

FNR FKZ: 98NR113

Abschlussbericht

**Untersuchungen zur Farbstoffextraktion aus
Kulturkartoffelstämmen
(Solanum tuberosum - Genpool) und
Prüfung einer wirtschaftlichen Nutzbarmachung
darin enthaltener Farbpigmente für eine Non-Food-
Verwertung**



September 2004

Untersuchungen zur Farbstoffextraktion aus Kulturkartoffelstämmen (Solanum tuberosum - Genpool) und Prüfung einer wirtschaftlichen Nutzbarmachung darin enthaltener Farbpigmente für eine Non-Food- Verwertung

Bearbeitung:

**R. Vögel, Landesumweltamt (LUA) Brandenburg, Abt. GR (bis 30.6.2004
Landesanstalt für Großschutzgebiete (LAGS); Projektleitung**

**Dr. K. Schüler, Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
(IPK), Außenstelle Nord, Genbank Kartoffel**

**Prof. Dr. habil. W. Flamme, Fr. G. Jansen, Bundesanstalt für
Züchtungsforschung (BAZ), Institut für Stressphysiologie Groß Lüsewitz**

Dr. H. Junghans, NORIKA GmbH Groß Lüsewitz

Dr. Ch. Christiansen, WILD Flavors Berlin GmbH & Co. KG

Hr. Möhring, R. Jacobs, Landschaftspflege (LP) GmbH Lenzen/E.

Unter Mitarbeit von

**G. Schnaut, I. Schulz, A. Meyer (LAGS), Dr. Dehmer (IPK), D. Ullmann, B.
Wohleben, J. Billert (WILD)**

**Landschaftspflege
GmbH Lenzen**



**Bundesministerium
für Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft**



NORIKA 

**Landesanstalt für
Großschutzgebiete**



IPK
Institut für Pflanzengenetik
und Kulturpflanzenforschung
GÄTERSLEBEN

INHALTSVERZEICHNIS:

	<i>Kapitel</i>	<i>Seite</i>
I.	Situation	5
I.1.	Einleitung und Aufgabenstellung	5
I.2.	Voraussetzungen: Projektpartner, Koordination	6
I.3.	Planung, Ablauf, Aktivitäten	7
I.4.	Wissenschaftlich-technischer Stand, vorhandene Schutzrechte	7
I.5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
II.	Darstellung der Ergebnisse	9
II.1.	Anthocyane als Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Kulturkartoffeln (LAGS)	9
II.2.	Verwertungsmöglichkeiten von Farbkartoffeln bzw. Kartoffelfarbstoffen im Bereich färbender Lebensmittel sowie naturidentischer Farbstoffe (LAGS)	12
II.3.	Genpoolsichtung und Beschaffung (IPK)	15
II.4.	Erhaltung, Regeneration und züchterische Weiterbearbeitung der selektierten Genotypen (NORIKA)	19
II.5.	Feldprüfung ausgewählter Varianten auf mehreren Standorten, Vermehrungs- und Erhaltungsanbau 2001-2003 (LP Lenzen)	26
II.6.	Inhaltsstoffuntersuchungen und Qualitätsscreening (BAZ)	34
II.7.	Entwicklung eines Aufschlussverfahrens, Extrakterstellung, Weiterverarbeitung und Anwendungstests (WILD, LAGS)	43
III.	Zusammenfassung	53
IV.	Literatur	55
V.	Anhang	I -XIV

I. SITUATION

I.1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die industrielle Verwertung von Kartoffeln beschränkt sich in der Massenverwendung überwiegend auf die Nutzung der Stärke. Etwa ein Drittel der in Deutschland angebauten Kartoffeln geht in die Stärkeindustrie.⁸⁹⁾ Farbige Kartoffeln sind durch das Vorhandensein natürlicher Farbstoffe für weitere industrielle Anwendungen sowohl im Non-Food-Bereich als auch in der Nahrungsmittelindustrie interessant. Farbstoffextrakte aus diesen Knollen könnten eine Alternative zu synthetisch hergestellten Farbstoffen darstellen. In Deutschland sind Kulturkartoffeln mit bläulich-dunkler Fleischfarbe als Zuchtsorten nicht bekannt. Ihre bisherige Verbreitung beschränkt sich auf einschlägige Sammlungen sowie auf Formen in den südamerikanischen Ursprungsländern. In Europa sind blau- bzw. rotfleischige und weitgehend auch blauschalige Sorten seit dem 19. Jahrhundert praktisch vollständig verschwunden. Derzeit haben farbige Kartoffeln (*Solanum tuberosum ssp tuberosum*) in Deutschland nur einen Absatz als Spezialität in Nischenmärkten und in der Spezialgastronomie. Im Gegensatz dazu werden farbige Süßkartoffeln (*Ipomoea batatas*) in Japan in größeren Mengen angebaut und auch züchterisch bearbeitet.⁵¹⁾ Das Kartoffelpulver gilt als besonders wertvoll und ist im Supermarkt zu erwerben.⁹⁶⁾¹⁰⁰⁾

Der Farbstoffgehalt von Kulturkartoffeln wurde bisher unter Verwertungsaspekten wenig untersucht. Eine wirtschaftliche Nutzung zumindest in Europa ist derzeit nicht bekannt.

Verantwortlich für die Knollenfärbung sind Anthocyane, deren Verwendbarkeit als industrieller Rohstoff auf Basis von Kartoffeln bisher nicht untersucht wurde. Anthocyane sind als rote Farbstoffe in den wirtschaftlich genutzten Farbrohstoffen Holunder- und Aroniabeeren, Trauben, Schwarze Karotten, Rotkohl und Hibiscusblüten zu finden. Die Rotschattierungen variieren zwischen Leuchtendrot über Blaurot bis Pink, abhängig von Dosage und Rohstoff. Maßgeblich bestimmt wird die Farbe durch die Struktur der Anthocyane. Aglykone mit unterschiedlichen Absorptionsspektren sind mit einer Vielzahl z.T. acylierter Zucker verknüpft, die zusätzlich das Absorptionsspektrum variieren.³⁹⁾⁴⁰⁾¹⁰¹⁾

Anthocyanhaltige Rohstoffe finden als färbende Lebensmittel Verwendung, Extrakte werden hauptsächlich als Lebensmittelfarbe (E163) verwendet.⁹⁸⁾ Als Farbstoff in Non-Food-Anwendungen, wie Badesalz, Tuschkasten oder für Lacke mit kurzer Verwendungsdauer/Haltbarkeit, besitzen sie nur eine sehr geringe Bedeutung.¹⁰¹⁾ Farbige Kartoffeln sind durch das Vorhandensein natürlicher Farbstoffe für weitere industrielle Anwendungen sowohl im Non-Food-Bereich als auch in der Nahrungsmittelindustrie interessant. Die Anthocyangehalte in Kartoffeln sind vergleichbar mit dem Gehalt in Preiselbeeren. Rotkohl enthält etwas weniger, Schwarze Johannisbeere und Schwarzer Holunder etwa 2 bzw. 4 mal so viel Anthocyan als Kartoffeln bezogen auf die Frischmasse.⁵³⁾

Erste Voruntersuchungen (am Rande des EU-RESGEN Projekts CT 95-34, 1995-1999 durchgeführt) der Fa. WILD (1998, mündl. Mitteilung) erbrachten Kenntnisse zur Konzentration und potentiellen Nutzbarkeit der darin enthaltenen Farbstoffe. Demnach war eine besondere Qualität und technische Verwertungseignung der identifizierten Farbpigmente auf Anthocyanbasis anzunehmen. Auf dieser Grundlage wurde ein kommerzielles Anwendungsinteresse des isolierten Farbstoffs auch für den Non-

Food-Bereich vermutet.. Sowohl technische Fragen zur Prozessoptimierung wie auch methodische Anbaufragen mit dem Ziel der Konzentrationserhöhung des Farbstoffs in der Gesamtmasse sollten in diesem Zusammenhang für eine erfolgreiche wirtschaftliche Anwendung geklärt werden. Nach weiteren Voruntersuchungen war eine mögliche technische Verwertungseignung der identifizierten Farbpigmente auf Anthocyanbasis anzunehmen.

Der Partnerverbund hatte die Aufgabe, den weitgehend unbekanntem Genpool farbfleischiger Herkünfte aus Genbanken und Privatsammlungen zugänglich zu machen und auf Farbstoffgehalt, weitere Inhaltsstoffe und Anbautauglichkeit zu untersuchen. Weiterhin sollte ein Aufschlussverfahren entwickelt und mögliche Anwendungsbereiche für daraus gewonnene Farbstoffextrakte identifiziert werden. Die Wirtschaftlichkeit der Anthocyanengewinnung gegenüber herkömmlichen Rohstoffen sollte eingeschätzt und Aussagen zu Möglichkeiten und Grenzen der Extrakterstellung aus Kartoffeln getroffen werden. Daneben war beabsichtigt, durch pflanzenzüchterische Methoden die weitgehend unbearbeiteten Prüferkünfte in ihren agronomischen Eigenschaften zu verbessern und auch die Konzentration der Farbstoffe weiter zu erhöhen.

I.2. Voraussetzungen, Projektpartner, Koordination

Das Vorhaben wurde als Projektverbund mit 5 Partnern durchgeführt. Die Koordination oblag der Landesanstalt für Großschutzgebiete (seit 1.7. 2004 Landesumweltamt Brandenburg, LUA, Abt. GR). Entsprechend der Aufgabenstellung waren die weiteren Partner für Teilbereiche verantwortlich die in einem Kooperationsvertrag und einer Ergebnisverwertungsvereinbarung festgelegt wurden.

Durch das Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Genbank Kartoffel wurde das Ausgangsmaterial für Evaluierung und Analysen aus verschiedenen Genbanken und auch privaten Sammlungen beschafft, eine grundsätzliche Synopse zur Sortengeschichte angefertigt und Verwandtschaftsbeziehungen mittels PCR-Untersuchungen geklärt. Ebenfalls im Arbeitsbereich des IPK lag die Regeneration und Vorvermehrung ausgewählter Herkünfte zur Feldprüfung mit anschließender Übergabe an die Landschaftspflege GmbH Lenzen.

