

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

Dr. Norbert U. Haase, Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Detmold

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

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

Einflussfaktoren auf Ertrag und Inhaltsstoffe der Kartoffel

VIII. Die wichtigsten Verfärbungsreaktionen

1. Charakterisierung wichtiger Verfärbungstypen in Kartoffeln

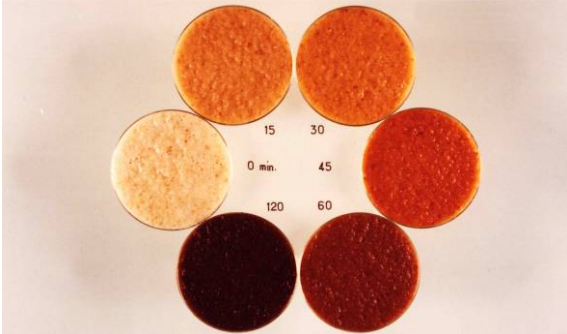

Verfärbungen sind von großer Bedeutung für die Qualität von Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen, denn die Verbraucher lehnen sie sowohl aus visuellen als auch aus geschmacklichen Gründen ab. Die Konstitution zur Verfärbung ist in der Knollengeschichte begründet. Jedoch treten sie erst nach der Ernte im Verlauf der Lagerung oder küchentechnischer bzw. industrieller Verarbeitung auf. Je nach Entstehung unterscheidet man enzymatische und nicht enzymatische Verfärbungen (Tab. 1 u. 2).

Zu den enzymatischen Farbreaktionen zählt die Rohbreiverfärbung, die z.B. bei der küchentechnischen Aufbereitung von rohen Kartoffeln zu Reibeteig infolge des Zerkleinerungsprozesses der Knollen durch Zerstörung der intakten Zellverbände entsteht. Die Schwarzverfärbung hingegen resultiert aus Stoß- oder Quetschverletzungen z.B. infolge unzureichender Behandlung bei der Ernte sowie bei der Ein- und Auslagerung. Beim Schälen dieser Knollen werden dann bläulich-schwarze Pigmentbereiche in den Knollenradzonen sichtbar (Tab. 1).



Bei der Ausprägung der Schwarzverfärbung ist neben der Anwesenheit bestimmter chemischer Hauptkomponenten (Polyphenoloxidase, Mono- u. Diphenole) die Widerstandsfähigkeit der Knollen gegenüber Verletzungen von großer Bedeutung. Ein hoher Gehalt an Stärke- bzw. Trockensubstanz sowie ein geringer Turgordruck des Zellengewebes führen zur Erhöhung der potentiellen Farbtintensität. Auch großlumige Zellen mit unregelmäßig großen Stärkekörnern und auch große Knollen scheinen sich stärker zu verfärben als kleine Knollen. Mit zunehmender Turgeszenz sind die Knollen zwar beschädigungsempfindlicher doch nimmt deren Verfärbungsneigung ab.

Beide Formen der enzymatischen Verfärbungen haben zwar unterschiedliche Ursachen, führen aber über weitgehend identische chemische Reaktionswege zu dunkel gefärbten sog. Melaninen, einer weit verzweigten Pigmentgruppe mit sehr kompliziertem chemischem Aufbau. Das lebende Knollengewebe reagiert auf die beschriebenen Verletzungen mit einer Wundkorkbildung, in dessen Abfolge u.a. hohe Konzentrationen an phenolischen Verbindungen gebildet werden. Diese Verbindungen dienen den Pflanzen zur Abwehr von möglichen Verletzungsbedingten Schadinfectionen und sind wiederum Ausgangsstoffe für die angesprochenen Farbreaktionen.

Tab. 1: Ursachen und Erscheinung von enzymatischen Verfärbungen in Kartoffelknollen

