

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abteilung Pflanzliche Erzeugung

Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig

Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Bearbeiter: Dr. Hartmut Kolbe

E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de

Tel.: 0341 9174-149 Fax: 0341 9174-111

Einflussfaktoren auf Ertrag und Inhaltsstoffe der Kartoffel

VII. Vitamine

1. Zusammensetzung und Bedeutung der Vitamine in Kartoffeln

Vitamine sind eine Gruppe von sehr unterschiedlichen niedermolekularen chemischen Stoffen, die der menschliche und tierische Organismus in der Regel nicht selbst aufbauen kann, die aber in kleinen Mengen zu normalem Wachstum und Erhaltung benötigt werden. Die Vitamine müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Vitamine von Kartoffelknollen sowie deren Wirkungen für Pflanze, Tier und Mensch aufgeführt worden. Besonders das Vitamin C ist hervorzuheben, da es in Kartoffeln in vergleichsweise höheren Konzentrationen vorkommt und zu einem rel. großen Anteil den Tagesbedarf des Menschen - besonders im ausgehenden Winter - abdecken kann. Die Ausführungen in diesem Artikel werden sich daher auf das Vitamin C konzentrieren. Weitere wichtige Vitamine der Kartoffeln sind B₁, B₂, B₆ und Niacin. Sie tragen mit 4 - 12 % ebenfalls zur Abdeckung des Tagesbedarfs bei. Dagegen sind einige andere Vitamine nur in Spuren oder gar nicht vorhanden: A, D, E, H, K, B₁₂. Auch die für Tiere wichtigen Vitamine D und E sind daher in Kartoffelknollen Minimumfaktoren.

Bei der küchentechnischen Zubereitung und industriellen Verarbeitung von Kartoffeln treten z. T. erhebliche Verluste auf, da etliche Vitamine eine rel. hohe Instabilität gegenüber bestimmten Umwelteinflüssen aufweisen (siehe Tab. 2). Vitamin B₁ ist zudem empfindlich gegenüber Sulfat-Zusätzen. Die Verluste an Vitamin C durch haushaltstechnische Zubereitung können sich nach Mittelwerten von vielen Analysen jeweils im Vergleich zu rohen, ungeschälten Kartoffeln (= 100 %) folgendermaßen gestalten:

- **Rohe Kartoffeln:**
 - Schälen, Zerkleinern 20 - 30 %
 - 6 Monate Lagerung 30 - 50 %
- **Kochen:**
 - Pellkartoffeln 10 - 20 %
 - Salzkartoffeln, nach 1 h 20 - 40 %
 - nach 3-5 h 30 - 50 %
- **Bratkartoffeln 40 - 50 %**
- **Pommes frites 20 - 30 %**
- **Püreeflocken, Kartoffelbrei, Klöße, Chips 40 - 80 %.**

Von den Vitaminen unterliegt besonders die Ascorbinsäure einer starken Reduzierung je länger insbesondere Sauerstoffzutritt z.B. im Verlauf der Zubereitung der Speisen erfolgt. Daher haben wieder aufgewärmte Speisen oder Speisen aus Püreeflocken nur noch sehr geringe Gehalte. Besonders niedrige Gehalte an Vitamin C weisen im Frühjahr hergestellte stark verarbeitete Kartoffelprodukte auf. Es können aber auch im Herbst nach der Ernte hergestellte Verarbeitungsprodukte bei entspre-

chend verlustarmer Konservierung und Lagerung im Frühjahr u. U. höhere Vitamin C-Gehalte enthalten als nativ gelagerte Kartoffelknollen.

Tab. 1: Vorkommen und Bedeutung der Vitamine in Kartoffelknollen

Name	Gehalte (mg/100 g Trs. bei 22 % Trs.)	Tagesbedarf ¹⁾ (in % vom Gesamtbedarf des Menschen)	Funktion im Stoffwechsel (Pflanze, Tier, Mensch)	Mangelkrankheiten (Tier, Mensch)
Fettlösliche Vitamine				
Vitamin A (Carotin) (Retinol)	0,45	7 (Retinol 1)	Stabilität v. Zellmembranen, Sehvorgang	Nachtblindheit
Vitamin E (Tocopherol)	0,40	1	Antioxidative Effekte	Fertilitätsstörungen
Wasserlösliche Vitamine				
Vitamin B ₁ (Thiamin)	0,45	12	Regulation d. Kohlenhydratstoffwechsels, Coenzym d. Carboxylase	Beriberi, Funktionsstörung v. Nervensystem u. Herzmuskel
Vitamin B ₂ (Riboflavin)	0,23	4	Regulation v. Atmung u. H-Übertragung, Coenzym d. Flavinenzyme	Haut- u. Schleimhauterkrankungen
Vitamin B _c (Folsäure)	0,045	2	Bestandteil v. Enzymen d. C ₁ -Transfers, Aufbau v. Purinen u. Porphyrinen	Blutarmut
Pantothensäure	1,80	6	Übertragung v. Säureresten, Baustein d. Coenzym A	Unbekannt
Niacin (Nicotinsäure)	5,40	10	Regulation d. Atmung u. H-Übertragung, Bestandteil d. Coenzyme NAD u. NADP	Pellagra
Biotin (Vitamin H)	0,0015	0	Coenzym v. Carboxylasen, Fettsäure- u. Aminosäurestoffwechsel	Hautveränderungen, Haarausfall, Appetitlosigkeit, Nervosität
Vitamin B ₆ (Pyridoxin)	1,00	12	Übertragung v. Amino-Gruppen, Coenzym vieler Enzyme	Hautveränderungen
Vitamin C (Ascorbin- u. Dehydro-Ascorbinsäure)	77 (45 – 180)	29	Redoxsubstanz d. Zellstoffwechsels, Cofaktor v. Enzymen	Skorbut