Der Landwirtschaftsbetrieb LP GmbH Lenzen verfügte bereits über Erfahrungen mit vergleichbaren Kartoffelversuchsprojekten (EU RESGEN CT 34/45) und unterhält eine eigene Sammlung ausgewählter älterer Kartoffelsorten die für Projektzwecke ebenfalls verfügbar war. Eine Anbauprüfung der vorausgewählten Genotypen erfolgte drei Anbaujahre lang bei unterschiedlichen Intensitätsstufen und an mehreren Standorten. Vermehrungsmaterial in größerem Umfang wurde für die benötigten Aufschluss- und Verwertungsversuche produziert.

Die Bundesanstalt für Züchtungsforschung (BAZ), Institut für Stressphysiologie in Groß Lüsewitz war für die benötigten Analysedaten des Prüfanbaus und weitere Untersuchungen zur Qualitätsanalytik verantwortlich. In diesem Zusammenhang wurden umfangreiche Daten und Auswertungen zur Rohstoffcharakterisierung und Zuarbeiten zur Entwicklung des

Aufschlussverfahrens erbracht. Die Arbeiten erfolgten in enger Abstimmung mit der Fa. WILD Berlin die als wirtschaftlicher Partner das Vorhaben und die geplanten Verwertungsoptionen ursprünglich anregte. Vor dem Hintergrund eigener Produktions- und Anwendungsprofile von Farbextrakten auf Naturstoffbasis wurden Qualität, Ausbeute und Konkurrenzfähigkeit gegenüber herkömmlich verwendeten Rohstoffen bewertet. Unter Einbeziehung der eigenen Labor- und Technikumkapazitäten wurden verschiedene Aufschlussverfahren entwickelt und ökonomisch überprüft.

Mit der Fa. NORIKA GmbH ebenfalls Groß Lüsewitz war ein renommiertes Kartoffelzüchtungsunternehmen eingebunden. Aufgabe war es die Qualität des benötigten Prüfmaterials abzusichern und erste züchterische Verbesserungen an aussichtsreichen Klonen durch gezielte Kreuzungen und Selektionen vorzunehmen.

I.3. Planung, Ablauf, Aktivitäten

Das Vorhaben wurde von 1.4.2001 bis 30.6.2004 in zwei Projektphasen durchgeführt. Außer dem IPK, dessen Aufgaben mit der Genpoolrecherche und dem Verfügarmachen mittels Virusbereinigung und Vorvermehrung für die Feldtests nach 2 Jahren abgeschlossen werden konnten, wirkten alle Partner an der Verlängerungsphase bis 2004 mit. Ein Prüfanbau des selektierten Genpools wurde in allen drei Jahren durchgeführt. Neben den regelmäßigen Tests bei der LP Lenzen 2002 auch an der Versuchsstation Güterfelde des Landesamts für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVL Brandenburg) und auf eigenem Gelände der Fa NORIKA (Mehringen, Sachsen-Anhalt) und des IPK in Groß Lüsewitz. Der Projektverbund führte regelmäßige Statusbesprechungen (halbjährlich) zum Arbeitsfortgang durch. Der Arbeitsfortschritt wurde in Zwischenberichten dem Projektträger verfügbar gemacht. Für verschiedene Fachtagungen und andere Anlässe wurden Veröffentlichungen als Poster bzw. Kurzbeiträge erstellt. Weitere Präsentationen wurden im Rahmen der jeweiligen Interessenslage der Partner als Presse- und TV-Kurzberichte veranlasst.

I.4. Wissenschaftlich-technischer Stand, vorhandene Schutzrechte

Farbfleischige Kulturkartoffeln werden aktuell im Nischenbereich zur Speiseverwertung in höherpreisigen Marksegmenten angeboten und dafür auch kleinteilig produziert (Aktivitäten dazu sind aus Südfrankreich, Finnland, Dänemark und der Schweiz und auch Deutschland bekannt). Forschungen zum Farbstoffgehalt sind international vor allem im Grundlagenbereich zu finden. Zwar wird übereinstimmend die mögliche und potentielle Nutzbarkeit der enthaltenen Farbstoffe in verschiedenen Anwendungsfeldern erwähnt, tatsächlich scheinen allerdings keine wirklich praxisreifen Lösungen dazu bis heute entwickelt worden zu sein. Anthocyane sind vor allem als sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (SPS) mit antioxidativer Wirkung ein derzeit stark beobachtetes Gebiet. Eine ausführliche

Literaturliste und viele Verweise auf Internetseiten geben darüber ausführlich Auskunft. Publierte Arbeiten berühren vor allem klassische Food-Produktverfahren, wobei überwiegend die antioxidativen Eigenschaften der Anthocyane im Vordergrund des Interesses stehen. Veröffentlichungen zur Farbstoffderivation mit Ziel einer färbenden Extrakterstellung auf Zwischenproduktebene sind bis heute nur wenige bekannt. An wirtschaftsgängigen Anwendungen vergleichbarer Rohstoffe ist vor allem auf die Herstellung und Markteinführung eines anthocyangefärbten Pulvers als Lebensmittelergänzungstoff in Japan auf der Grundlage von Süßkartoffel (*Lpomea batatas*, *Ayamurasaki*) hinzuweisen. Auf Süßkartoffeln beschränken sich auch bekannte Züchtungsbemühungen, vergleichbare Anstrengungen bei Kulturkartoffeln sind bisher nicht bekannt geworden.

Analog zu dem Süßkartoffel-Extrakt von San Ei Gen ist an einschlägigen Schutzrechten bisher nur ein US-Patent (Patent US6180154B1) bekannt. Es beschreibt die Extraktion von Anthocyanen aus verschiedenen Kartoffelsorten unter Berücksichtigung von problematischen Kartoffelinhaltsstoffen wie Alkaloiden, Stärke und enzymatischen Abbaureaktionen durch Polyphenoloxidasen (PPO).

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen der Projektdurchführung wurden gemeinsam wie auch auf Veranlassung einzelner Partner vielfältige Informationsbeziehungen aufgebaut. Ein wesentlicher Teil der Aufschluss- und Anwendungsversuche war ausgesprochen praxisorientiert. Allerdings mussten damit auch die untersuchten Verwertungsoptionen auf die jeweils gegebenen Verarbeitungstechniken und kommerziell genutzten Technologien eingeschränkt werden. Auf dieser Grundlage wurden insbesondere Firmen im Kartoffelverarbeitungsbereich (Schälung, Dämpfung, Frostung, Trocknung und Weiterverarbeitung) einbezogen. Es wurden innovative Verfahren im Bereich der Maschinenschälung recherchiert. Im Forschungsbereich wurde eine Zusammenarbeit mit einschlägigen Instituten für Lebensmitteltechnologie der Universität Braunschweig und der TU Berlin vorgenommen. Dort werden derzeit neuartige Aufschlussverfahren mit dem Ziel einer Ausbeuteverbesserung und Effizienzerhöhung erprobt. Vor allem betrifft dies verbesserte Aufschlusstechnologien durch Zellmembranperforation (sog. Hochspannungsimpuls (HSI), Aufschluss der TU Berlin) sowie Säulenkonzentrationsverfahren der TU Braunschweig.

Eine enge Zusammenarbeit bei den durchgeführten Anbauversuchen bestand mit dem Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVLF) des Landes Brandenburg sowie bezüglich phytopathologischer Fragen mit dem Pflanzenschutzdienst der genannten Einrichtung.

II. DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

II.1. Anthocyane als Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Kulturkartoffeln (LAGS)

Anthocyane als sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe gehören zur Gruppe der Flavonoide. Sie stellen die größte Gruppe an wasserlöslichen Farbpigmenten bei Pflanzen im Bereich von rot-blau-schwarz dar. Die Farben der Anthocyane sind vom pH-Wert stark abhängig. Im sauren Bereich erscheinen sie rot bis gelbrot, mit steigendem pH-Wert färben sie zunehmend bläulicher. Ab pH 5.0 werden sie vollständig blau und instabil, so dass sie sich innerhalb weniger Stunden im wässrigen Medium entfärben. Anthocyane kommen fast ausschließlich als glykolisierte Formen in hoher Strukturvielfalt vor. Am häufigsten treten Cyanidin, Delphinidin, Malvidin, Pelargonidin, Peonidin und Petunidin auf. Insgesamt werden über 300 verschiedene Anthocyane beschrieben, die je nach Grundmolekül und anhängenden Gruppen unterschiedliche Farbtöne besitzen und auch unterschiedlich stabil sind. Unterschiede zwischen den einzelnen Anthocyanidinen ergeben sich ausschließlich über die Anzahl der Hydroxylgruppen im Molekül und deren Methylierungsgrad.¹⁵⁾²¹⁾²⁵⁾⁴⁷⁾

Zum Vorkommen von Anthocyaninen berichten nach SCHICK & KLINKOWSKI⁶⁶⁾ bereits CHIMIELEWSKA (1935), DODDS und LONG (1955) sowie HARBORNE²⁴⁾ (1956, 1960). Während verschiedene Schalenfärbungen noch im damals vorhandenen europäischen Sortiment zu finden waren, verweist man bei farbfleischigen Herkünften auf die Kultur in Ursprungsregionen, dort als „papas negras“ bezeichnet. Entsprechend ihrer Struktur wurden ebenfalls mehrere Anthocyane unterschieden. Die Art und Zusammensetzung der Anthocyane wird als genetisch fixiert betrachtet. Untersucht wurde bereits der Einfluß von Spurenelementen auf die Farbauscheidung, so spielen bei Blütenfarben Chelatkomplexe eine Rolle.⁷⁰⁾ Aussagen zu Konzentration und Beeinflussbarkeit der Anthocyanengehalte in unterschiedlichen Herkünften von *Solanum tuberosum* machen LEWIS³⁴⁾ und REYES⁶⁰⁾.

