ganz so stark unterdrückt.

Übersicht 1

Veränderungen einiger Inhaltsstoffe der Kartoffel (unbehandelt und nach Behandlung mit Keimhemmungsmitteln) vom Beginn der Einlagerung im Oktober bis Juni
Ausgangswert für alle Komponenten = 100
(Durchschnittswerte für die Jahre 1954 bis 1958/59)

		Dezember	April	Juni
Knollengewicht	beh.	97	97	94
	unbeh.	97	94	85
Wasser	beh.	97	96	93
	unbeh.	96	94	86
Trockensubstanz	beh.	99	97	93
	unbeh.	99	95	90
Stärke	beh.	98	94	90
	unbeh.	98	92	80
Zucker	beh.	100	98	100
	unbeh.	100	98	100
Vitamin C	beh.	86	73	60
	unbeh.	77	54	50

Sofern die Temperatur im wesentlichen unter 12° C gehalten wird, kann auch — selbst in der fortgeschrittenen Jahreszeit (Mai/Juni) — eine Anwendung von PU-Präparaten zu guten Ergebnissen führen. Es muß aber festgestellt werden, daß in unseren praxisnahen Versuchen die zehnfach stärkere PU-Konzentration unter derartigen Bedingungen weniger stark wirksam war als die 0,5%ige IPC-Behandlung. Damit können wir die von DETTWEILER und NULTSCH gefundene Wirkungsabstufung bestätigen.

Das Material, mit dem die vorliegenden Ergebnisse erzielt werden konnten, wurde einige Wochen nach der Ernte behandelt. Dabei führte die Anwen-

dung der Mittel unmittelbar nach dem Roden zu weniger guten Resultaten. Die Behandlung im Frühjahr, nach dem Abkeimen, verlief durchaus ermutigend, so daß eine solche Maßnahme für Partien, die erst im Juni/Juli verbraucht werden sollen, empfohlen werden kann.

Der Knollengewichtsverlust ist nach IPC-Behandlung, wie Bild 3 zeigt, selbst bei extrem langer Lagerung unter günstigen Temperaturbedingungen (kühler Keller) nur unbedeutend, da durch das Unterbinden der Keimung die Substanz der Kartoffelknollen weitgehend erhalten bleibt. Der Knollengewichtsverlust liegt für den Durchschnitt der Lagerperioden (Oktober bis Juni/Juli, 1954/55 bis 1957/58) bei unbehandelten Kartoffeln zum Teil dreimal (Vera), mindestens aber doppelt so hoch (Bona, Ackersegen) wie bei den IPC-behandelten Knollen.

Selbst unter extremen Lagerbedingungen (Zimmer-temperatur von 18° C) ist der Schwund der mit IPC behandelten Knollen nach unseren Feststellungen etwa halb so groß wie bei unbehandelten.

Der Verlust an Inhaltsstoffen der Knollen wird in Übersicht 1 wiedergegeben. Aus der Zusammenfassung der Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen bei zahlreichen Sorten und längerer Lagerung geht hervor, daß behandelte Knollen geringere Substanzverluste erleiden als unbehandelte.

Dieser sich auf den Zustand der Knollen auswirkende Befund ist für einwandfreies, schnelles Maschinen- und Handschälen ebenso wichtig wie die Sortierung der Knollen auf einheitliche Größe. Keimgehemmte, feste und glatte Knollen lassen sich, wie unsere Prüfungen zeigen, bis in den Sommer hinein maschinell rationeller schälen als unbehandelte.

Fäulnis trat bei vorschriftsmäßig mit Keimhemmungsmitteln behandelten Kartoffeln im allgemeinen weniger häufig auf als bei unbehandelten. Das

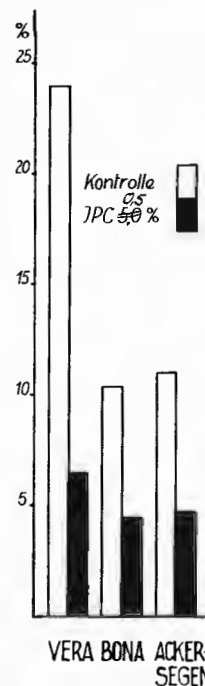


Bild 3: Knollengewichtsverlust bei Kellerlagerung in Prozent des Knollengewichtes bei der Einlagerung.

An die Abonnenten der „Landbauforschung Völkenrode“:

Aus technischen Gründen kann das vorliegende Heft erst jetzt ausgeliefert werden. Wir bitten die Abonnenten, diese Verzögerung zu entschuldigen. Heft 4/1960, das Beiträge der Forschungsgruppe Landtechnik bringt, erscheint im Februar 1961. Damit wird der 10. Jahrgang abgeschlossen.

Die Hefte des 11. Jahrganges der „Landbauforschung Völkenrode“ werden wieder in gewohnter Weise vierteljährlich erscheinen.

beruht darauf, daß keimende Knollen einen z. T. erheblichen Temperaturanstieg im Stapel verursachen, durch den nicht selten günstige Verhältnisse für alle möglichen Fäulniserreger entstehen. Es zeigte sich ferner, daß losschalige oder frisch verletzte Knollen nicht behandelt werden dürfen, da die Carbanilsäureester den Wundverschluß verzögern.

Die Wirtschaftlichkeit der Behandlung ergibt sich aus folgenden Tatsachen:

Der Lagerverlust wird im allgemeinen durch eine Behandlung zur Keimhemmung erheblich vermindert.

Behandelte Kartoffeln lassen sich ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand auslagern und dem Verbrauch zuführen, während unbehandeltes Material nicht selten mit hohem Handarbeitsaufwand entkeimt und von faulen Knollen befreit werden muß.