Typ	Rohverfärbung, Rohbreiverfärbung	Schwarzverfärbung, Blauverfärbung
Ausgangsverbindungen	<p><u>Farberhöhend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Enzyme: Polyphenoloxidase, Peroxidase - N-haltige Verbindungen: freie Aminosäuren u. Amide z. B. Tyrosin - N-freie Verbindungen: Mono- u. Diphenole (z. B. Chlorogensäure) - Sauerstoff - indirekt: hohe Gehalte an Trockensubstanz, geringer Zellturgor, Lipide <p><u>Farbverringend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - reduzierende Verbindungen (u. a. Ascorbinsäure, Schwefelverbindungen) - Bindung des Quinons (u.a. Cystein, Glutathion) - niedriger pH-Wert (organische Säuren) - Komplexbildner gegenüber Kupfer (prosthet. Gruppe des Enzyms) - indirekt: hohe Gehalte an Kalium - technologisch: Enzyminaktivierung durch Hitzebehandlung 	<p><u>Farberhöhend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - wie bei Rohverfärbungen - zusätzlich: mechanischer Energieeintrag zwingend erforderlich - indirekt: hohe Gehalte an Stärke- und Trockensubstanz, Größe, Dichte und Elastizität der Zellverbände <p><u>Farbverringend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - wie bei Rohverfärbung - zusätzlich: Turgor und Elastizität der Zellen
Prozess	<p>Nach Zerstörung der lebenden Zellverbände z. B. durch Be- und Verarbeitung erfolgt bei O₂-Zutritt enzymatische Oxidation von Monophenolen zu o-Quinonen. Enzymleistung (Menge x Aktivität) bedingt Geschwindigkeit der Farbbildung. Im Weiteren handelt es sich um einen Polymerisationsprozess, der unter Einbeziehung von Aminogruppen zu dunkel gefärbten Melaninen führt.</p> <p>Ascorbinsäure kann durch Eigenoxidation zu Dehydroascorbinsäure die Bildung von o-Quinon hemmen und wirkt somit der Verfärbung entgegen. Verstärktes Auftreten in Rand- u. Gefäßbündelzone.</p>	<p>Oxidation von Monophenolen zu o-Quinonen ohne O₂-Zutritt von außen in verletzten lebenden Zellen durch Druckbelastungen und Quetschungen. Reaktion läuft langsamer als bei Rohverfärbung ab.</p> <p>Tritt auch infolge bakterieller und pilzlicher Erkrankungen auf. Begrenzung auf diskrete Zellbereiche (äußere Randbereiche bis zum Gefäßbündelring).</p>
Farbstufen	gelb – rotbraun – braun – schwarz (Dauer: einige Stunden)	blaugrau – schwarz (Dauer: mehrere Tage)
Visuelle Erscheinung	<p>Rohbreiverfärbung nach 0 – 120 Minuten in Petrischalen</p> 	<p>Schwarzverfärbung aufgeschnittener Knollen (Quelle: R. PETERS, KTBL)</p> 

Tab. 2: Ursachen und Erscheinung von nichtenzymatischen Verfärbungen in Kartoffelknollen

Typ	Kochdunklung	Maillard-Reaktion
Ausgangsverbindungen	<p><u>Farberhöhend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - phenolische Verbindungen (u. a. Chlorogensäure) - Metalle (Eisen, Kupfer) <p><u>Farbverringend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - organische Säuren (Citronensäure, Ascorbinsäure) - niedrige pH-Werte - indirekt: hohe Gehalte an Kalium 	<p><u>Farberhöhend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - reduzierende Zucker (Fructose, Glucose) - freie Aminosäuren (Lysin, Methionin) - Amide, Peptide - hohe Verarbeitungstemperaturen (Beschleunigung der Reaktion) - Wasser, hohe pH-Werte (Beschleunigung der Reaktion) <p><u>Farbverringend:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - niedrige Gehalte an reduzierenden Zuckern - niedrige Verarbeitungstemperaturen, niedrige Wassergehalte (Reduzierung der Geschwindigkeit)
Prozess	<p>Beim Kochvorgang führen Reaktionen zwischen freien Metallen und Phenolen über Komplexbildungen zu Metallphenolaten.</p> <p>Organische Säuren binden dagegen Metalle zu farblosen Chelaten. Ascorbinsäure und Metalle können zu schwach purpur-violetten Farbreaktionen führen.</p> <p>Verstärktes Auftreten am Nabelende.</p>	<p>Im Verlauf des Trocknungs-, Frittier- u. Bratprozesses reagieren reduzierende Zucker und freie Aminosäuren bei Hitzeeinwirkung zu Amino-Zuckern, die umgehend zu Amadori-Verbindungen umgesetzt werden. Polymerisationsreaktionen führen schließlich zu den braun gefärbten Melaninen.</p> <p>Verbindungen zeigen Aromacharakter meist unerwünschter Art (Bitterstoffe).</p> <p>Karamelisierung von Zuckern bei höheren Temperaturen führen ebenfalls zur Bräunung und Bildung von Aromakomponenten.</p> <p>Verstärktes Auftreten in Gefäßbündelregion.</p>
Farbstufen	grünlich – graublau – braun	gelblichbraun – braunschwarz
Visuelle Erscheinung	<p>Kochdunklung von Püree in Petrischalen</p> 	<p>Chipsmuster mit Gehalten an reduzierenden Zuckern von 0,03 – 0,40 %</p> 

Eine andere Gruppe von Verfärbungen entsteht infolge Hitzeeinwirkung und ist im Wesentlichen auf nichtenzymatische chemische Reaktionen zurückzuführen (Tab. 2). Hierzu zählt die Maillard-Reaktion, die insbesondere bei Frittier- und Braterzeugnissen (Pommes frites, Chips, Bratkartoffeln) auftritt. Die Farbausprägung ist unter durchschnittlichen Bedingungen in hohem Maße vom Gehalt an reduzierenden Zuckern (Glucose u. Fructose) abhängig. Niedrige Werte an diesen Zuckern führen zu einer geringen Farbausprägung. Die chemischen Endprodukte dieser Verfärbung gehören ebenfalls zum Formenkreis der Melanine. Sie tragen zunächst zur positiven Aromaausbildung bei, machen sich aber bei höheren Konzentrationen durch einen bitteren Geschmack bemerkbar. Außerdem können stark gefärbte Produkte hohe Gehalte an Acrylamid enthalten, einer potenziell krebserzeugenden Substanz, die unter Hitzewirkung aus reduzierenden Zuckern und Asparagin gebildet wird.

