

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

VI. Organische Säuren

1. Zusammensetzung und Bedeutung der organischen Säuren in Kartoffeln

Die Trockensubstanz von Kartoffelknollen besteht zu ungefähr 2 - 3 % aus organischen Säuren. Die hauptsächlichsten Vertreter sind Citronensäure, Äpfelsäure und Oxalsäure (Abb. 1). Darüber hinaus weisen noch viele weitere chemische Verbindungen, wie z.B. Aminosäuren, Fettsäuren, phenolische Säuren oder Ascorbinsäure, einen Säurecharakter auf, die aber in diesem Artikel nicht behandelt werden.

	Citronensäure	Äpfelsäure	Oxalsäure
Gehalte (% i.d. Trs.)	2,1	0,4	0,1
Strukturformel	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$

Abb. 1: Wichtige organische Säuren in Kartoffelknollen (C = Kohlenstoff, H = Wasserstoff, O = Sauerstoff)

Die organischen Säuren werden heute vorwiegend mit enzymatischen oder mit chromatographischen Methoden (z.B. HPLC) bestimmt. Ihre wichtigsten Aufgaben in Kartoffeln sind:

- **pH-Pufferung in den Pflanzenzellen.** Zur Aufrechterhaltung eines günstigen physiologischen Milieus weist der Zellsaft der Kartoffeln einen rel. stabilen pH-Wert um 6 (5,6 - 6,2) auf. Hieran sind die Säuren maßgeblich beteiligt. Gleichzeitig ist die Pflanze bemüht einen elektrostatischen Ausgleich zwischen positiv und negativ geladenen Bestandteilen in den Zellen zu gewährleisten. Daher kommt es zu einer deutlichen Zunahme an Säuren (-), wenn z.B. eine Düngung mit Kalium (+) erfolgt:



- **Zentrale Stellung im Stoffwechsel.** Ein bedeutender biochemischer Reaktionsweg zur Energiegewinnung und zum Abbau von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweiß ist nach einer wichtigen organischen Säure benannt worden: Citronensäure-Zyklus.
- **Beteiligung an Verfärbungsreaktionen.** Jeder hat schon mal beobachtet, dass bei Zugabe von Citronensäure z.B. in eine Tasse Tee sich die Flüssigkeit aufhellt. Zu ähnlichen farbstabilisierenden Einflüssen tragen auch die Säuren in den Kartoffelknollen bei.

2. Entwicklung im Verlauf der Vegetation

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, besteht eine große Übereinstimmung zwischen dem Verlauf der Gehalte an organischen Säuren und der gebildeten Blattmenge und deren Funktion im Verlauf der Vegetation. Gewöhnlich sind hohe Gehalte kennzeichnend für eine hohe Stoffwechselrate für Bildung, Umbau und Abtransport an Assimilaten. Die Gehalte an Äpfelsäure weisen in den Blättern zwischen 6 - 7fach höhere Werte auf als an Citronensäure.

In den Knollen werden dagegen deutlich höhere Gehalte an Citronensäure als an Äpfelsäure vorgefunden. Die höchsten Werte an organischen Säuren befinden sich in ganz jungen Knollen (Abb. 2). Im Verlauf der Vegetation fallen besonders die Gehalte an Äpfelsäure stark ab, während die der Citronensäure nur leicht absinken und in der zweiten Vegetationshälfte dann wieder ansteigen. Die eingelagerten Mengen an beiden Säuren nehmen dagegen bis kurz vor der Ernte stetig zu. Während die höchste Einlagerungsrate von ca. 0,9 kg Äpfelsäure je ha und Tag bereits zwischen 45 - 60 Tagen nach Aufgang zu registrieren ist, liegt das Maximum der Citronensäureeinlagerung mit 4,6 kg/ha und Tag zwischen 60 - 75 Tage nach dem Aufgang.

3. Einfluss des Wetters

Zum Einfluss des Wetters auf die Konzentration an organischen Säuren gibt es nur wenige Untersuchungen. Danach werden in warmen und trockenen Jahren rel. hohe Gehalte an Citronensäure und Äpfelsäure in Kartoffelknollen gefunden. Nach eigenen Versuchsergebnissen konnte nur ein rel. geringer Wittereinfluss festgestellt werden, der anscheinend weitgehend von unterschiedlichen Temperaturen verursacht wird (Abb. 3). Hiernach werden die niedrigsten Gehalte an Citronensäure bei ca. 15,5 °C in den Knollen ermittelt, also bei Temperaturen, die gewöhnlich die günstigsten Wachstumsbedingungen kennzeichnen und zu den höchsten Knollenerträgen führen. Sowohl niedrigere als auch höhere Temperaturen führen dann zu jeweils ansteigenden Werten an Citronensäure.