Eine glatte, pralle Kartoffel läßt sich mit höherem Gewinn absetzen als gewelkte Ware.

Diesem Gewinn stehen nur geringe Kosten für das Mittel und die Behandlung gegenüber (etwa 0,50 DM je 100 kg Kartoffeln).

Wirtschaftliche Überlegungen dürfen aber nicht allein für die Anwendung der Mittel ausschlaggebend sein, sondern eine etwaige Wirkung der Chemikalien auf die Gesundheit der Verbraucher muß stets mitberücksichtigt werden. Die zu dieser Frage in Zusammenarbeit mit den oben genannten Instituten durchgeführten Tierfütterungsversuche brachten bisher folgende Ergebnisse: Der Nutzen der Keimhemmungsbehandlung mit IPC konnte durch höhere Nachkommens- und geringere Totgeburtenszahlen bei den Versuchstieren als Folge besserer Ernährung mit den vor Verlusten bewahrten, an Inhaltsstoffen reicheren Knollen belegt werden. Eine Beeinflussung der Gesundheit in negativem Sinn durch eine IPC-Behandlung der Kartoffeln, die sich in einer Begünstigung bestimmter Erkrankungen zeigen könnte, ist in den noch andauernden Versuchen nicht nachgewiesen worden.

Neue Zielsetzungen

Wenn auch das Einpudern der Kartoffeln mit einem IPC-haltigen Keimhemmungsmittel während des Einlagerns relativ sicher und wenig aufwendig ist, so hat es doch den Nachteil, daß durch das Mittel die natürliche Verkorkung der bei unsachge-

mäßigem Roden oder Einlagern entstandenen Wunden unterbunden wird; den Mikroorganismen werden hierdurch Entwicklungsmöglichkeiten geboten. Auch verdunstet ein Teil des Mittels in der Zeit der natürlichen Keimruhe und bei winterlichen, die Keimung verhindernden Temperaturen bereits unnötig. Steigt die Lagertemperatur dann noch an, geht der Wirkstoff in solchem Ausmaß verloren, daß in dem Zeitraum, in dem die Keimhemmung eigentlich eintreten soll, die hierzu notwendige Wirkstoffmenge nicht mehr vorhanden ist. Diesen Verlust durch einen höheren Gehalt des Mittels an Wirkstoff auszugleichen, ist aber nicht nur finanziell belastend; es widerspricht auch den Bestrebungen des Lebensmittelgesetzes, die Verwendung von „technischen Hilfsstoffen“ auf ein Mindestmaß zu beschränken. Da aber eine Keimhemmung durch Chemikalien dort ihre Bedeutung besitzt, wo eine den Keimaustrieb zurückhaltende Temperaturführung nicht möglich ist, wird es sehr interessant, ein Keimhemmungsmittel erst zum Zeitpunkt der beginnenden Keimbereitschaft anzuwenden. Dem Verfahren, das keimhemmende Mittel mit Hilfe des Ventilatorstromes in die Lagerboxen einzubringen, kommt in Zukunft besondere Bedeutung zu. Hierzu wird zu gegebener Zeit eingehender berichtet werden.

Schrifttumsnachweis

1. DETTWELER, Chr.: Zusammenhänge zwischen Austreiben und Atmung bei der Kartoffelknolle. — *Planta* 41 (1952) S. 214—239.
2. Lagerhaltung. — O. FISCHNICH, W. HILLENDAHL, A. KÖSTLIN u. a. In: Wegweiser für Kartoffeln und Rüben. Hildesheim: Th. Mann 1958, S. 335—399.
3. FISCHNICH, O., u. Chr. PÄTZOLD: Keimhemmung bei Kartoffeln durch chemische und physikalische Maßnahmen. — *Landbouwkundig Tijdschr.* 68 (1956) S. 879—894.
4. FISCHNICH, O., u. Chr. PÄTZOLD: Verlustarme und die Qualität erhaltende Lagerung von Kartoffeln durch Temperatur-, Chemikalien- oder Strahleneinwirkung. — *Landbauforsch. Völkenrode* 6 (1956) S. 68—71.
5. FISCHNICH, O., u. F. WOLLNER: Über den Einfluß keimhemmender Substanzen auf Pflanzkartoffeln. — In: W. SCHULZE u. Mitarb.: Die Keimstimmung der Kartoffel und ihre Bedeutung für die Züchtung und Pflanzguterzeugung. Hannover: Schaper 1951. (Schriftent. d. Forschungsanstalt f. Landwirtschaft. Braunschweig-Völkenrode, H. 3.)
6. GRUPE, D.: Die Nahrungsmittelversorgung Deutschlands seit 1925. Eine Auswertung der einschlägigen Statistiken zu vergleichbaren Versorgungsbilanzen. — Hannover: Strothe 1957. (Agrarwirtsch. Sonderh. 3/4.)
7. HACCUS, B.: Über die unterschiedliche Antimitotica-Empfindlichkeit der Zellen noch undifferenzierter Embryonen von *Eranthis hiemalis*. — *Z. Naturforsch.* 14 b (1959) S. 206—209.
8. NULTSCH, W.: Untersuchungen über den Einfluß von Keimhemmungsmitteln (Carbanilsäureester) auf das Kartoffelgewebe. — *Angew. Botanik* 32 (1958) S. 27—44.
9. NULTSCH, W.: Zur Frage des Einflusses von Isopropyl-N-phenylcarbammat (IPC) auf die Atmungsfermenten der Kartoffel. — *Angew. Botanik* 33 (1959) S. 163—165.
10. NULTSCH, W.: Über den Wirkungsmechanismus von Isopropyl-N-phenylcarbammat (IPC) bei der Keimhemmung der Kartoffeln. — *Phytopath. Z.* 37 (1959) S. 75—108.