Beim Kochvorgang können Chlorogensäure und Eisen einen chemischen Komplex bilden, der eine blaugraue bis schwarze Färbung hinterlässt. Bei gegarten Speisekartoffeln wird diese Verfärbung als Kochdunklung bezeichnet (Tab. 2). Die Farbausprägung ist hier wiederum von der Konzentration der genannten Ausgangssubstanzen abhängig. Ein erhöhter Eisengehalt im Kochwasser kann daher auch zu einer verstärkten Grauverfärbung der Knollen-Randzonen beitragen. Hohe Gehalte an organischen Säuren (z.B. Citronensäure) reduzieren andererseits das Farbpotential, da sie das Eisen durch eine andere Komplexbildung der farbgebenden Reaktion entziehen.

Aus den dargelegten chemischen und physiologischen Ursachen der Verfärbungsreaktionen kann abgeleitet werden, dass es immer dann zu starken Verfärbungen kommt, wenn bestimmte chemische Komponenten, die die Farbgebung erhöhen, hohe Gehalte aufweisen oder/und wenn der Verfärbung entgegenwirkende Verbindungen niedrige Werte aufweisen. Die Höhe der Gehalte an diesen chemischen Verbindungen und damit die Stärke der Farbausprägung sind von verschiedenen Faktoren abhängig. Hierzu zählen sowohl genetische Faktoren, das Wachstumsstadium, die spezifischen Wachstumsbedingungen im Verlauf der Vegetation als auch die Ernte- und Lagerungsbedingungen.

2. Einfluss der Sorte

Verfärbungsneigungen sind nicht zuletzt auch genetisch fixierte Eigenschaften. So sind frühreife Sorten gewöhnlich durch eine höhere Verfärbungsresistenz gekennzeichnet als später abreifende Sorten. Ursache hierfür ist in erste Linie der geringe Gehalt an Tyrosin und an Trockensubstanz. Allerdings sind auch in der später abreifenden Gruppe Sorten mit geringer Verfärbungsneigung vorhanden.

Allgemein gilt, dass die Verfärbungsneigung über einen sehr weiten Streubereich variiert. Durch gezielte Selektion sind aber auch Sorten geschaffen worden, die so gut wie keine enzymatischen Verfärbungen mehr aufweisen. In der Züchtungsforschung bestehen Bestrebungen, eine molekulare Blockierung des Schlüsselenzyms Polyphenoloxidase zu erreichen, wodurch bestimmte Verfärbungen gänzlich unterbunden werden könnten.

Neue Sorten werden in der Bundesrepublik Deutschland systematisch auf ihre Neigung zur Rohverfärbung und Kochdunklung hin untersucht und klassifiziert. Die Ergebnisse sind in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes enthalten. Die Neigung zur Maillardreaktion wird indirekt bei der Eignungsprüfung der Sorten zur Herstellung von Verarbeitungserzeugnissen mit berücksichtigt.

3. Entwicklung im Verlauf der Vegetation

In Abbildung 1 sind einige wesentliche farbgebende Verbindungen im Verlauf der Vegetation in Kartoffelknollen wiedergegeben worden. So steigen die Gehalte an Tyrosin, einer Hauptkomponente der enzymatischen Verfärbung, im Verlauf der Vegetation in den wachsenden Knollen stark an. Parallel hierzu nehmen die Farbwerte der Schwarzverfärbung und der Rohbreiverfärbung kontinuierlich zu. Ganz junge Knollen sind hiernach durch eine geringe Neigung zu Schwarz- und Rohverfärbungen charakterisiert. Erntereife Knollen dagegen weisen bereits deutlich höhere Verfärbungsneigungen auf.

Anders verhält es sich mit den nichtenzymatischen Verfärbungen. Die Maillard-Reaktion beispielsweise ist abhängig von den Gehalten an reduzierenden Zuckern. Werden im Verlauf der Vegetation hohe Werte in den Knollen gemessen, so führt das auch zu intensiven Farbreaktionen, wenn aus diesen Knollen Fritierprodukte hergestellt werden. Dies trifft zunächst für ganz junge Knollen zu.

Im Verlauf der Vegetation fallen dann die Gehalte an Zuckern in der Regel stark ab und verbleiben schließlich auf sehr niedrigem Niveau. Diese Knollen sind dann auch durch geringe Braunfärbungen beim Frittier- u. Bratprozess gekennzeichnet. Erst gegen Ende der Vegetation im Zuge der dann fallenden Außentemperaturen steigen die Werte an Glucose und besonders an Fructose in den Knollen wieder an, begleitet von einer entsprechend stärkeren Farbausprägung bei der Verarbeitung.

Wie weiter aus Abbildung 1 entnommen werden kann, wird in Kartoffelknollen meistens ein Abfall der Werte an Chlorogensäure im Verlauf der Vegetation festgestellt. Dies hat zur Folge, dass die Neigung zur Kochdunklung ebenfalls abnimmt. Junge Knollen neigen daher oft stärker zur Kochdunklung als physiologisch ausgereifte Kartoffeln.