Kommt es nach starken Regenfällen zu einer Verlagerung und Auswaschung von Nährstoffen, was auf Sandböden besonders für Stickstoff und Kalium möglich ist, so hat das ebenfalls Auswirkungen auf die organischen Säuren von Kartoffelknollen. Eine veränderte Verfügbarkeit an diesen Nährstoffen und nicht Veränderungen des Wassergehaltes im Boden ist hierfür als Ursache anzusehen.

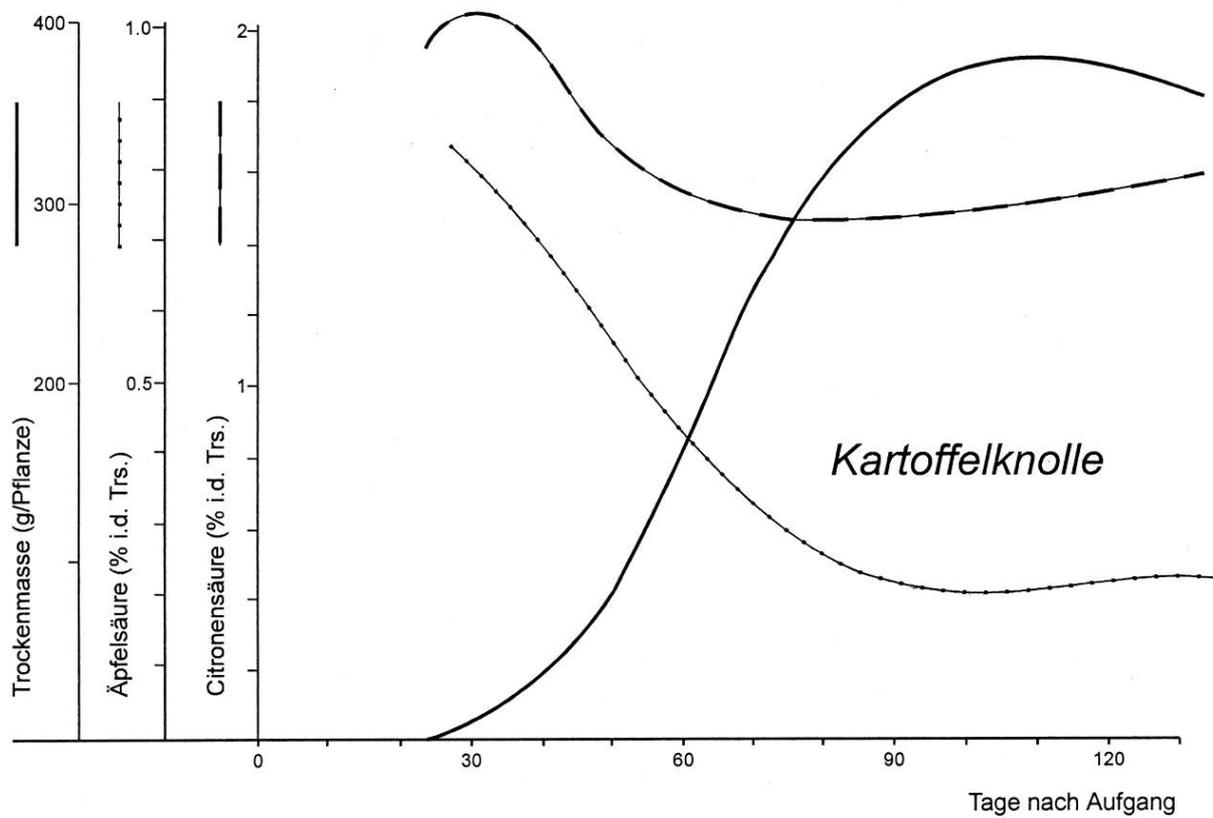
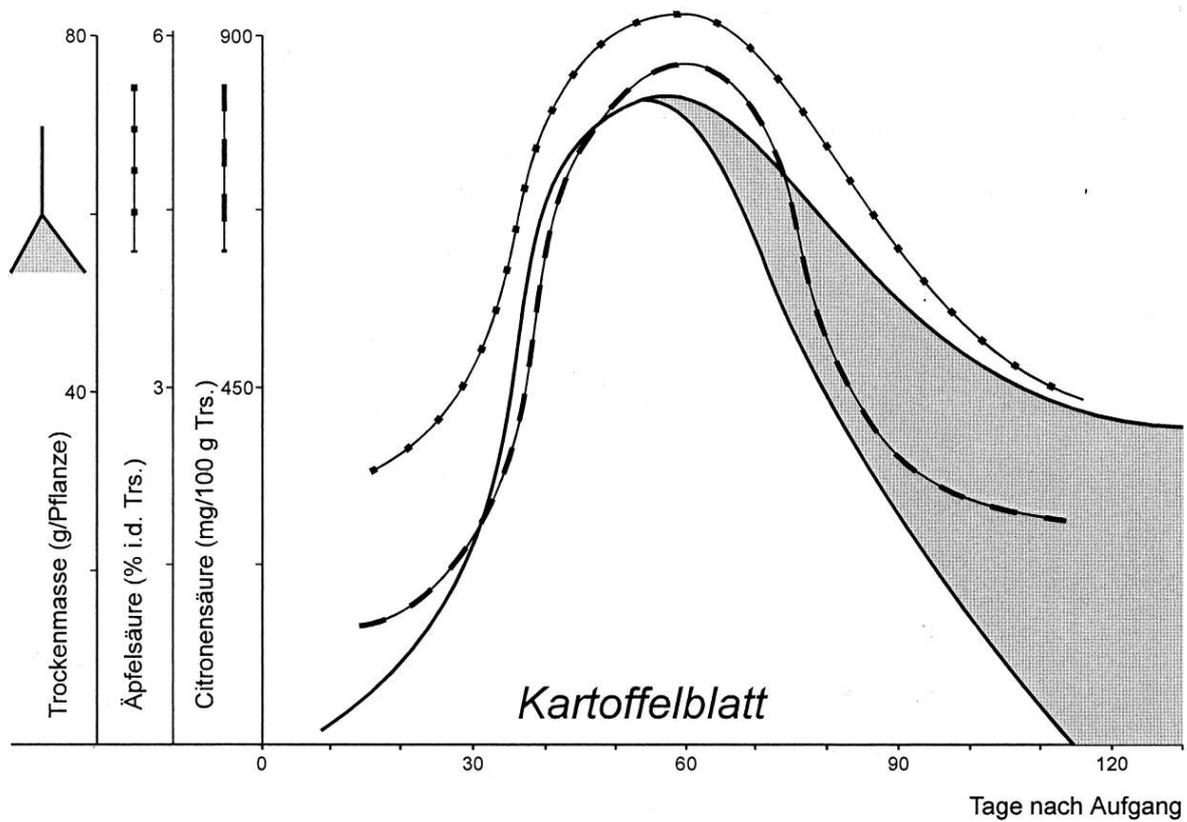