Als Rohstoffquelle zur Herstellung färbender Lebensmittel aus roten Früchten und Gemüsen dienen traditionellerweise blaue Trauben, Blaubeeren, Kirschen, Holunder, Aronia, Hibiskus, Rotkohl und schwarze Karotte. Rot, violett und blau gefärbte Früchte und deren Presssäfte sind meist reich an bestimmten Anthocyanen, auch die Schalenfarbe verschiedener Hülsenfrüchte und Getreiden beruht darauf.¹⁾¹⁶⁾

Angaben von Maximal- u. Minimalkonzentration (g/kg Frischmasse)

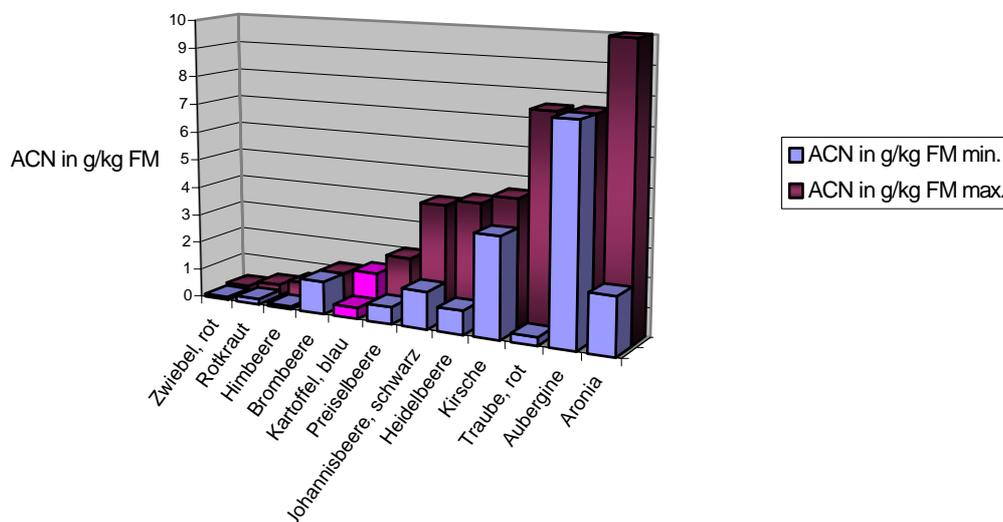
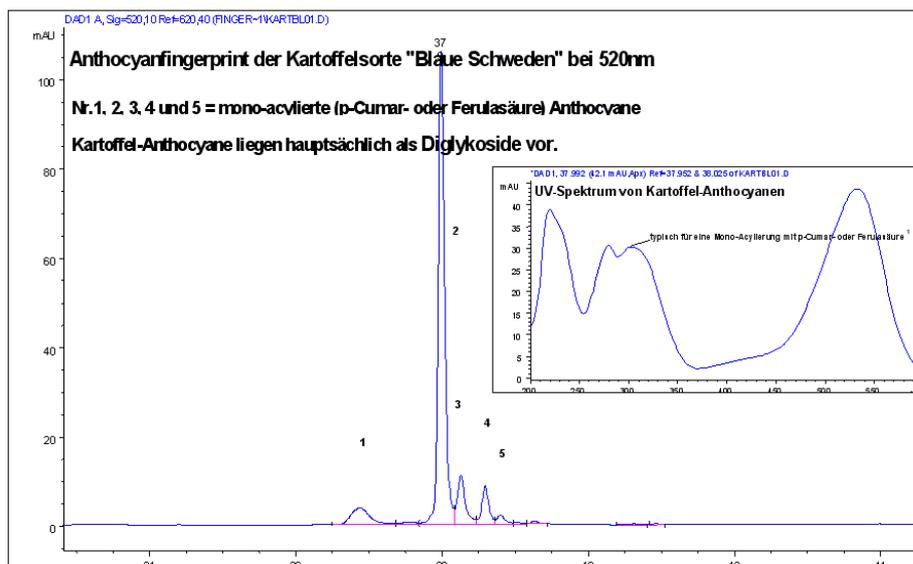


Abb. 1: Anthocyangehalte verschiedener Fruchtarten (LAGS 2004, aus Literaturangaben)

Die Farbausprägung ist durch ein Absorptionsmaximum im visuellen Bereich bei einer Wellenlänge von 465-560 nm bedingt. Die Absorptionsmaxima sind abhängig von der vorliegenden Struktur und dem pH-Wert. Am intensivsten ist die Farbausprägung im sauren Milieu. Genotypunterschiede sind festzustellen und lassen sich zur Herkunftsidentifizierung nutzen.³⁾⁴⁾⁸⁾⁹⁾¹⁴⁾

HPLC-Finger Print of a Blue Potato



FAPED6-46 rev.31Jan03
by Christiansen



Abb. 2: Herkunftsidentifizierung mittels HPLC-Analyse (WILD)

Different Anthocyanin Compositions



Abb.3: Anthocyanfärbung verschiedener Rohstoffe (WILD)

Der Farbton der Anthocyane variiert mit der Konzentration. Rotkohlextrakte erscheinen bei einem pH-Wert von 3,0 in sehr verdünnten Lösungen pinkrosa, während sich der Farbton bei höheren Dosagen nach Rot verschiebt. Auch die Licht- und Wärmestabilität der Anthocyane ist stark strukturabhängig. Sie sind empfindlich gegenüber Licht-, Temperatur- und Sauerstoffeinfluss, andere Inhaltsstoffe (z.B. Ascorbinsäure und Enzyme) sind für Abbaueffekte verantwortlich (SHENOY, 1992, RODRIGUEZ-SAONA 1999).⁶¹⁾⁷¹⁾

Anwendungen erfolgen bisher überwiegend in physiologisch sauren Lebensmitteln, vor allem Getränke und Süßwaren. Um die Einsatzmöglichkeiten von Anthocyanen zu erhöhen, wurde über Stabilisierungsmöglichkeiten geforscht. Dazu berichten HUBBERMANN et.al.⁹⁷⁾

Zur positiven gesundheitlichen Wirkung Sekundärer Pflanzenstoffe (SPS) wird umfänglich gearbeitet und vielfältig publiziert.⁸⁶⁾⁹²⁾⁹⁴⁾¹⁰⁵⁾¹⁰⁶⁾¹⁰⁷⁾

Flavonoide (Anthocyane) werden nicht nur als "gesündere Alternative" zu synthetischen Farbstoffen betrachtet. Die "Deutsche Gesellschaft für Ernährung" (DGE) hat den Sekundären Pflanzenstoffen einen eigenen Abschnitt in ihrem Ernährungsbericht 1996 gewidmet. Das amerikanische "National Cancer Institute" stellte \$ 50 Millionen zu ihrer Erforschung bereit. Für die Industrie eröffnen sich mit zunehmendem Erkenntnisgewinn über die protektiven Wirkungen der SPS bei Krebs- und Herz-Kreislaufisrisiken ganz neue Möglichkeiten. "Functional Foods" bieten unter Umständen ganz neue Anwendungsfelder für derartige Gehaltsstoffe.⁷²⁾

Früchte und Gemüse enthalten neben Vitaminen und Mineralstoffen Sekundäre Pflanzenstoffe - kurz SPS -, die auch bioaktive Pflanzenstoffe genannt werden. Da sie vom Menschen nicht produziert werden können, müssen sie über die Ernährung aufgenommen werden. Durch ihre hohe antioxidative Wirkung haben sie in vielfältiger Weise einen positiven Effekt auf unsere Gesundheit. Sekundäre Pflanzenstoffe sollen nach Ansicht von Wissenschaftlern die Bildung von Krebszellen hemmen, vor Infektionen schützen und das Immunsystem stärken.¹⁷⁾⁴¹⁾⁵²⁾⁵⁹⁾⁷⁴⁾

Der Gehalt dieser bioaktiven Stoffe kann analytisch einfach bestimmt werden. Die antioxidative Kapazität eines Obst oder Gemüsekonzentrats kann mit In-vitro Testsystemen wie dem TEAC-(Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) Test ermittelt werden. Verlässliche Testmethoden existieren bisher nur für wasserlösliche SPS wie Anthocyane und Polyphenole.³³⁾⁹⁸⁾

II.2. Verwertungsmöglichkeiten von Farbkartoffeln bzw. Kartoffelfarbstoffen im Bereich färbender Lebensmittel sowie naturidentischer Farbstoffe (LAGS)

Die Zulassung und rechtliche Abgrenzung färbender Lebensmittel und Farbstoffe in der EU wird durch einschlägige Gesetze, beispielsweise durch die EU-Farbstoffrichtlinie und die Zusatzstoffzulassungsverordnung¹¹⁾ geregelt.

Färbende Lebensmittel sind farbhaltige Lebensmittel oder Lebensmittelzubereitungen, durch deren Verarbeitung in einem anderen Lebensmittel eine Färbung erreicht wird. In der Praxis werden farbintensive Lösungen, Konzentrate oder Pulver, z.B. Karottenextrakt oder Rote Beete Saftkonzentrat und anderes verwandt. Von der Einstufung nach Farbstoff und färbendem Lebensmittel hängt für die Praxis die rechtliche Einordnung, die Zulässigkeit der Verwendung in bestimmten Lebensmitteln und die Deklaration ab. Was unter rechtlichen Gesichtspunkten ein färbendes Lebensmittel (Nicht-Zusatzstoff) im Vergleich zu einem Farbstoff (Zusatzstoff) ist, ergibt sich aus den EU-Richtlinien 94/36/EG und 95/45/EG.¹¹⁾ Ein färbendes Lebensmittel muss demzufolge aus einem gebräuchlichen Nahrungsmittel (Gemüse, Obst,...) hergestellt werden und wertbestimmende Inhaltsstoffe der Rohware, Geruch und Geschmack müssen vorhanden sein. Bei selektiver Extraktion des Farbstoffs aus dem Rohprodukt ergibt sich rechtlich als Resultat dieses Prozesses ein Farbstoff der unter die Zusatzstoffzulassungsverordnung fällt und in der Zutatenliste mit einer E-Nummer gekennzeichnet werden muss.

Dagegen setzt sich beispielsweise der Begriff „färbende Frucht- und Pflanzenextrakte aus ...“ positiv von künstlichen Farbstoffen und seinen E-Nummern ab.