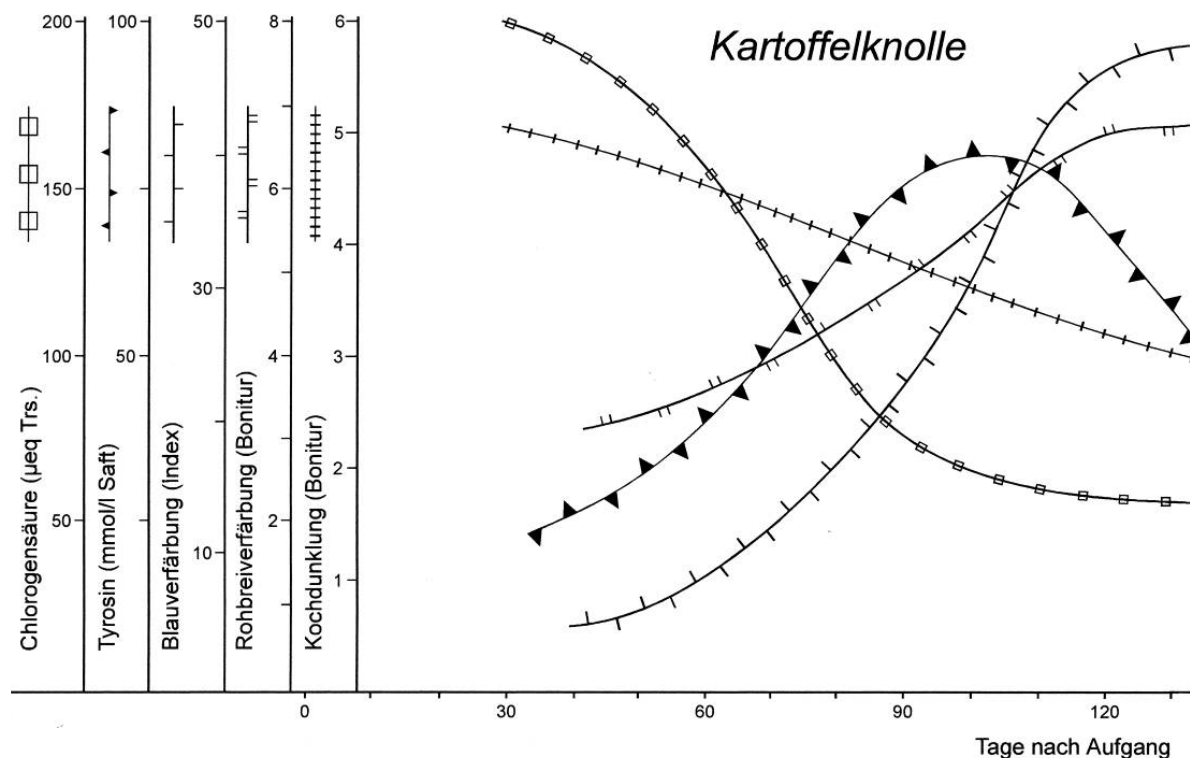


Abb. 1: Entwicklung des Verfärbungspotenzials in Kartoffelknollen im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von farbgebenden Inhaltsstoffen

4. Einfluss des Wetters

Ansteigende Niederschläge oder Wassergehalte des Bodens können sehr unterschiedliche Wirkungen auf Verfärbungen zur Folge haben. Nach Untersuchungen von AEPPLI (1979) besteht ein relativ enger Zusammenhang zwischen der Niederschlagshöhe in den Vegetationsmonaten und den Werten an Kalium, Trockensubstanz und dem Schwarzindex von Kartoffelknollen (Abb. 2). Unschwer ist der Zusammenhang zu erkennen, dass steigende Niederschläge die K-Gehalte herabsetzen und deshalb gleichzeitig die Gehalte an Trockenmasse anheben. Ebenfalls dürften die Konzentrationen an organischen Säuren verringert sein. Als Folge dieser Komplexwirkung steigt dann die Schwarzverfärbung an.

Nach anderen Versuchen kann auch Trockenheit zu einer verstärkten Schwarzverfärbung führen. Hierdurch kommt es zu einer deutlichen Anhebung der Gehalte an Trockensubstanz in den Knollen, die ihrerseits die Anfälligkeit gegenüber Verfärbungen erhöht. Daher kann die Neigung zur Rohverfärbung herabgesetzt werden, wenn z.B. eine Zusatzberegnung erfolgt. Als Ursache ist hierbei sowohl eine vermehrte Wassereinlagerung (Abnahme der Gehalte an Trockensubstanz) als auch eine veränderte Stickstoffernährung der Pflanzen anzusehen, in dessen Folge es zu einer geringeren Farbausprägung kommt.

Steigende Sonnenscheindauer erhöht ebenfalls die Gehalte an Trockensubstanz und Stärke und könnte auf diesem Wege zu einer Zunahme des Verfärbungspotenzials beitragen (insbesondere hinsichtlich der Schwarzfleckigkeit). Die erhöhte Einstrahlung führt gleichzeitig zu einer Abnahme an freien Aminosäuren und Amiden und zu einem starken Anstieg an Ascorbinsäure in Kartoffelknollen. Deshalb wird in diesen Fällen eine relativ geringe Rohverfärbung beobachtet (Abb. 3).