Abb. 2: Entwicklung der Trockenmasse (Blattgelbanteil schraffiert) sowie der Gehalte an Citronensäure und Äpfelsäure in Blättern und Knollen von Kartoffeln im Verlauf der Vegetation

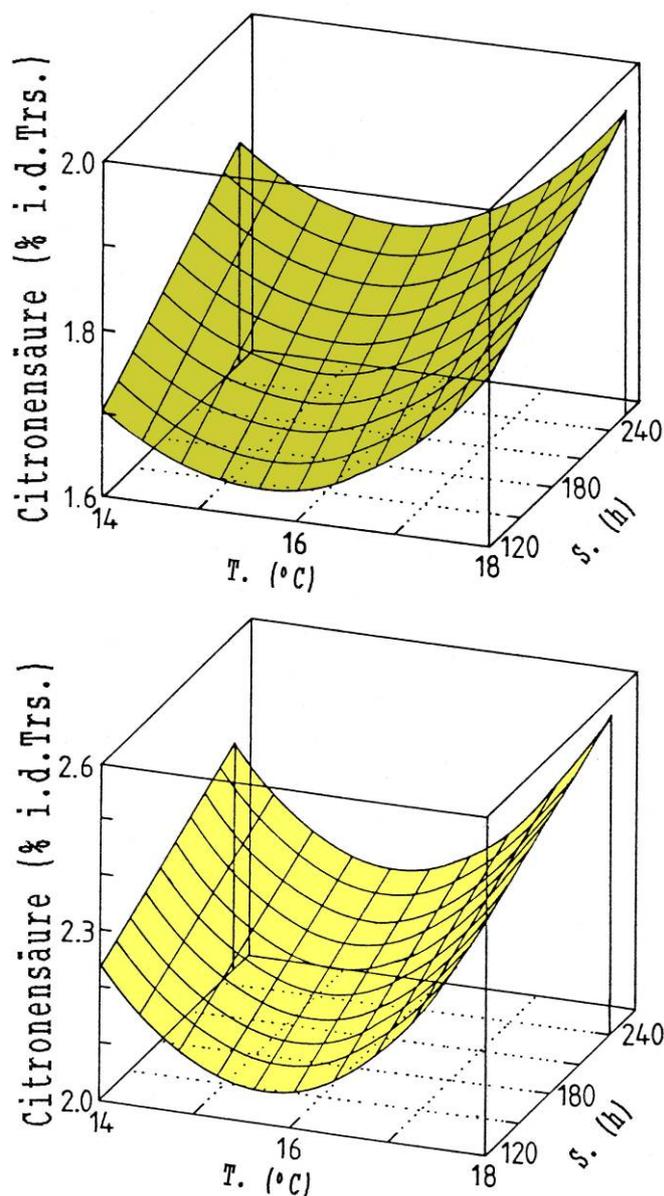


Abb. 3: Möglicher Einfluss steigender Temperaturen (T.) und Sonnenscheindauer (S.) von Mai - August auf die Gehalte an Citronensäure in Kartoffelknollen (oben: Feldversuche; unten: Gefäßversuche)

4. Einfluss der Nährstoffversorgung

Eine unterschiedlich hohe Nährstoffversorgung hat daher einen wesentlich deutlicheren Einfluss auf die organischen Säuren in Kartoffelknollen (Abb. 4). Besonders durch eine ansteigende K-Ernährung der Bestände können die Gehalte an Citronensäure und an Äpfelsäure deutlich angehoben werden. Generell bestehen sehr enge positive Beziehungen zwischen den Gehalten an Kalium und den Werten an diesen beiden Säuren.

Eine ansteigende N-Versorgung führt demgegenüber in der Regel nur zu leichten Veränderungen in den Konzentrationen an beiden Säuren (Abb. 4). Werden aber infolge stark steigender N-Düngung die K-Gehalte der Knollen verringert, was in Abhängigkeit zur Bodenart oft zu verzeichnen ist, so nehmen die Gehalte an organischen Säuren dann z. T. deutlich ab. Diese Reaktion beruht ursächlich ebenfalls auf den veränderten Werten an Kalium und nicht an Stickstoff in den Knollen (= indirekte Wirkung einer N-Düngung). Eine unterschiedliche P-Düngung (ohne Abbildung) hat keine großen Auswirkungen auf die Gehalte an organischen Säuren. Meistens werden bei höherer P-Versorgung etwas niedrigere Säurewerte in Kartoffelknollen vorgefunden.