¹⁾ 150 g Tagesverzehr an Kartoffelprodukten

Tab. 2: Sauerstoff-, Licht- und Hitzeempfindlichkeit sowie Zubereitungsverluste der Vitamine in Kartoffeln (XX = sehr instabil, X = etwas instabil, - rel. unempfindlich, Zahlen in Klammern () = für Kartoffeln angenommene Werte; nach FRÖLEKE, 1971; FRANZKE, 1981 u. a. Quellen)

Vitamin	Luft / Sauerstoff	Licht	Hitze	Zubereitungsverluste (%)
A	XX	XX	XX	(20 – 30)
E	XX	XX	X	(20 – 50)
B ₁	XX	-	X	20 - 60
B ₂	-	XX	X	20 - 50
Folsäure	XX	XX	XX	(70)
Pantothensäure	-	-	XX	(20 – 50)
Niacin	-	-	-	10 - 30
Biotin	-	-	-	(10 – 30)
B ₆	-	XX	XX	10 - 30
C	XX	XX	XX	10 – 80

Vitamin C ist in allen wachsenden und sich differenzierenden pflanzlichen Geweben an vielen Stoffwechselreaktionen beteiligt. Als reduzierende Substanz verhindert es Oxidationsvorgänge in den Zellen, wodurch Stoffwechselwege stabilisiert und außerdem Verfärbungen des Knollenfleisches verhindert werden. Im Knollenquerschnitt befinden sich höhere Gehalte an Vitamin C in der Gefäßbündelschicht, in der Krone und im Innern der Knollen.

Zu den weit verbreiteten Labormethoden zur Bestimmung von Vitamin C gehören z.B. die Extraktion mit meta-Phosphorsäure und Titration mit Dichlorphenol-Indophenol oder die enzymatische Bestimmung als Ascorbinsäure. Dehydroascorbinsäure lässt sich nach Reduktion mit Schwefelwasserstoff ebenfalls als Ascorbinsäure bestimmen. Erfahrungsgemäß liegt der Anteil an Dehydroascorbinsäure, die für den Menschen ebenfalls Vitamincharakter hat, zwischen 20 % und 25 % des Gehaltes an Ascorbinsäure, so dass auf eine gesonderte Analyse verzichtet werden kann. Der Einsatz von Schnellmethoden z.B. durch Teststäbchen wird durch die hohe Instabilität der Ascorbinsäure bei Sauerstoffzutritt (Durchschneiden der Knollen, Extraktion) erschwert.

2. Entwicklung im Verlauf der Vegetation

Wie aus Abbildung 1 zu entnehmen ist, besteht eine Übereinstimmung zwischen den zeitlichen Verläufen der Gehalte an Ascorbinsäure und der gebildeten Blattmenge. Die höchsten Werte werden z. Zt. maximal ausgebildeter Krautmenge und hoher Funktionsfähigkeit des Krautes (Photosyntheseaktivität) registriert. Eine Ausnahme besteht in gewisser Weise für die Gehalte der Stängel, die zu Zeiten maximaler Beschattung (40 - 90 Tage n. Aufgang) verringerte Ascorbinsäurewerte aufweisen.

In den Knollen werden ähnlich hohe Konzentrationen an Ascorbinsäure vorgefunden wie im Kraut. Die höchsten Werte liegen zwischen 60 - 90 Tage nach Aufgang, also genau zu dem Zeitabschnitt, in dem gewöhnlich die maximale Ertragszunahme je Zeiteinheit zu registrieren ist.