Auch unterschiedliche Temperaturen haben einen Einfluss auf Komponenten, die zur Erhöhung oder Verringerung der enzymatischen Verfärbungen führen. Bei niedrigen Temperaturen von unter 10 °C werden oft hohe osmotische Werte in den Knollen gemessen. Hierdurch nimmt die Elastizität des Gewebes und daher auch die Beschädigungsresistenz der Knollen erheblich ab, so dass z.B. bei zu niedrigen Erntetemperaturen Schwarzverfärbungen verstärkt auftreten können.

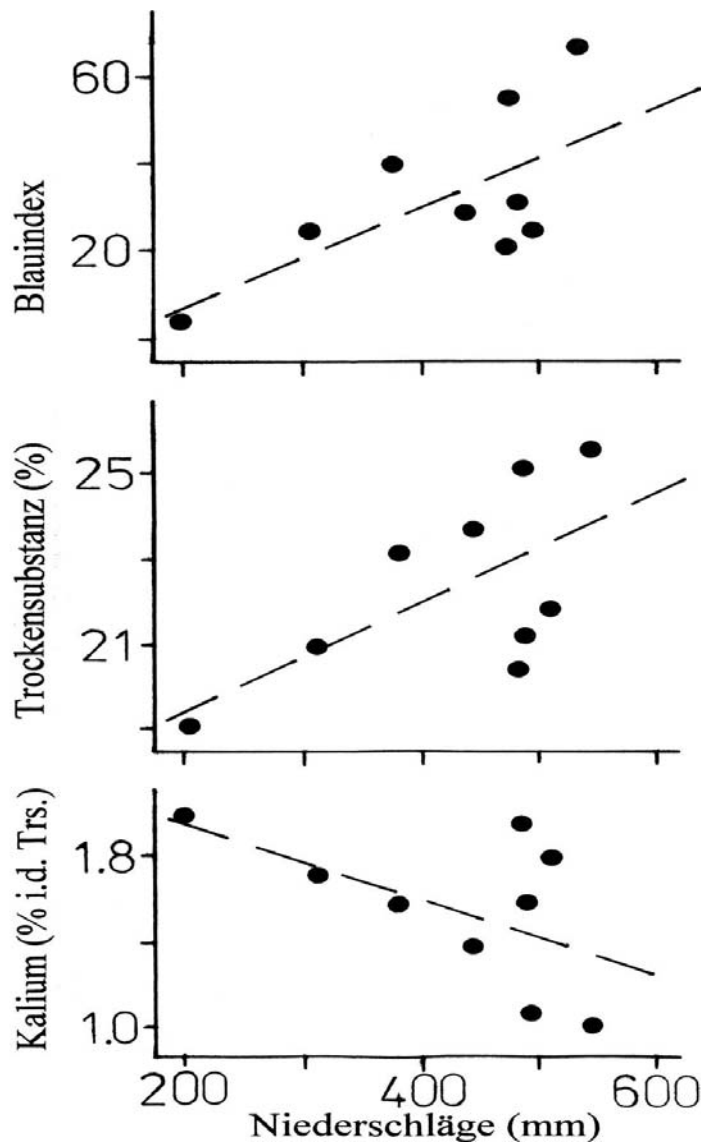


Abb. 2: Einfluss steigender Niederschläge während der Vegetationszeit auf Schwarzfleckigkeit und beteiligte Inhaltsstoffe (AEPPLI, 1979)

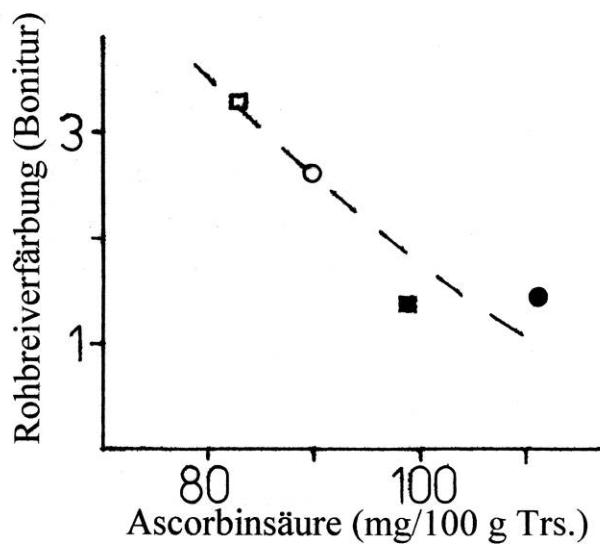


Abb. 3: Beziehung zwischen den Gehalten an Ascorbinsäure und der Rohverfärbung von Kartoffeln unter verschiedenen klimatischen Anbaubedingungen

Nichtenzymatische Verfärbungen werden z. T. deutlich von den vorherrschenden Temperaturen beeinflusst. So wird berichtet, dass kühle Jahre zu einer stärkeren Kochdunklung beitragen können, weil dann hohe Gehalte an Chlorogen- und geringe Werte an Citronensäure in den Knollen festzustellen sind. Auffallend ist auch, dass in nördlichen Ländern die Frittier- und Bratprodukte jeweils dunkler gefärbt sind als Produkte, die aus südlicheren Breiten stammen. Ursache hierfür ist eine unterschiedliche Anreicherung an Glucose, Fructose und Saccharose.