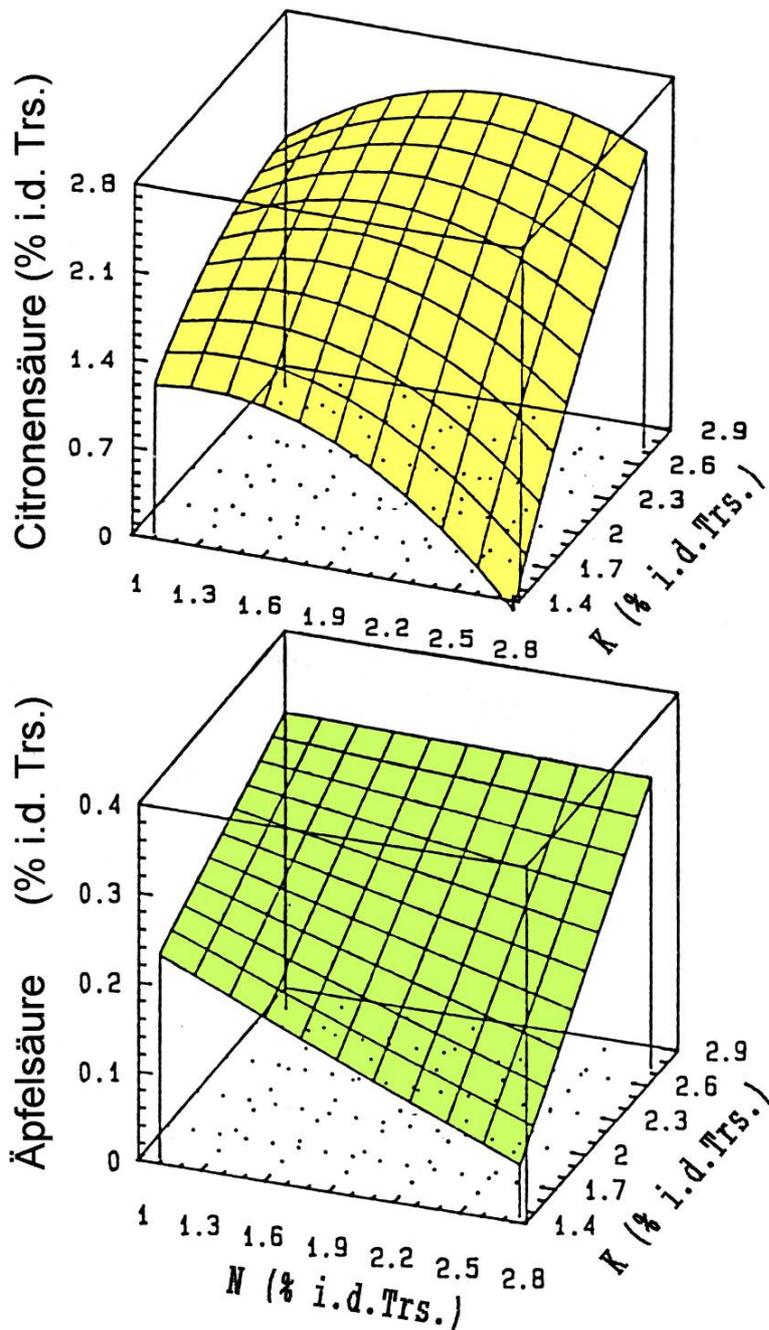


Abb. 4: Einfluss steigender Gehalte an Stickstoff (N) und Kalium (K) in Kartoffelknollen auf die Gehalte an Äpfel- und Citronensäure (ZHANG, 1989, Gefäßversuche, praxisrelevante Bereiche: 1,3 - 2,0 % N, 1,5 - 2,8 % K i.d. Trs.)

5. Einfluss der Lagerung

Im Verlauf einer Langzeitlagerung sind charakteristische Veränderungen der Gehalte an organischen Säuren festzustellen (Abb. 5). Zunächst setzt sich nach der Ernte die Entwicklung der Gehalte in der Weise fort, wie es bereits vor der Ernte zu beobachten war (vgl. Abb. 2): die Gehalte an Citronensäure nehmen zu, die der Äpfelsäure nehmen weiter ab.

Kurz nach Beginn der visuellen Keimung kehrt sich die Entwicklung der Säuregehalte um. Die Konzentrationen an Citronensäure erreichen die höchsten Werte und fallen danach langsam wieder ab. Die Gehalte an Äpfelsäure (und Saccharose) beginnen dagegen langsam wieder anzusteigen.

Werden Kartoffeln bei niedrigeren Temperaturen als 18 °C gelagert, wie dies gewöhnlich der Fall ist, so erscheinen die aufgezeigten Veränderungen in nicht so deutlicher Form. Entsprechend den verschiedenen genetischen, pflanzenbaulichen und klimatischen Gegebenheiten unter denen die Kartoffelpflanzen aufgewachsen waren, sind außerdem erhebliche Unterschiede im Gehaltsniveau und in der Entwicklung der Gehalte festzustellen.