Zwischen 30 - 45 Tage nach Aufgang werden die höchsten Syntheseraten an Ascorbinsäure vorgefunden. Ein Kartoffelbestand von 1 ha kann dann 2,0 - 2,5 kg Ascorbinsäure je Tag in Spross und Knollen einlagern. Etwas später, 60 - 75 Tage nach Aufgang, können mit ca. 0,5 kg/ha und Tag maximale Bildungsraten an Ascorbinsäure in den Knollen festgestellt werden. Zwischen 75 und 90 Tage nach Aufgang beginnen die Pflanzen schließlich die eingelagerte Ascorbinsäure wieder abzubauen, so dass die Gehalte dann im Spross und auch in den Knolle langsam abnehmen. Zur Zeit der Ernte ist fast die Hälfte an Ascorbinsäure wieder abgebaut oder z.B. durch Blattfall verloren gegangen. Ungefähr 40 % der insgesamt gebildeten Menge verbleiben in den Knollen und ca. 15 % im abgestorbenen Kraut (Abb. 1).

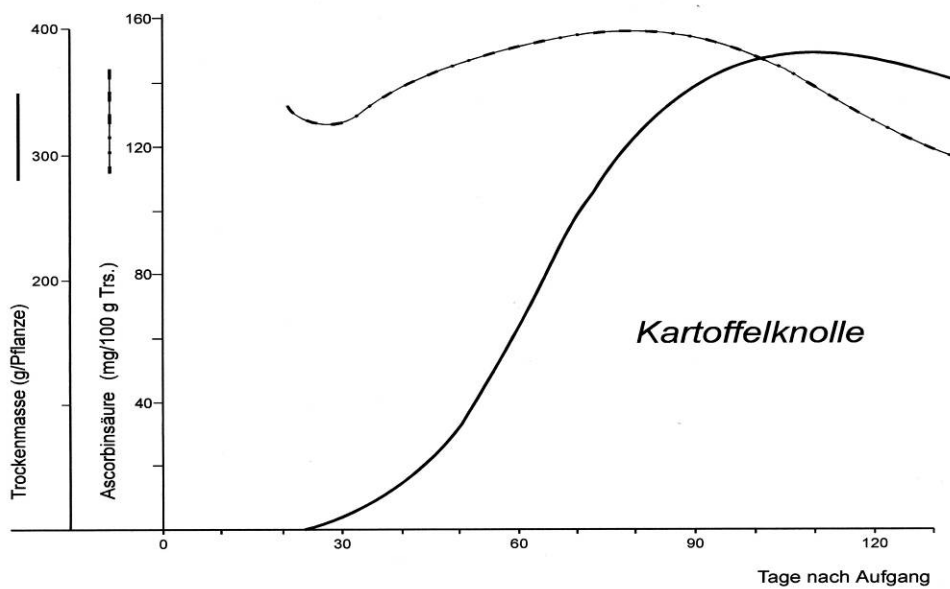
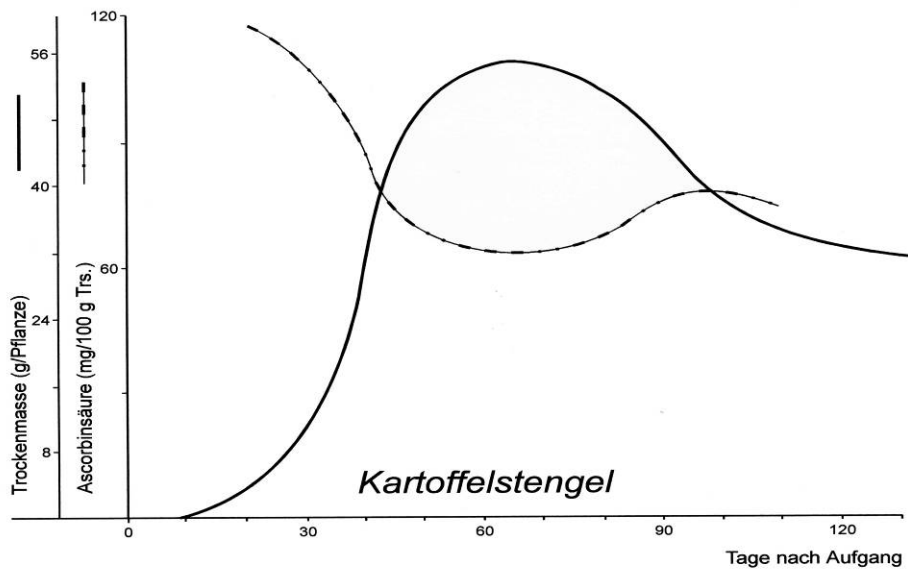
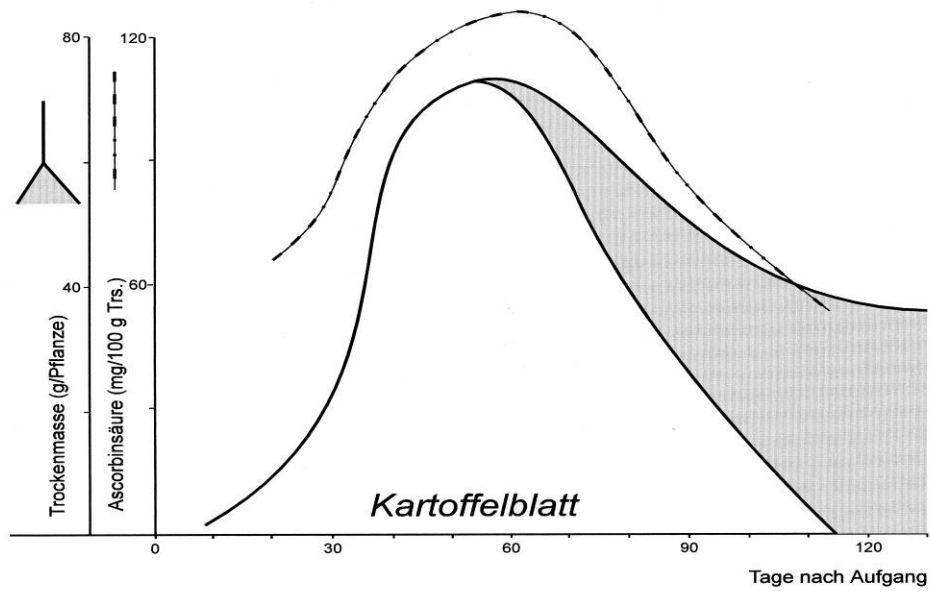