Treten im späten Abschnitt der Vegetationsperiode Zeiten mit niedrigen Temperaturen auf, so führt das zu einer Anreicherung an Glucose und Fructose in den Kartoffeln. Besonders bei später Ernte und ungünstigen Erntebedingungen mit zu tiefen Temperaturen kann die Produktqualität dann besonders negativ beeinflusst werden, wenn eine sofortige Verarbeitung erfolgt.

5. Einfluss der Nährstoffversorgung

Der Einfluss der Düngung und Nährstoffversorgung kann auf die Ausprägung enzymatischer Verfärbungen erheblich sein. Wie aus Abbildung 4 hervorgeht, führt eine steigende N-Ernährung im Versorgungsbereich der landwirtschaftlichen Praxis zu einer intensiveren Rohverfärbung. In abgeschwächtem Maße gilt dieses ebenso für die P-Ernährung.

Eine farberhöhende Wirkung steigender N-Ernährung besteht aber oft nur, wenn gleichzeitig eine zu niedrige K-Versorgung zu beobachten ist. Ursache hierfür ist, dass mit steigender N-Ernährung zwar die Aktivität des Enzyms Polyphenoloxidase angehoben wird, die Substratkonzentration (Tyrosin u. Gesamtphenole) aber nur bei unzureichender K-Ernährung ansteigt. Ähnliche Zusammenhänge gelten auch für die Kochdunklung. Lediglich die Maillardreaktion kann offenbar durch N-Düngung etwas abgeschwächt werden, da die Konzentration an reduzierenden Zuckern zurückgeht.

Wesentlicher Faktor für die Verfärbungsneigung ist ohne Frage die K-Versorgung. Hohe Kaliumgehalte senken einerseits die Trockensubstanz- und Stärkewerte. Andererseits ist Kalium im Zellsaft osmotisch wirksam und erhöht den Wassergehalt und damit den Turgordruck der Zellen im Knollengewebe. Gleichzeitig sind die Gehalte an phenolischen Substanzen verringert, während Ascorbinsäure und andere organische Säuren höhere Gehalte aufweisen. Diese teils direkten teils aber auch indirekten Wirkungen führen insgesamt dazu, dass eine ausreichend hohe K-Versorgung zwar zu einer etwas erhöhten Beschädigungsempfindlichkeit bei der Ernte führen kann, doch wird die Neigung zur Schwarzfleckigkeit und Kochdunklung deutlich verringert. Dies trifft auch für die Rohbreiverfärbung zu (Abb. 4).

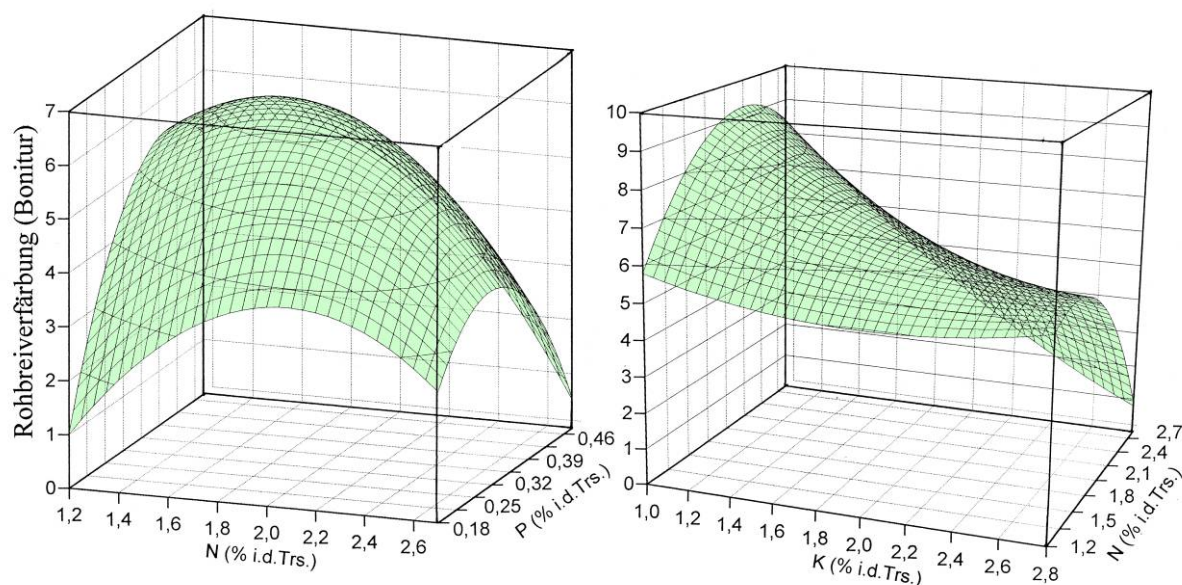


Abb. 4: Einfluss der NPK-Ernährung auf die Rohverfärbung von Kartoffelknollen (Gefäßversuche, praxisrelevante Bereiche in der Versorgung mit Stickstoff = 1,3 - 2,0 % N, Phosphor = 0,2 - 0,4 % P, Kalium = 1,5 - 2,8 % K i.d. Trs.)