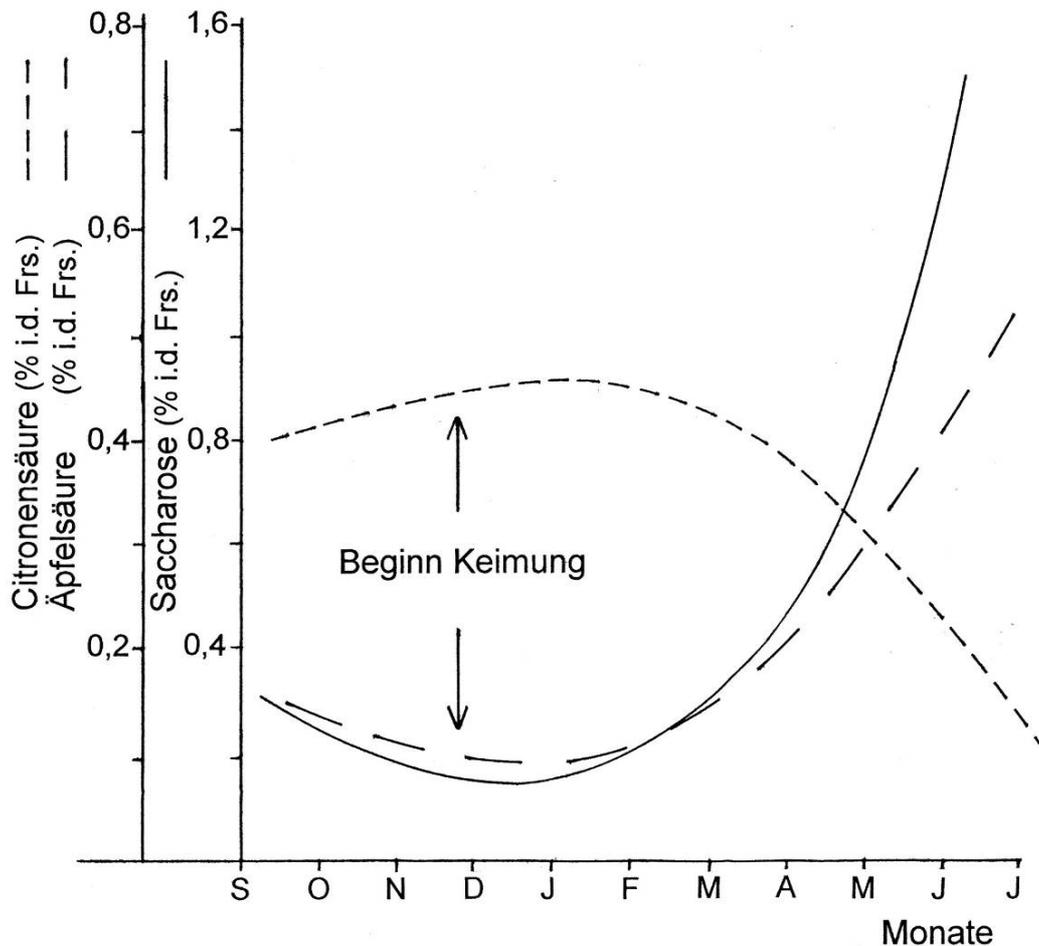


Abb. 5: Verlauf der Gehalte an Äpfelsäure, Citronensäure und Saccharose in Kartoffelknollen während der Lagerung (18 °C, 85 - 90 % rel. Luftfeuchtigkeit, nach Daten von REUST & AERNY, 1985)

6. Schlussfolgerungen

In dieser Folge wurden Faktoren behandelt, die wesentlichen Einfluss auf die wichtigsten organischen Säuren in Kartoffeln haben (Citronensäure und Äpfelsäure). Abgesehen von einem mittleren Einfluss unterschiedlicher Temperaturen, sind die vorherrschenden Wetterverhältnisse, die Sorte und der Lagerungseinfluss von verhältnismäßig geringer Bedeutung.

Besonders durch eine Düngung mit K-reichen mineralischen und organischen Düngemitteln können die organischen Säuren beeinflusst werden. Eine hohe K-Versorgung führt zu einer deutlichen Zunahme der Gehalte an Citronensäure und Äpfelsäure in Kartoffelknollen. Hohe Gehalte an organischen Säuren sind besonders wichtig zur Verhinderung des Auftretens von Knollenverfärbungen. Daher ist besonders bei der Produktion von Speisekartoffeln auf eine angemessen hohe K-Versorgung zu achten. Über Faktoren, die zur Ausprägung von Knollenverfärbungen wichtig sind, wird in einem nachfolgenden Artikel gesondert eingegangen.