Abb. 1: Entwicklung der Trockenmasse (Blattgelbanteil schraffiert) und der Gehalte an Ascorbinsäure in Blättern, Stängeln und Knollen von Kartoffeln im Verlauf der Vegetation

3. Einfluss des Wetters

Aus vielen Untersuchungen ist bekannt, dass die vorherrschenden Lichtverhältnisse einen direkten Einfluss auf die Gehalte an Ascorbinsäure in verschiedenen Kulturarten aufweisen. Das trifft auch für Pflanzenteile wie den Kartoffelknollen zu, die nicht direkt von der Sonne beschienen werden (Abb. 2). Wie zu sehen ist, führt eine steigende Sonnenscheindauer gemessen von Mai bis August zu einer starken Zunahme der Gehalte an Ascorbinsäure. Dagegen zeigen unterschiedliche Temperaturen nur geringe Wirkungen. Manchmal kann es offensichtlich aufgrund einer spezifischen Wechselwirkung zwischen Temperatur und Einstrahlung zu sehr hohen Konzentrationen an Ascorbinsäure kommen, wenn gleichzeitig hohe Temperaturen und hohe Einstrahlungswerte vorliegen.

Es wird außerdem oft davon berichtet, dass hohe Niederschläge zu besonders niedrigen Werten an Ascorbinsäure führen können. Hierbei handelt es sich aber um eine indirekte Wirkung der Niederschläge. Die Gehalte an Ascorbinsäure reagieren besonders empfindlich auf sehr geringe Werte an Einstrahlung, also immer dann, wenn ein hoher Bewölkungsgrad mit hoher Niederschlagstätigkeit zu verzeichnen ist. Andererseits können erhöhte Gehalte an Ascorbinsäure in Kartoffelknollen unter bestimmten Stressbedingungen auftreten. Hierzu zählt neben Gewebeverletzungen auch starker Wassermangel.

4. Einfluss der Nährstoffversorgung

Neben den Wetterverhältnissen hat auch eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der Kartoffelkulturen einen deutlichen Einfluss auf die Gehalte an Vitaminen in Kartoffelknollen. Erfahrungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass eine steigende N-Versorgung besonders Verbindungen in den Pflanzen fördert, die Stickstoff als Baustein enthalten. Hierzu zählen auch einige Vitamine der Kartoffelknollen: B₁, B₂, B₆, Pantothensäure, Biotin, Folsäure.

Für die Ascorbinsäure sieht das folgendermaßen aus (Abb. 3). Diese chemische Verbindung enthält kein Stickstoff als Baustein und die Gehalte werden daher nur leicht durch eine zunehmende N-Versorgung angehoben. Demgegenüber führt aber besonders eine steigende K-Versorgung zu einer deutlichen Zunahme der Gehalte an Ascorbinsäure in Kartoffeln. Besonders hohe Werte werden erhalten, wenn gleichzeitig eine hohe N-Versorgung vorliegt. Eine steigende P-Versorgung führt demgegenüber eher zu negativen Reaktionen auf die Gehalte an Ascorbinsäure (Abb. 3).