In den einzelnen Ländern der EU wird das vom Gesetz vorgegebene Abgrenzungskriterium "selektive Extraktion" z.T. unterschiedlich interpretiert. In Deutschland wird im Hinblick auf den Täuschungsschutz und § 17 LMBG häufig der Begriff "färbend" in der Deklaration mitverwendet. Für Holunderextrakte finden sich so folgende Deklarationen:

Deutschland: Färbender Fruchtauszug, Fruchtauszug als färbendes Lebensmittel, Holunderauszug

England: Elderberry extract, Elderberry extract for colour, Colour: Elderberry extract, Colour: Anthocyanins from elderberries

Frankreich: Extrait colorant de sureau, Colorant: Anthocyan de sureau

In der Praxis ist der Unterschied zwischen Farbstoff und färbendem Lebensmittel fließend. International agierende Firmen ziehen manchmal zur Sicherheit eine Deklaration als Farbstoff (Zusatzstoff) vor.

Natürliche Farbstoffe sind in der Richtlinie 94/36/EC nicht definiert. Trotzdem unterscheidet der Markt:

- färbende Lebensmittel bzw. entsprechende Auszüge aus z.B. anthocyanhaltigen Beeren, carotinoidhaltigem Gemüse,
- Farbstoffe (Annatto, Betanin, Chlorophyll, Karmin)
- naturidentische Farbstoffe (synthetisches beta-Carotin)
- synthetische Farbstoffe (Azofarbstoffe).⁹⁰⁾

Das Bewusstsein der Konsumenten für eine naturnahe Färbung ist vor allem im deutschsprachigen Raum hoch und analog der Entwicklung auf dem Aromensektor werden zunehmend Farbstoffe die keine Lebensmittelherkunft oder ein natürliches Pendant besitzen, von der Öffentlichkeit immer kritischer beurteilt. Auch raten viele Verbraucherverbände zur Vorsicht im Umgang mit synthetischen Farbstoffen und warnen vor Allergien. Hingegen sieht der als kritisch bekannte „Nordic Report on Food Additives 2000“ (ISBN 92-893-0829-X) keine Priorität zur Neubewertung der künstlichen Lebensmittelfarbstoffe.⁸³⁾⁹⁵⁾¹⁰²⁾

Färbende Lebensmittel finden in vielfältigen Produktgruppen Anwendung: Getreide, Körnerprodukte (Müsli, Müsliriegel), Milch- und Molkereiprodukte (Milchmischgetränke, Joghurt, Quark), Erfrischungsgetränke (mit und ohne Fruchtsaftanteil, gesüßt und ungesüßt), Eis und Süßwaren (Hart- und Weichkaramellen, Pektin- und Gelatineprodukte, Schokoladenfüllungen, Riegel, Kekse), Knabberartikel u.a.m.. Die gefragtesten Farbtöne im Lebensmittelbereich sind gelb gefolgt von Rot.

Potato Extrakt in Application



Abb. 4: Anwendungstests (WILD)

Die Kosten für färbende Lebensmittel bezogen auf die Farbkraft sind in den vergangenen 20 Jahren deutlich gesunken. Je nach Farbton und Farbintensität betragen die Färbekosten im Süßwarenereich weniger als 1% des Endverkaufspreises.

Es ist anzunehmen dass in den kommenden Jahren die Preise weiter fallen werden. Dafür ist vor allem die EU-Osterweiterung verantwortlich, da in den Beitrittsländern mit deutlich geringeren Lohnkosten und Steuern günstiger produziert werden kann. Zudem sind die klimatischen Bedingungen im Südosten deutlich günstiger als in Nordeuropa. Deutsche Anbauer werden dem Kostendruck nur mit innovativen Produkten, durch Züchtungsforschung optimierten Sorten, verbesserter Erntequalität und durch technische Rationalisierung begegnen können. Zudem wachsen die weltweiten Verarbeitungskapazitäten in diesem Bereich. Aufgrund des spezifischen Beratungsbedarf und den hohen Qualitätsanforderungen treten direkte Beziehungen zwischen Anbauern und Verarbeitungsfirmen durch Auftragsproduktion in den Vordergrund. Kostengesichtspunkte bezüglich der Rohstoffbeschaffung werden daher vermutlich dem Einsatz von färbenden Lebensmitteln immer weniger im Wege stehen. Einen weiteren Schub wird der Einsatz von färbenden Lebensmitteln möglicherweise durch die intensive Beschäftigung der Wissenschaft mit den Sekundären Pflanzenstoffen erhalten.⁷⁾¹²⁾⁸⁸⁾⁹⁴⁾

Marktforschungsprognosen für Lebensmittelfarbstoffe beschreiben einen europaweiten Trend. Während der Gesamtmarkt über die nächsten fünf Jahre bestenfalls mit einem Wachstum von jährlich einem Prozent rechnen kann, werden knapp zweistellige Zuwachsraten bei Herstellern von natürlichen Farben prognostiziert. Als treibende Kraft für diese Entwicklung gilt der Endverbraucher mit seinem stark angestiegenen Interesse an rein natürlichen Produkten. Die Medien verstärken diesen Trend, wenn sie natürliche Farbstoffe (beispielsweise Anthocyane oder Carotinoide) nicht nur als unbedenklich einstufen, sondern sogar ihre gesundheitsfördernde Wirkung herausstellen.⁸⁷⁾⁹³⁾⁹⁹⁾¹¹³⁾¹¹⁴⁾

Zur Verwendung von Anthocyanfarbstoffen außerhalb des Nahrungsmittelbereichs finden sich nur sehr wenige Angaben. Historisch werden explizit Kartoffeln in der landwirtschaftlichen Flora von ALEFELD 1866²⁾ als färberrelevant als *Solanum tuberosum tinctorium* unter Verweis auf die noch ältere Monographie von PUTSCHE 1819⁵⁶⁾ erwähnt. SCHWEPPE⁶⁹⁾ beschreibt in seinem Handbuch der Naturfarbstoffe vielfältige historische Einsatzfelder von Anthocyanen zur Textil-, Woll- und Papierfärbung. Trotz der bemängelten geringen Licht- und Waschechtheit wurden demnach die auch heute bekannten Ausgangsrohstoffe wie Heidelbeeren, Holunder, Krähenbeeren, Johannisbeeren, Wein u.a. in verschiedenen Rezepturen mit komplizierten Beizen bis weit ins 19. Jahrhundert zum Färben unterschiedlicher „Non-Food-Stoffe“ verwendet. Besondere Anwendungen wurden detailliert beschrieben und teilweise sogar mit Patenten versehen.

Der Spezialitätenmarkt für außergewöhnliche Speisekartoffeln (sowohl in Form wie Schalen-/Fleischfarbe) hat in den letzten Jahren stark zugenommen. In Form und Farbe von üblichen abweichende Varietäten werden hochpreisig auf Märkten und in der Spezialgastronomie gehandelt. Kilopreise von 5.-€ und mehr sind dabei keine Seltenheit.⁹³⁾¹⁰⁴⁾



Abb. 5: Stark anthocyangefärbte Speisekartoffeln (NORIKA)

II.3. Genpoolsichtung und Beschaffung (IPK)

Zur Sichtung des vorhandenen zugänglichen Genpools wurde auf die vorhandene Sammlung am IPK (insgesamt ca. 2000 Herkünfte), die Sammlungen anderer meist europäischer Genbanken (unter Nutzung der neu entwickelten Datenbanken) unter Einbeziehung der Sammlungen privater Einrichtungen (europäische Nicht-Regierungs-Organisationen NRO's) zurückgegriffen. Das nach erfolgter Datenrecherche aufgrund von Namen bzw. Passportdaten aussichtsreiche Material wurde beschafft und einer visuellen und analytischen Erstbeurteilung unterzogen.

Zu Beginn des Projektes standen bereits 50 blaufleischige Sorten zur Verfügung, die für die weitere Arbeit virusfrei gemacht und über Miniknollen im Gewächshaus vorvermehrt wurden. Insgesamt wurden über 60 Herkünfte intensiver betrachtet.

Mittels Phänotypvergleich ergab sich für einen Teil der Prüferkünfte weitgehende Ähnlichkeit. Das Ausscheiden solcher Duplikate reduzierte die letztlich zur Feldprüfung verfügbaren Klone auf etwa die Hälfte des Anfangsbestandes. Das Material wurde für die Versuchszwecke an die LP Lenzen übergeben.

Ab dem zweiten Versuchsjahr wurde der Prüfumfang um dunkelschalige, hellfleischige Herkünfte bei vermuteten hohen Anthocyanwerten im Schalenbereich ergänzt. Dazu wurden vor allem Sorten aus dem Felderhaltungsbereich des IPK benutzt. Deutlich höhere Anthocyangehalte wurden insbesondere aufgrund von Hinweisen aus den Arbeiten von LEWIS et.al.³⁵⁾ sowie ISHII²⁸⁾ vermutet.

Die genaue Herkunft der blaufleischigen Sorten liegt weitgehend im Dunkeln. Im Sortiment der kultivierten Kartoffelarten Südamerikas und auch bei den alten Sorten des europäisch-nordamerikanischen Kartoffelsortimentes gibt es Kartoffeln mit vollständig oder partiell rot bzw. blau gefärbtem Fleisch.

Offenbar war dies eines der ersten Merkmale, welches in Europa und Nordamerika bei der zunächst üblichen einfachen Auslese und später bei der gezielten Züchtung als unerwünscht eliminiert wurde. Trotzdem haben einige dieser blaufleischigen Formen durch Liebhaber von exotisch aussehenden Knollen die Zeiten überdauert und wurden besonders in den letzten 20 Jahren vor allem durch Nicht-Regierungs-Organisationen, die sich der Erhaltung alter Nutzpflanzenarten und -sorten verschrieben haben, wieder ins Bewusstsein der Öffentlichkeit gebracht.⁹¹⁾

Die Volksnamen dieser Sorten, die sich oft als Synonyme einer Sorte herausstellen, sind in der zur Verfügung stehenden älteren Literatur über die Sortengeschichte nach der Monographie von PUTSCHE⁵⁶⁾ aus dem Jahr 1819 nicht zu finden.

1875 gab es in Altenburg in Thüringen eine bedeutende und umfassende Kartoffelausstellung aller damals in Mitteleuropa angebauten Sorten. Im Katalog dieser Ausstellung lassen einige Sortennamen eine blaue Fleischfarbe vermuten, wie "*Mangu negra*", "*Francesa negra*" oder "*Negerkartoffel*". Ferner gibt es dort eine "*Runde blaumarmorierte 6-Wochen-Kartoffel*" und eine "*Frühe blaumarmorierte Weißfleischige*". Ziemlich häufig vorkommendes "blau" im Sortennamen deutet eher auf blaue Schalenfarbe hin.