Mit steigenden K-Gehalten in den Knollen wird die Rohverfärbung besonders deutlich herabgesetzt, wenn gleichzeitig eine rel. hohe N-Ernährung vorliegt. Andererseits trägt auf dem Niveau einer sehr geringen N-Ernährung ein Anstieg der K-Versorgung kaum zur Farbreduktion bei. Auch hierbei liegen die Ursachen wieder in dem komplexen Einfluss der genannten Nährstoffe auf verfärbungsfördernde sowie -mindernde Inhaltsstoffe begründet.

6. Einfluss der Lagerung

Selbst unter optimalen Bedingungen ist im Verlauf der Lagerung mit einer langsamen Zunahme der Anfälligkeit gegenüber Verfärbungsreaktionen in Kartoffelknollen zu rechnen. Oft wird zwar beobachtet, dass die Beschädigungsempfindlichkeit des Knollengewebes durch Abnahme der Turgeszenz im Verlauf der Lagerung vermindert wird. Doch steigt gleichzeitig die Gefahr des Auftretens von enzymatischen Verfärbungen (z.B. Schwarzfleckigkeit) an, da die Gehalte an Ascorbinsäure und Citronensäure z. T. stark zurückgehen, die Werte an Tyrosin aber gewöhnlich ansteigen.

Bei einer Lagerungstemperatur von unter 8 °C erfolgt außerdem eine starke Anreicherung an Glucose und Fructose. Bei der Verarbeitung dieser Knollen entstehen dann dunkel gefärbte Brat- und Frittier-Produkte. Aus diesem Grund wird Verarbeitungsware bei höheren Temperaturen gelagert.

Aber nicht nur die Lagerungstemperatur und Luftfeuchte haben Einfluss auf das Verfärbungspotenzial. Fehler in der Nährstoffversorgung im Verlauf der Vegetation sowie unzureichende Erntebedingungen und Erntetechnik verstärken die Anfälligkeit gegenüber Verfärbungen (besonders der Schwarzverfärbung) in Kartoffelknollen im Verlauf der Langzeitlagerung erheblich. Bei unreif geernteten Kartoffeln ist zu beachten, dass es im Verlauf der Lagerung oft zu einem deutlichen Anstieg der Gehalte an reduzierenden Zuckern kommen kann. Wie zudem aus Abbildung 5 zu entnehmen ist, kann eine unsachgemäße Behandlung bei der Ein- und Auslagerung über einen gleichfalls starken Anstieg an reduzierenden Zuckern zu einer erhöhten Färbung der daraus hergestellten Verarbeitungsware führen.

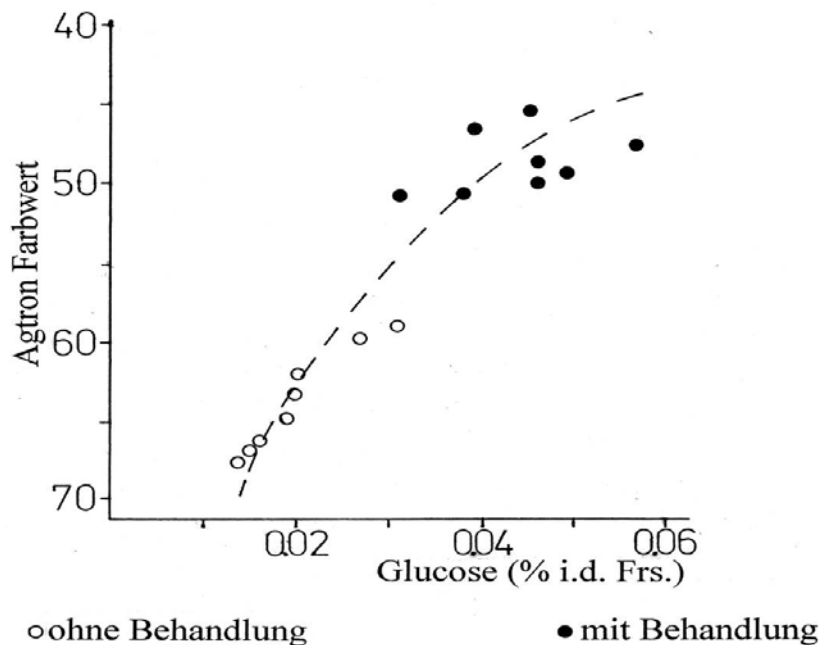


Abb. 5: Einfluss unterschiedlicher Behandlungen auf die Gehalte an Glucose und den Verfärbungsgrad von Chips (SOWOKI-NOS, 1987)