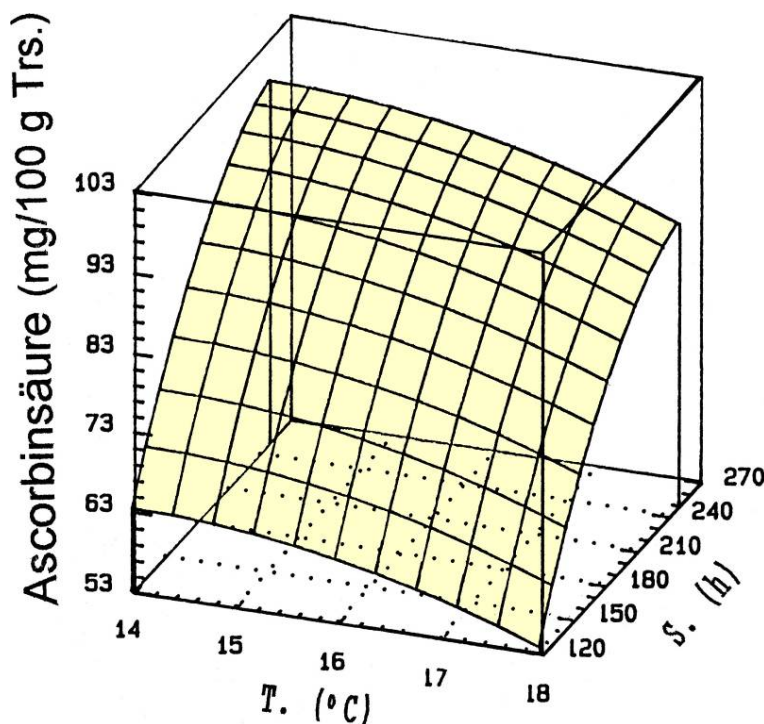


Abb. 2: Einfluss steigender Temperaturen (T.) und Sonnenscheindauer (S.) von Mai - August auf die Gehalte an Ascorbinsäure in Kartoffelknollen

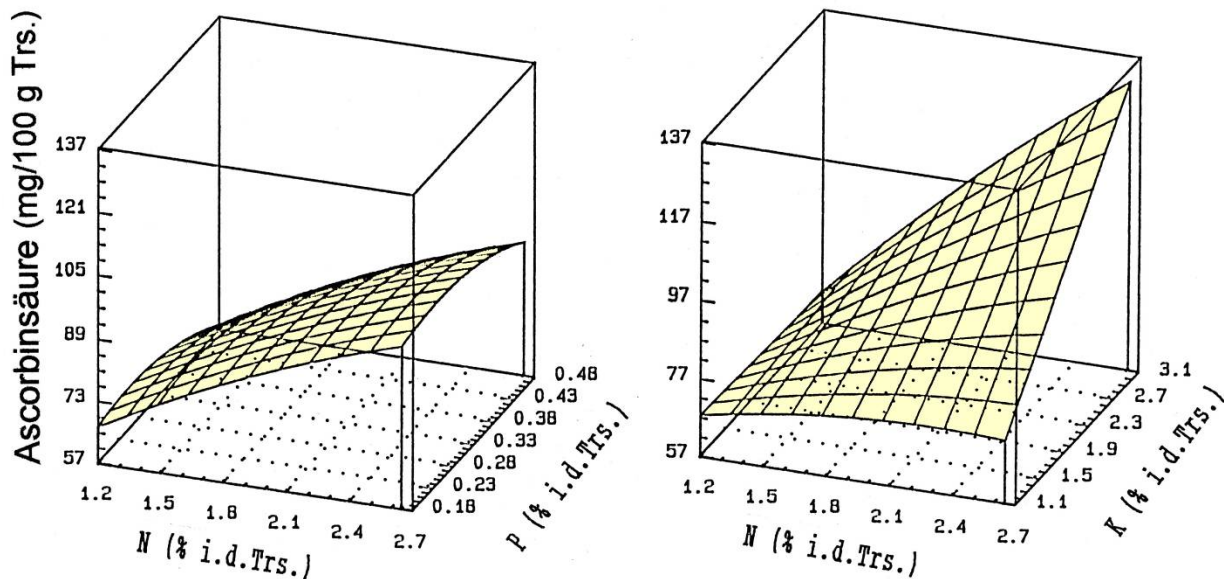


Abb. 3: Einfluss steigender Gehalte an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in Kartoffelknollen auf die Gehalte an Ascorbinsäure (Gefäßversuche, praxisrelevante Bereiche: 1,3 - 2,0 % N, 0,2 - 0,4 % P, 1,5 - 2,8 % K i.d. Trs.)

5. Lagerung

Die Lagerung von Kartoffeln ist ein weiterer Faktor, der einen hohen Einfluss auf die Vitamingehalte aufweisen kann. Wie aus Abbildung 4 hervorgeht, werden die einzelnen Vitamine im Verlauf einer Langzeitlagerung bei 10 °C sehr unterschiedlich verändert. Einige Vitamine, wie z.B. B₆, nehmen z. T. deutlich zu. Andere, wie B₁ und B₂, verändern sich kaum, während Folsäure und besonders das Vitamin C bedeutend abnehmen können. In den ersten Monaten nach der Einlagerung sind die Verluste dieser Vitamine besonders groß. In den folgenden Monaten verlangsamt sich der Abbau aber zusehends und kommt schließlich zum Stillstand. Nach älteren Untersuchungen von BARKER & MAPSON (1950) scheinen Lagerungstemperaturen von 10 °C optimal für die Erhaltung an Ascorbinsäure zu sein.