In den 20er Jahren gab es in Deutschland eine blaufleischige Zuchtsorte, die "*Schwarzblaue Salat*" von Cimbal (einer der Nestoren der deutschen Kartoffelzüchtung), die aus der Kreuzung der legendären "*Ersten von Frömsdorf*" aus dem Jahre 1884 mit einer unbekanntem Sorte namens "*Cetewayo*" hervorgegangen ist. Diese "*Schwarzblaue Salat*" war spätreif, hatte eine blaue Schale, blaues Fleisch und längliche Knollen mit mitteltiefen Augen. Weitere Informationen gibt es leider nicht, die Sorte war einige Jahre in der Sortenliste und könnte die Stammform einiger der heute unter den verschiedensten Namen auftretenden blaufleischigen Sorten mit länglicher Knollenform sein.

RATHLEF⁵⁸⁾ nennt in seinen umfangreichen Nachforschungen "Die Stammtafeln des Weltsortiments der Kartoffel und ihrer generativ fruchtbaren Sorten" von 1932 neben der "*Schwarzblauen Salat*" noch eine weitere mittelfrühe Sorte mit blauer Schale und Fleisch, die "*Schwarze Kartoffel*" = "*Neger*" = "*Negresse*" (?). Letztere wurde als identisch mit "*Vitelotte*" bezeichnet. Das bestätigte sich auch beim Vergleich von "*Negresse*" (von Pro Specie Rara) mit "*Vitelotte*", die extrem spätreif ist und deshalb nicht weitergeprüft wurde.

Im Weltkatalog der Kartoffelsorten vom SIEBENEICK⁶⁸⁾ aus dem Jahr 1957 kommt nur eine im Fleisch blaumarmorierte Sorte vor, die "*Negra*" oder "*Bastonesa*" aus Chile mit tiefblauer Schale, ovaler bis langovaler Form und mitteltiefen Augen. Die eben erwähnte blaufleischige und bei uns extrem späte "*Vitelotte*" oder "*Vitelotte noir*", die in Frankreich eine gewisse Bedeutung hat, kommt in diesem Katalog nicht vor, im Gegensatz zu einer "*Vitelotte rouge*" mit roter Schale und hellgelbem Fleisch. In einer völligen Neuauflage dieses Katalogs von HAMESTER/HILS²³⁾ aus dem Jahre 1999 ist "*Vitelotte*" dagegen als einzige blaufleischige Sorte erwähnt. In älteren Veröffentlichungen über Sorten- und Sortengeschichte sucht man "*Vitelotte*" oder "*Vitelotte noir*" dagegen vergebens.

Tab. 1: Synonyme bei blaufleischigen Sorten: (IPK)

<i>Gruppe 1</i>	<i>Gruppe 2</i>	<i>Gruppe 3</i>
Blaue Schweden	Vitelotte	Blaue Mauritius
Blaue Hindelbank	Negresse	Viola
Sharons Blue	Färberkartoffel	
Blaue Linzer	Trüffel	
Blaue Emmersteg	Trufe de Chin	
Bleu	Unbekannte Schwarze	
Blaue Uttwil	Blaue Ludiano	
Violette Lanfermann	Violette, Schwarze	
Blaue Suti	Blaue Schulze	
Idaho Blue	Peru Purple	
Blaue Zimmerli		
Kefermarkter Blaue		
British Columbia Blue		
Mesabi Purple		
Purple Fiesta		
Fenton		
Blaue Fankhaus		
Blaue Kongo		

Die Eingruppierung und Feststellung von Synonymen erfolgte auf Grund von Beobachtung morphologischer Merkmale im Feldanbau und Bestätigung durch PCR-Test in der Arbeitsgruppe Molekulare Marker der IPK-Genbank in Gatersleben (Dr. Klaus Dehmer, jetzt Leiter der Genbank Außenstelle Nord des IPK).

Im Zuge des Projektes wurden von NORIKA zahlreiche Genbank-Accessionen auf ihre genetische Konstitution und Zuordnung zu bestimmten Genotypen hin mittels PCR-Analyse geprüft. Die Ergebnisse der Tests wurden von der IPK-Genbank Groß Lüsewitz bei der Erstellung von Verwandtschaftsgruppen bei blauen Kartoffelsorten genutzt.

Die große Anzahl von Doppelgängern (es handelt sich dabei im phänotypisch kaum unterscheidbare, auch mit den eingesetzten Markern nicht zu differenzierende Herkünfte) hat dazugeführt, dass weniger Sorten im Versuchsanbau geprüft wurden als ursprünglich vorgesehen. Dadurch war wiederum eine frühzeitigere Konzentration auf wenige aussichtsreiche Stämme möglich. Der Fortschritt in den Züchtungsbemühungen wurde dadurch wesentlich begünstigt. Aus den Ergebnissen der Feldprüfung sind dennoch erhebliche Unterschiede auch innerhalb der Verwandtschaftsgruppen bezüglich ihrer agronomischen Eigenschaften festzustellen.

Die Auswahl an Sorten mit blauer Schale und blauem/violetterm Fleisch bzw. hellem Fleisch ist als repräsentativ für die Projektfragestellung anzusehen.

Frühzeitig eliminiert wurden die Sorten der Gruppe 2 „Vitelotte“, da sich diese trotz intensiver Färbung des Fleisches aufgrund extremer Spätreife als nicht nutzbar im Praxisanbau erwiesen.

Das Auftreten von Farbfleischigkeit und insbesondere Dunkelschaligkeit bei Kulturkartoffeln ist hochgradig erblich fixiert. 1925 bereits führt dazu SALAMAN⁶⁵⁾ erste Untersuchungen durch. Zur molekulargenetischen Aufklärung berichten dazu umfassend VAN ECK et.al. 1994.⁷⁶⁾⁷⁷⁾ Über Einfluss bzw. Einflussnahme durch Anbauverfahren, Stress und Nacherntebehandlung wird bei REYES⁶⁰⁾ und HUNG²⁶⁾ berichtet. Neben anderem untersucht REYES⁵⁷⁾ die reifezeitabhängige Einlagerung von Anthocyan. LEWIS et.al.(1998)³⁴⁾³⁸⁾ erwähnen einen leichten Anthocyangehaltsanstieg bei längerer Kaltlagerung durch Stärke/Zuckerumwandlung. Für die Kulturpraxis sind Farbkartoffelherkünfte sowohl durch den Gehalt wie durch die spezifische Zusammensetzung der enthaltenen Anthocyanine eindeutig zu charakterisieren. Zur Möglichkeit einer Authentizitätskontrolle mittels HPLC-Bestimmung berichten EDER 2002¹¹³⁾ und andere Autoren.¹⁴⁾¹⁵⁾²⁸⁾³⁶⁾³⁷⁾ Die ermittelbaren Spektren sind danach sorten- bzw. herkunftsspezifisch.

Tab. 2: Nach Vorselektion Im Projekt "Blaue Schweden" geprüfte Sorten (IPK)

<i>Nr.</i>	<i>Sorte</i>	<i>Gruppe</i>	<i>Land</i>	<i>Jahr</i>	<i>Donor</i>	<i>Schalen- farbe</i>	<i>Fleisch- farbe</i>	<i>Form</i>	<i>Augen- tiefe</i>
1	Blaue Schweden	1	?	?	PSR,AN	v	v	o	6
2	British Columbia Blue	1	?	?	AN	v	v	o	6
3	Violettfleischige		?	?	IPK	v	v	ro	6
4	1.81 203-92 N		DEU	-	NORIKA	v	v/w	o	6
5	Blaue Mauritius	3	?	?	AN	l	v	lo	6
6	Bleu	1	FRA	?	PSR	v	v	lo	6
7	Blaue Uttwil	1	CHE	?	PSR	v	v	lo	6
8	Peru Purple*	2	PER	?	AN	v	dv	o	6
9	Smiths Purple		USA	?	AN	hv	w	lo	6
10	UAC NEG 61		CHI	?	UAC	v	v	l	1
11	UAC CON 917		CHI	?	UAC	v	v/w	l	3
12	UAC CON 1139		CHI	?	UAC	hv	w	o	5
13	Weinberger Blaue		AUT	?	AN	v	w	ro	5
14	Mesabi Purple	1	USA	?	AN	v	v	l	6
15	UAC NEG 64**		CHI	?	UAC				
16	Bells Purple		USA	?	AN	v	w	l	5
17	Magdeburger Blaue		DEU	1917	IPK	v/w	w	ro	6
18	Shetland Black		GBR	v.1922	Ellenb.	v	w/v	l	6
19	Caribe		CAN	1983	IPK	v	w	ro	6
20	Purple and White		USA	?	AN	v/w	gw	r	5
21	Sangre		USA	1982	IPK	dr	w	o	7
22	Mrs. Moerles P. Baker		USA	?	AN	v	w	lo	5
23	Kefermarkter Zuchtst.		AUT	-	AN	dr	r	hö	7
24	Long Blue		CUB	?	IPK	v	w	l	5
25	Edzell Blue		GBR	1890	IPK	v	w	ro	4
26	Odenwälder Blaue		DEU	1908	IPK	v	gw	r	4

Gruppe = Sorten gleicher Identität

*) identisch mit Vitelotte, deshalb ausgeschlossen

**) nicht aufgelaufen

Abkürzungen:

Donor: PSR: Pro Specie Rara, Schweiz; AN: Arche Noah, Österreich; IPK: Kartoffelgenbank Groß Lüsewitz; NORIKA: NORIKA GmbH Groß Lüsewitz; UAC: Universidad Austral de Chile.

Farbe: v = violett; hv = hellviolett; w = weiß; dr = dunkelrot; gw = gelbweiß

Form: o = oval; ro = rundoval; lo = länglichoval; hö = hörnchenförmig

Mit der Übergabe von Pflanzknollen an Lenzen für den Anbau 2002 war die Aufgabe der IPK Genbank Außenstelle Groß Lüsewitz im Projekt beendet. Die Einbeziehung weiterer neuer Sorten des internationalen Genpools hätte keine neuen Erkenntnisse gebracht. Unter Berücksichtigung der bis dahin erzielten Ergebnisse und unter Einbeziehung des vorhandenen Materials begann die NORIKA GmbH mit der Züchtung verbesserter violettfleischiger Formen.