7. Schlussfolgerungen

In diesem Artikel wurden die wichtigsten Verfärbungsreaktionen in Kartoffelknollen aufgeführt und ihre inneren und äußeren Einflussfaktoren erläutert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass am Beispiel der Rohbreiverfärbung, neben dem Wettereinfluss (ca. 30 %), über die Hälfte der Variabilität von den spezifischen Ernährungsbedingungen verursacht wird. Hierbei ist vor allen Dingen der Einfluss der K-Versorgung hervorzuheben. Daher kann mit einer entsprechend variierten K-Düngung eine gezielte Verringerung von bestimmten Verfärbungen erreicht werden (Schwarz- u. Rohverfärbung, Kochdunklung). Der K-Gehalt sollte dabei in der Regel 2,2 - 2,5 % i.d. Trs. der Knollen überschreiten. Es ist deshalb oft nicht ausreichend, die K-Düngung zu Kartoffeln lediglich nach den Bodengehalten entsprechend der Bodenversorgungsclassen auszurichten.

Dagegen können Verfärbungen infolge des Frittierprozesses nur unwesentlich durch eine gezielte Düngung beeinflusst werden. Vielmehr ist hierbei die Temperatur während der Vegetation und der Lagerung entscheidend für die Ausprägung der Gehalte an reduzierenden Zuckern, die maßgebend die Bräunungstiefe bestimmen. Eine entsprechend schonende Ernte bei nicht zu niedrigen Temperaturen und eine gezielte Temperaturführung während der Lagerung sind daher für Verarbeitungsware sehr wichtig.

Unterschiedliche Knollenpartien können darüber hinaus durch gezielte Veränderung des Verarbeitungsprozesses in ihrer Verfärbungsneigung beeinflusst bzw. sogar auf einen spezifischen Bräunungsverlauf eingestellt werden. Bei stark zur Maillardreaktion neigendem Material können z.B. die reduzierenden Zucker vor dem Frittierprozess durch Verlängerung oder Erhöhung der Intensität von Waschgängen bzw. Auslaugungsprozessen entzogen werden, so dass es zu einer Reduzierung der Bräunungstiefe kommt. Durch Zugabe von Ascorbinsäure zum Kochwasser kann demgegenüber die Kochdunklung verringert werden. Ebenfalls Ascorbinsäure- oder Citronensäurezusätze führen zu einer Verringerung von Rohverfärbungen. Hierzu zählt auch die Aufbewahrung z.B. von geschälten Kartoffeln unter Wasser (O₂-Mangel). Schwarzverfärbungen können dagegen nur durch vorbeugende Maßnahmen (schonende Ernte, vor dem Abpacken oder der Verarbeitung Rekonditionierung bei höheren Temperaturen) verhindert werden.

Im ökologischen Landbau sind Besonderheiten zu beachten, denn Zusätze sind nur bedingt zugelassen. Auf der einen Seite könnte das spezifische Anbausystem dahingehend wirken, dass aufgrund geringerer N-Ernährung (und damit zusammenhängender oft höherer K-Versorgung), einer rel. frühen Ernte (durch Absterben des Krautes infolge Phytophthora) ein geringeres Verfärbungspotenzial für Rohbrei-, Schwarzverfärbung und Kochdunklung zu erwarten ist. Dagegen sind in den Knollen oft höhere Gehalte an reduzierenden Zuckern festzustellen, die zu einer etwas intensiveren Bräunung von Brat- und Frittierware beitragen könnten.

Auftreten von starken Verfärbungen kann jedoch auf eine nicht ausgeglichene Pflanzenernährung hinweisen. In diesen Fällen sollten die K-Versorgung des Bodens untersucht werden und ggf. geeignete Düngungsmaßnahmen mit K-Düngemitteln zu Kartoffeln entsprechend den Richtlinien des ökologischen Landbaus durchgeführt werden. In der Regel führen bereits Maßnahmen zur Aktivierung der Bodenreserven und/oder der Anbau von leicht zersetzbaren Zwischenfrüchten vor Kartoffeln z.B. auch zu einer deutlichen Verbesserung der K-Versorgung. Auch durch eine organische Düngung mit Stallmist oder Kompost kann die Freisetzung und Verfügbarkeit an Kalium sogar deutlicher erhöht werden als durch eine vergleichbar hohe mineralische K-Düngung. Wichtig ist in jedem Fall anschließend eine schonende Ernte zum günstigsten Zeitpunkt, eine Einlagerung abgetrockneter Knollen und eine Lagerung unter optimalen Bedingungen (Temperatur) durchzuführen.

Aufgrund der positiven Wirkungen der hier beschriebenen enzymatischen Verfärbungsreaktionen als allgemeines Abwehrsystem im pflanzlichen Stoffwechsel sollte bei Züchtungsarbeiten mit dem Ziel der Verringerung der Verfärbungsneigung darauf geachtet werden, dass das Resistenzniveau gegenüber Schadorganismen nicht reduziert wird. Einige der in diesem Zusammenhang zu nennenden Stoffgruppen gehören zudem zu den für Mensch und Tier gesundheitsfördernden sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, die auch Vitalstoffe genannt werden. Daher sollte auch der Verbraucher bedenken, dass beim Verzehr von geringfügig gefärbten Kartoffelerzeugnissen keine negativen ernährungsphysiologischen Wirkungen zu erwarten sind.