Wie aus Abbildung 5 zu entnehmen ist, gibt es eine Beziehung zwischen den Ausgangswerten an Ascorbinsäure z. Zt. der Ernte und der Abnahme im Verlauf der Lagerung. Bei Vorlage von hohen Ausgangswerten ist im Durchschnitt damit zu rechnen, dass ebenfalls eine hohe Abnahme im Verlauf der Lagerung zu verzeichnen ist. In gewissem Sinne nähern sich hierdurch unterschiedliche Anfangswerte auf einem niedrigen Niveau im Verlauf der Lagerung an.

Dies trifft aber nur bedingt zu, wie aus nachfolgender Abbildung 6 zu erfahren ist. Besonders eine hohe N-Versorgung, aber auch eine entsprechend hohe K-Düngung, kann zu erhöhten Ascorbinsäure-Verlusten im Lager beitragen. Demgegenüber führt eine steigende P-Düngung zu einer Verringerung der Abbauraten. Dieser gleichsam konservierende Einfluss einer guten P-Versorgung auf den Vitaminabbau macht sich dann im ausgehenden Winter in höheren Konzentrationen an Ascorbinsäure in den Kartoffeln bemerkbar.

Nach langer Lagerung und der dann einsetzenden starken Keimung sowie besonders nach dem Auspflanzen im Zuge des Auflaufens der neuen Pflanzen erfolgt dann ein erneuter deutlicher Anstieg der Gehalte an Ascorbinsäure.

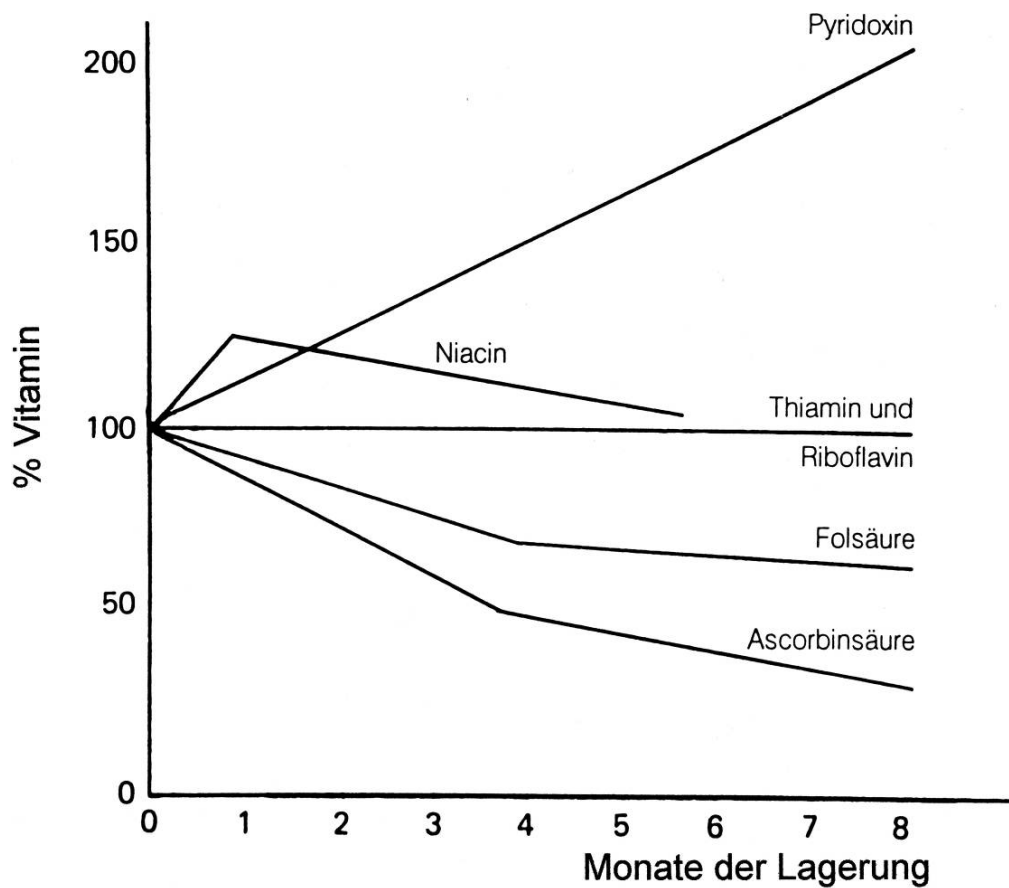


Abb. 4: Veränderung wichtiger Vitamine von Kartoffelknollen im Verlauf der Lagerung bei 10 °C (nach AUGUSTIN et al., 1978, zit. n. WOOLFE, 1996)