II.4. Erhaltung, Regeneration und züchterische Weiterbearbeitung der selektierten Genotypen (NORIKA)

Qualitätsuntersuchungen orientieren sich an der beabsichtigten Verwendung der Neuzüchtungen. Neben der Bestimmung von Fleischfarbe und Stärkegehalt wurden zahlreiche Untersuchungen zur Speisequalität und zur Eignung als Chips-, Püree- oder Pommes Frites Kartoffel durchgeführt. In dem Projekt „Blaue Knolle“ wurden bei der Zuchtauswahl insbesondere die Anthocyangehalte als Selektionskriterium herangezogen. Sie stellten aber nicht das ausschließliche Kriterium dar.

In Anbetracht der Laufzeit des Projektes konnten die ersten Teilschritte des langwierigen, bei Kartoffelsorten normalerweise 10-jährigen Züchtungsprozesses in Angriff genommen werden. Dabei wurden allerdings wesentliche Verbesserungen gegenüber dem Ausgangsmaterial bezüglich agronomischer Eignung und Inhaltsstoffkonzentration erreicht. Die nachfolgende Abbildung stellt den Gesamtzuchtprozess und den im Vorhaben mit Selektion zu ersten B-Stämmen erreichten Arbeitsstand dar.

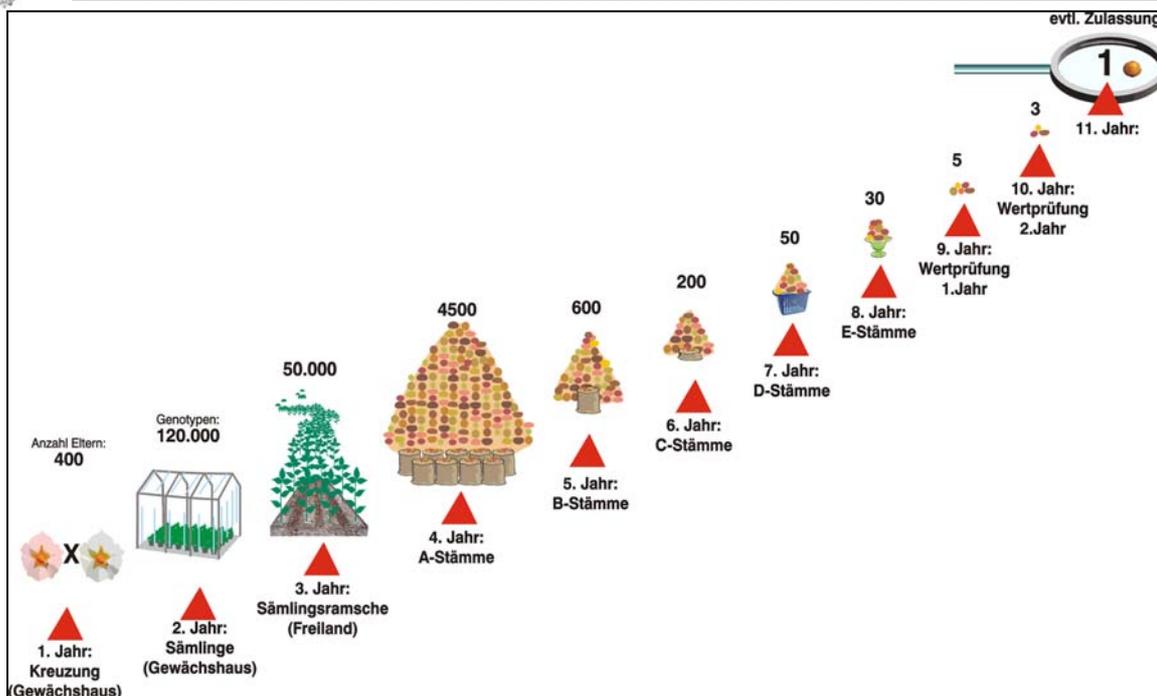


Abb. 6: Entwicklungsverlauf Sortenzüchtung (NORIKA)

Erhaltungszucht

Nachdem eine neue Sorte zugelassen ist und zur wirtschaftlichen Nutzung in der Landwirtschaft zur Verfügung steht, muss die Produktion von Pflanzgut vorgenommen werden.

Die Erhaltung der beschafften, farbstoffreichen Herkünfte und die Produktion von gesundem Pflanzgut war neben dem eigenen züchterischen Interesse Gegenstand des Projektbeitrages der NORIKA.

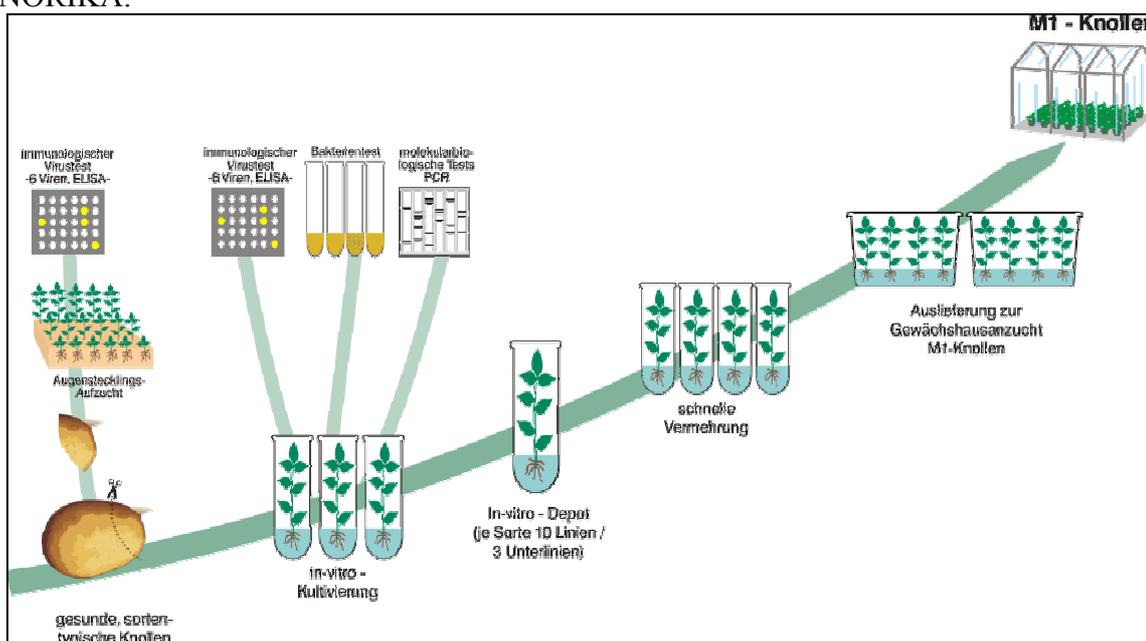


Abb. 7: Schema der in vitro Vermehrung

Neben der Depothaltung von Sorten und der Bereitstellung von gesundem Pflanzgut wurden von NORIKA ausgewählte Sorten unter intensivem konventionellem Anbau produziert. Diese fanden insbesondere für Praxisversuche (Aufschlusstests, diff. Schälversuche, Verarbeitungsproben) Verwendung.

Züchterische Verbesserung von blauen Kartoffelgenotypen

In der Bewertung des Ausgangsmaterials (siehe dazu auch die Boniturangaben der LP Lenzen) erscheint dieses häufig als spätreif, mit deformierten Knollen, heterogen, mit tiefer Augenlage und krankheitsanfällig im Vergleich zu herkömmlichen Standardsorten. Unter üblichen Anbaubedingungen sind also erhebliche Kulturnachteile bei Verwendung dieser Herkünfte gegeben. Nicht nur der starke Ertragsabfall auch unzureichende Sortierung und mäßige maschinelle Erntetauglichkeit machen eine züchterische Verbesserung bei intensiverer Nutzung nötig. Die züchterische Verbesserung der Kartoffelgenotypen zielte in erster Linie darauf ab die Anthocyangehalte (Konzentrationserhöhung in der Frischmasse) und den Rohwareertrag zu erhöhen. Neben diesem Merkmal bestimmen aber auch andere Eigenschaften den wirtschaftlichen Wert einer Knolle. Im Projekt wurden daher Merkmalskombinationen angestrebt, die eine Doppelnutzung blauer Knollen ermöglichen.

Kreuzungen erfolgten mit dem Ziel, blaue Knollen

1. mit hohem Stärkegehalt und
2. mit guten Speiseeigenschaften

zu züchten.

Sowohl blauschalige als auch vollkommen blaue Knollen sind für eine Doppelnutzung geeignet.

Da insbesondere die Schalen hohe Anthocyanwerte enthalten erschien auch eine separate Nutzung der Schale für die Farbgewinnung und der Restknolle für die Zweitnutzung als Speise - oder Stärkekartoffel sinnvoll. Dementsprechend wurden die Kreuzungskombinationen gestaltet.

Kreuzungen wurden zwischen geprüften Genotypen mit positiven Eigenschaften wie hohem Anthocyan-Gehalt und Anbautauglichkeit und erprobten Zuchtstämmen mit dem Ziel verbesserter Krankheitsresistenz, erhöhtem Anthocyan-Gehalt und Ertragsanhebung bei Merzung nachteiliger Eigenschaften wie Knollendeformation, tiefer Augenlage, Spätreife u.a. vorgenommen.

In der Vorhabensdurchführung wurden ca. 3000 Sämlingsanzuchten und Einzelstauden im Gewächshausanbau und unter Feldkultur bewertet. Davon wurde aussichtsreiches Material nach Selektion in etwa 70 A- und 12 B-Stämme zur weiteren züchterischen Bearbeitung überführt.

Für das Vorhaben wurden zusammenfassend in den Zuchtstufen folgende Mengen an Genotypen angebaut und bewertet:

Tab 3: Züchtungsmaterial (NORIKA)

Sämlingsanzucht im Gewächshaus:	550	rotschalig
Einzelstauden im Feld:	mehr als 1000	blauschalig/blaufleischig
	1400	rotschalig
A-Stamm Selektion	69	blaufarbig
B-Stamm Selektion	10	rotschalig
	2	blaufleischig

Genotypen, die den allgemeinen Ansprüchen der Kartoffelzüchtung hinsichtlich Reifezeit, Knollenform, Ertrag und Krankheitsresistenz entsprachen wurden von der BAZ Groß Lüsewitz bezüglich ihres Anthocyangehaltes untersucht.