Gefäßversuche Feldversuche

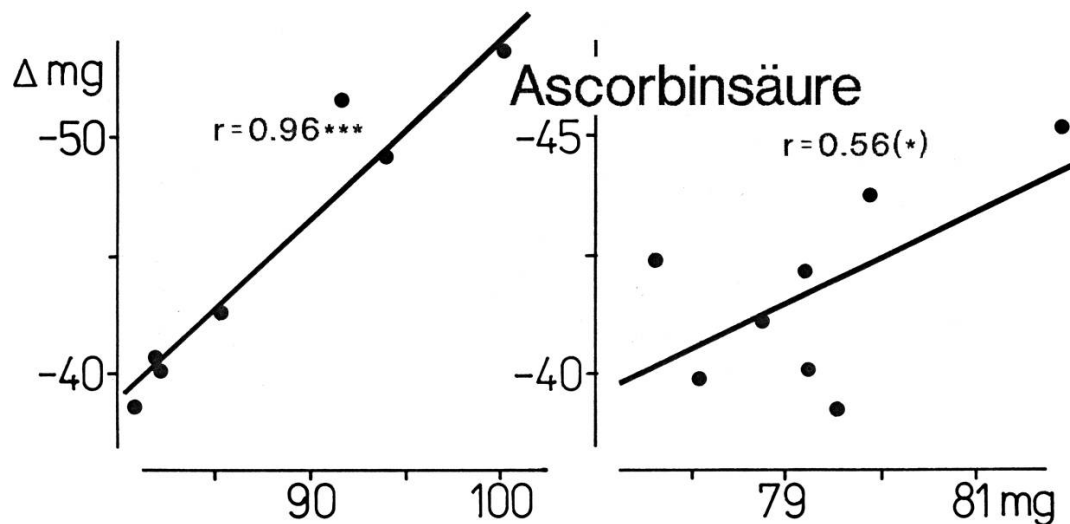


Abb. 5: Zusammenhang zwischen den Ausgangswerten an Ascorbinsäure z. Zt. der Ernte (X-Achse) und der Höhe der Abnahme im Verlauf der Lagerung bei 4 °C (Y-Achse)

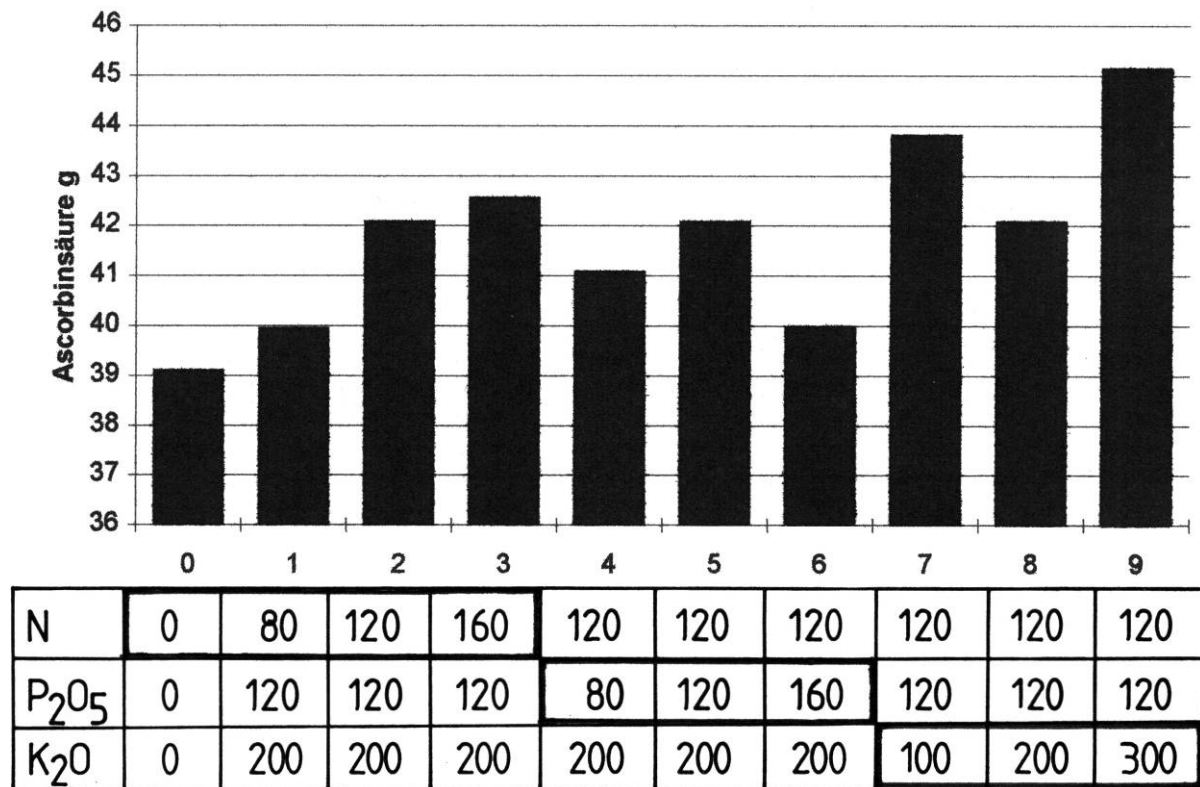


Abb. 6: Einfluss steigender NPK-Düngung (kg/ha) auf die Abnahme an Ascorbinsäure von 100 kg Kartoffeln (Trs.) nach einer sechsmonatigen Lagerung (4 °C, ≥ 90 % rel. Luftfeuchte)

6. Schlussfolgerungen

In diesem Artikel wurden wichtige Einflussgrößen behandelt, die die Gehalte an Vitaminen (besonders an Vitamin C) in Kartoffeln beeinflussen. Zu etwa 50 % kann die jährliche Schwankung der Konzentrationen an Ascorbinsäure auf das Wetter und hiervon vornehmlich auf Unterschiede in der Sonnenscheindauer zurückgeführt werden. Anbau von Kartoffeln in Gebieten mit einer hohen Einstrahlung ist daher in der Regel durch hohe Gehalte an Ascorbinsäure gekennzeichnet. An zweiter Stelle steht mit ca. 30 % der Einfluss einer unterschiedlichen Bodendüngung bzw. Nährstoffversorgung. Neben einem rel. geringen Sorteneinfluss ist es vor allen Dingen durch eine gezielte Düngung mit kalihaltigen Düngemitteln möglich, hohe Werte an Ascorbinsäure in Kartoffelknollen zu erreichen.

Da die Bedarfsdeckung der Bevölkerung mit Vitamin C aus Kartoffelprodukten im ausgehenden Winter von besonderer Bedeutung ist, sollte bei Speisekartoffeln auf eine ausgewogene Düngung geachtet werden. Eine rel. niedrige N-Düngung, sowie eine betonte Kalium- und Phosphaternährung führen zu rel. hohen Werten zur Zeit der Ernte und zu einem rel. geringen Abbau an Vitamin C im Verlauf der Langzeitlagerung.

Auch der Kartoffelanbau unter ökologischen Bedingungen kann von diesen Erkenntnissen profitieren. Zunächst kann festgestellt werden, dass eine langfristige organische Düngung im Vergleich zu einer gleich hohen Ernährung aus mineralischer Düngung zu etwa 10 % höheren Gehalten an Ascorbinsäure in den geernteten Knollen führt. Wenn im Verlauf der Fruchtfolge aufgrund von Bodenanalysen eine Grunddüngung erforderlich wird (Versorgungsstufe B anstreben), so sollten PK-Düngemittel dann vornehmlich zu Kartoffeln gegeben werden. Weiterhin muss bei Anbau von Kartoffeln auf eine nicht zu hohe N-Versorgung geachtet werden, um negative Einflüsse auf die Ascorbinsäure im Verlauf der Langzeitlagerung auszuschließen.

Der Einfluss küchentechnischer und industrieller Verarbeitung kann enorm sein, weil hierdurch die Gehalte an Vitaminen deutlich reduziert werden können. Daher ist anzuraten, Kartoffeln möglichst mit nur wenigen Verarbeitungsschritten herzurichten. Bei der küchentechnischen Aufbereitung hat es sich als Vorteil herausgestellt, die geschälten und zerkleinerten rohen Kartoffeln vor dem Kochen sofort in

Wasser aufzubewahren. Hierbei werden nicht nur Verluste verhindert. Unter günstigen Bedingungen kann es sogar zu einer Zunahme an Vitamin C kommen, weil die rohen Kartoffeln im Zuge der dann einsetzenden Wundheilung noch mit einer Vitamin C-Synthese beginnen.

Allgemein gilt, dass eine Aufbewahrung unter Lichtabschluss, niedrigen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit (Trockenprodukte bei niedrigen Restfeuchtegehalten) und geringem Sauerstoffzutritt am besten zur Vitamin-Erhaltung dient. Hierzu gehört auch eine Lagerung unter optimalen Bedingungen sowohl im Kühlhaus als auch im Warenhaus und im Haushalt, denn "verschrumpelte" Ware - ob konventionell oder ökologisch herangezogen - zeichnet sich nicht durch einen hohen ernährungsphysiologischen Wert aus. Auf diese Ratschläge sollte vor allen Dingen geachtet werden, wenn eine Ernährung vornehmlich aus Produkten der Region, ohne großen Import z.B. von Südfrüchten, angestrebt wird.