Die nachfolgende Grafik stellt die Anthocyangehalte der Genotypen getrennt nach Gehalt in der Schale, dem Knolleninneren und des Gesamtgehaltes dar.

Anthocyangehalte in Zuchtmaterial

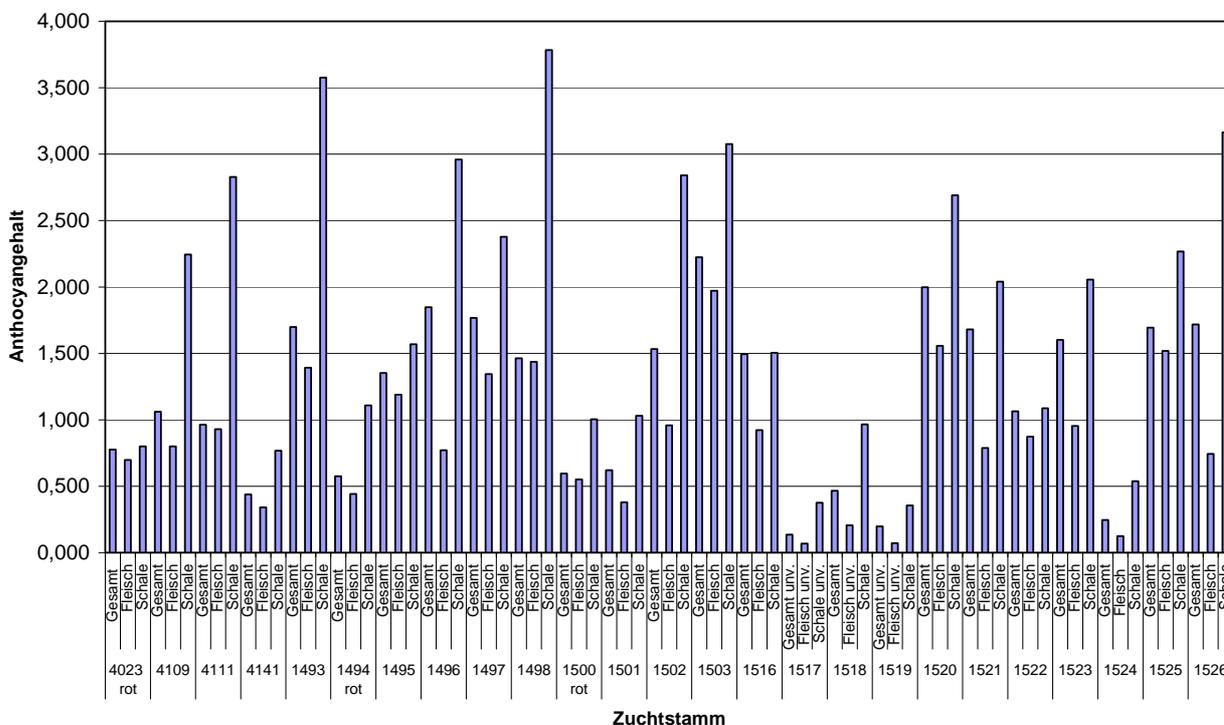


Abb. 8: Anthocyan-Gehalte des Prüfmaterials (NORIKA)

Die Untersuchungen ergaben eine große Variabilität des Anthocyangehaltes unter den Genotypen. Er stellt damit ein Merkmal dar, welches züchterisch beeinflussbar ist. Darüber hinaus konnte der Anthocyangehalt als Selektionskriterium für die Zuchtwahl der vielversprechendsten Genotypen verwendet werden. Es wurden Gehalte erreicht, die über den der Elternpflanzen liegen. Aus Literaturlauswertungen sind sehr unterschiedliche Gehalte beschrieben.³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁶³⁾⁸⁰⁾⁸⁴⁾⁾

Weitere Zuchtfortschritte sind zu verzeichnen in dem Bereich der Reifezeit – diese konnte im Vergleich zu den geprüften Genotypen verkürzt werden - und bei der Knollenform – Augentiefe und Nabellage sind wesentlich flacher als bei dem Ausgangsmaterial.

Weiterhin gelang es vor allem eine regelmäßigere Ausprägung des Farbgehalts in der Knolle zu erreichen. Die vorliegenden Genotypen unterschieden sich in der Form, der Farbverteilung und in den Stärkegehalten.



Abb. 9: Zuchtstämme mit unterschiedlichen Färbungen und Farbstoffgehalten (NORIKA)

Erhaltungszucht und Feldversuche

Mehrere Herkünfte wurden als Basismaterial in vitro gesichert:

Tab. 4: Basismaterial unter In-vitro-Kultur (NORIKA)

<i>Sorte</i>	<i>Linien</i>	<i>U-Linien</i>	<i>Pflanzen</i>
<i>Bl. Schweden</i>	1	1	5
<i>Odenwälder Blaue</i>	1	1	5
<i>Red Cardinal</i>	4	4	20
<i>Shetland Black</i>	1	1	5
<i>Pink Fire Apple</i>	2	2	10
<i>Vitelotte</i>	1	1	5

für Feldversuche wurden von folgenden Sorten pathogenfreie Miniknollen produziert:

Tab. 5: Minituberproduktion für Anbauversuche (NORIKA)

<i>Sorte</i>	<i>Knollenzahl</i>
<i>Smiths Purple</i>	95
<i>Weinb. Blaue</i>	85
<i>Peru Purple</i>	122
<i>Blaue Mauritius</i>	91
<i>CON 918</i>	136
<i>CON 1139</i>	122
<i>UAC 1258</i>	108
<i>UAC 1279</i>	101

Mit den aussichtsreichen Herkünften *Blaue Schweden*, *British Columbia*, *Violettfleischige* und *1.81.203 – 92 N* erfolgte einjährig am Prüfstandort in Mehringen ein Feldanbau unter intensiven Kulturbedingungen (AZ 100, Düngung und Pflanzenschutz).

Die in diesem Anbauversuch unter konventionellen Bedingungen erzeugten Knollen wurden zur weiteren Analyse der BAZ Groß Lüsewitz übergeben.

Züchtung

Die bei den untersuchten Kartoffelgenotypen auftretende Variation bei den mit Merkmalen: Farbstoffgehalt, Stärkegehalte, Speise- und Verarbeitungseignung eröffnet die Möglichkeit, farbige Neuzüchtung für verschiedene Verwertungskombinationen zu selektieren.

Für folgende Nutzungsrichtungen liegen neue Genotypen vor:

Tab. 6: Übersicht zu neu entwickeltem Zuchtmaterial (NORIKA)

<i>Knollenfärbung</i>	<i>Farbgewinnung aus</i>	<i>Weitere Verwertung</i>
komplett blau	Schale	<ul style="list-style-type: none"> • geschälte blaue Speisekartoffel • blaue Kartoffelchips • Stärke
	Gesamtaufschluß	<ul style="list-style-type: none"> • Stärke
blaue Schale	Schale	<ul style="list-style-type: none"> • Kartoffel geschält gelb • Stärke

Die Abbildung 10 zeigt das Ergebnis der Prüfung farbiger Kartoffeln auf Chipseignung. Wie ersichtlich, sind die Genotypen durchaus für Herstellung farbige Kartoffelchips geeignet.



Abb. 10: Verfahrenstests der neuen Zuchtstämme (NORIKA)

Erhaltungszüchtung

Durch die Aufnahme der beschafften Genotypen erfolgt eine pathogenfreie Erhaltung der Sorten. Aus dem Bestand des Depots können damit jederzeit Vermehrungen von gewünschten Sorten gestartet werden.

II.5. Feldprüfung ausgewählter Varianten auf mehreren Standorten, Vermehrungs- und Erhaltungsanbau 2001-2003 (LP Lenzen)

Aufgrund der aufwändigen Regenerationsarbeiten bei ex-situ gelagertem oder nur mit unklarem Gesundheitsstatus verfügbarem Prüfmaterial wurde auf die Anlage herkömmlicher Feldversuche mit mehrfacher Wiederholung verzichtet. Grundlegendes Problem bei der Prüfung älterer, nicht direkt erhältlicher Kartoffelgenotypen stellt die aufwändige (zeit- und kostenintensive) Produktion virusfreien Pflanzmaterials dar. Aufgrund gemeinsamer Vorarbeiten einiger Partner konnte dieser Zeitbedarf reduziert werden und innerhalb kurzer Zeit damit ein umfangreicher Materialbestand auf die vorhabensrelevanten Eigenschaften gescreent werden.

Mit dem durch die Kartoffelgenbank des IPK, und der Fa. NORIKA zur Verfügung gestellten Prüfmaterial farbfleischiger und –schaliger Herkünfte wurden insgesamt dreijährige Feldprüfungen durch die Landschaftspflege GmbH Lenzen auf eigenen Betriebsstandorten durchgeführt. Die Anbauversuche wurden durch weitere Feldprüfungen der Landesanstalt für Landwirtschaft (LVLf) in Güterfelde bei Potsdam und durch ein Ertragsscreening der Fa. NORIKA in 2002 und 2003 ergänzt.

Die Anbauversuche sollten der Ermittlung des standort- und düngungsabhängigen Ertragspotentials dienen und es sollten die damit erreichbaren Inhaltsstoffherträge ermittelt werden. Daneben wurde mit den im Zeitraum der Prüfung identifizierten, aussichtsreichen Herkünften ein Erhaltungs- und Vermehrungsanbau aufgebaut, dessen Erträge insbesondere für weitere Verfahrenstests zur Entwicklung eines Aufschlussverfahrens benötigt wurden. Ausgangspflanzgut mit höchstem Gesundheitsstatus wurde im Rahmen der Arbeiten durch die Fa. NORIKA vorgehalten.

Die extrem unterschiedlichen Witterungsverläufe der Prüfjahre 2001 – 2003 führten zu hohen Ertragsschwankungen innerhalb der Prüfglieder. Die Ertragsauswertungen und Feldbonituren der Anbaujahre 2001 – 2003 auf teilweise sehr unterschiedlichen Standorten bei differenzierter Anbauintensität (Düngung und Pflanzenschutz) und 2002 lassen jedoch ausreichend Rückschlüsse zum Ertragspotential und zur Inhaltsstoffakkumulation der Prüferkünfte zu.

Bereits zu Projektbeginn wurde mit einem, gegenüber modernen Sorten deutlich reduzierten Feldertrag der Prüferkünfte gerechnet. Ebenfalls wurde vermutet, Ertragsunterschiede zwischen modernen Herkünften und Farbstoffkartoffeln würden bei extensivem Anbau und auf schwächeren Standorten weniger stark differenzieren. Weitgehend unklar war die Wirkung der Anbauintensität auf Inhaltsstoffkonzentration und Ertragssteigerung. Mit den auswertbaren Feldergebnissen können dazu folgende Aussagen getroffen werden:

Das Ertragsmittel der Prüferkünfte erreicht unter den Bedingungen der Prüfstandorte etwa 2/3 des Feldertrags moderner Sorten. Ähnliches ist aus früheren Arbeiten (EU-RESGEN CT34/95) und anderen Veröffentlichungen (FLYNN et.al.¹³⁾ bekannt. Bei extensiveren Anbaubedingungen nähern sich die erreichbaren Erträge an. Im intensiverem Anbau (Düngung, Beregnung, Pflanzenschutz) differenzieren die Prüfsorten stark aus: Einige Herkünfte reagieren auf intensivere Kulturführung mit deutlich erhöhtem Ertrag, bis zu

üblichen, zufriedenstellenden Speisekartoffelerträgen. Einige Herkünfte reagieren darauf neutral, in wenigen Fällen sogar mit Ertragsrückgang. Zur Beeinflussung des Anthocyangehalts durch veränderte Anbaubedingungen können mittels der bisher gewonnenen Daten keine verlässlichen Aussagen getroffen werden. Tendenzen einer Inhaltsstoffverringerung bei erhöhter Düngung deuten sich für einige Herkünfte an. Mit der Feldevaluierung konnten bereits direkt geeignete Herkünfte aufgrund von Reifezeit, Krankheitstoleranz und Beerntbarkeit klar selektiert werden. Nach den Anbaujahren 2001 und 2002 wurde der Prüfanbau um ausgesprochen spätreife sowie sehr ertragsschwache Varietäten reduziert.

Zusammenfassend wurden mehrere Herkünfte identifiziert, die mit realisierbaren Erträgen von 250 dt/ha bei unterschiedlichen Anthocyan-Konzentrationen anbauwürdig auf den Prüfstandorten und unter den verschiedenen Intensitätsstufen sind. Die erreichbare Erntequalität ermöglicht dabei Verwertungsmöglichkeiten vom Bereich Industrieware (abhängig von der Anthocyan-Konzentration) bis zu exklusiven Speisekartoffeln.

Das Untersuchungsmaterial für die weiteren Analysen und Qualitätsuntersuchungen durch die BAZ und WILD wurde von der Genbank des IPK Gatersleben, Außenstelle Nord Groß Lüsewitz, von der Landschaftspflege GmbH Lenzen und von der NORIKA GmbH Groß Lüsewitz bereitgestellt.

Tab. 7: Untersuchungsmaterial nach Umfang, Erzeugungsstufe und Probezeit (BAZ)

<i>Probenanzahl</i>	<i>Standort</i>	<i>Anbauverfahren / Lagerung</i>
Ernte 2000		
7	Genbank Groß Lüsewitz	konventionell
Ernte 2001		
7	Pflanzgarten Lenzen	biol.-org.
4	„Pflanzgarten Lenzen	verschiedene Dünge­stufen
2	NORIKA GmbH	konventionell
7	Genbank Groß Lüsewitz	konventionell
9	Pflanzgarten Lenzen	Lagerproben
Ernte 2002		
25	Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe I (100 kg N)
4	Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe I Nachbau
25	„Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe II (200 kg N)
4	„Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe II Nachbau
4	NORIKA GmbH	Intensivanbau
4	Güterfelde	Intensivanbau
10	Genbank Groß Lüsewitz	konventionell
Ernte 2003		
14	Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe I
14	„Pflanzgarten Lenzen	Düngungsstufe II
25	NORIKA GmbH	konventionell

Die Feldversuche zur Ermittlung des Ertragspotentials wurden 2001 bis 2003 jeweils in zwei Wiederholungen und mit zwei unterschiedlichen Düngungsvarianten angelegt (100 kg N/ha; 200 kg N/ha). 2001 wurde nach Prüfanbau unter Bedingungen des ökologischen Anbaus (LP Lenzen als BIOPARK-Betrieb) als extensive Variante und mit konventioneller Düngung und Pflanzenschutz als intensivere Stufe differenziert.

Feldanbauprüfung 2001:

Im Jahre 2001 wurden 6 Sorten und Stämme auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft (Ertrag, Resistenz, Lagerung, Farbstoffgehalt).

Tab. 8: Prüfstämme 2001 (LP Lenzen)

<i>Genotypen</i>	<i>Herkunft</i>
<i>Blaue Schweden</i>	IPK Genbank Groß Lüsewitz
<i>Unbekannte Schwarze</i>	IPK Genbank Groß Lüsewitz
<i>British Columbia Blue</i>	IPK Genbank Groß Lüsewitz
<i>Violettfleischige</i>	IPK Genbank Groß Lüsewitz
<i>St. 1.82 – 202 - 92 N</i>	Fa. NORIKA
<i>St. 1.81 – 203 - 92 N</i>	Fa. NORIKA

Die Knollen wurden jeweils auf einem relativ leichten Standort (AZ 27, lehmiger Sand, D2) am 24.4.2001 gepflanzt. Von der Sorte *Blaue Schweden* (Herkunft Lenzen) wurde ein Düngungsversuch angelegt (0 g N, 100 g N, 200 g N). Insgesamt waren die Erträge von den Versuchspartellen niedrig. Die Erträge vom ökologischen Anbau lagen um 30 % niedriger im Vergleich.

Als besonders ertragreich erwiesen sich die Sorten *Blaue Schweden* und *Violettfleischige*. Im Mittel der Ertragsleistung lagen die Sorten *British Columbia Blue* und der Stamm *1.81.203-92 N*. Relativ stark abfallende Erträge in jeweils beiden Wiederholungen erbrachten die Sorten *Unbekannte Schwarze* sowie der Stamm *1.81.202-92 N*. Die Hauptursachen für die relativ schwachen Ertragsleistungen liegen an der zu späten Reifezeit und in der dadurch bedingten zu späten Knollenanlage. Der Feldaufgang erfolgte von allen Sorten fast gleichzeitig. Die Sorten *British Columbia Blue* und *Unbekannte Schwarze* hatten eine rasche Jugendentwicklung mit guter Krautdeckung. Dagegen verlief die Entwicklung der beiden NORIKA-Herkünfte (Stamm *1.81.* und *1.82.*) langsamer und sie bildeten auch weniger Kraut. Stark krautfäuleanfällig zeigte sich der Stamm *1.81.203-92 N*. Besonders robust war die Sorte *Unbekannte Schwarze* gegen Krautfäule. Der Anteil der Untergrößen war bei der Sorte *Unbekannte Schwarze* relativ hoch. Bei der Bonitur der äußeren Knollenqualität gab es kaum Mängel zu erkennen. Nur die *British Columbia Blue* und der Stamm *1.82.203-92 N* zeigten eine leichte Schorfanfälligkeit. Bei der Lagerung traten es keine Fäulnisverluste sondern nur geringe Atmungsverluste (1%) auf. Im ersten Anbaujahr erzielten die Sorten *Blaue Schweden*, *British Columbia Blue*, *Violettfleischige* und der Stamm *1.82.202-92 N* gute Ergebnisse.

Tab. 9: Anbauergebnisse 2001 in Lenzen (LP Lenzen)

Nr.	Sorte / Stamm	Konv. Anbau			Ökol. Anbau		
		kg / Parzelle	dt	rel %	kg / Parzelle	dt	rel %
1	<i>Blaue Schwede</i>	10,1	225	117	8,0	178	137
2	<i>Unbekannte Schwarze</i>	5,85	131	68	2,7	60	46
3	<i>British Columbia Blue</i>	10,35	230	120	4,9	109	84
4	<i>Violettfleischige</i>	10,65	237	124	8,5	189	145
5	<i>St. 1.82-202-92 N</i>	7,05	157	82	3,7	82	63
6	<i>St. 1.81-203-N</i>	7,7	171	89	7,3	162	125

Für die Farbstoffuntersuchung wurde von jeder Sorte Probenmaterial zur Verfügung gestellt.

Feldanbauprüfung 2002 in Lenzen:

Im Feldversuch 2002 wurden 26 blau- oder rotschalige Sorten aus virusfreier Anzucht des IPK, Genbank Groß Lüsewitz, geprüft.

Vier Varianten wurden im Nachbau mit Erntematerial 2001 aus Lenzen geprüft..

Im Jahre 2002 entwickelte sich durch den zügigen Auflauf der Sorten ein guter Bestand. Während der Vegetation konnten deutliche Unterschiede der Sorten bonitiert werden.

Parallel wurden 4 Genotypen an der Landesversuchsstation in Güterfelde bei Potsdam innerhalb der Landessortenversuche unter intensiven konventionellen Anbaubedingungen geprüft. Neben der Ertragsermittlung wurden davon auch Inhaltsstoffkonzentrationen erfasst.

Tab. 10: Anbauergebnisse 2002 in Lenzen (LP Lenzen)

Sorte/Stamm	Ertrag abs		Ertrag rel.		Ertrag	
	I. (kg/P.)	I. rel.	I. (dt/ha)	II. (kg/P.)	II. rel.	II. (dt/ha)
<i>Blaue Schweden</i>	19,5	109	325	14,7	80	245
<i>British Columbia</i>	19,4	108	323	17,8	97	297
<i>Violettfleischige</i>	19,5	109	325	15,8	86	263
<i>1.81.203-92 N</i>	11,6	65	193	21,1	115	352
<i>Blaue Mauritius</i>	15,0	84	250	(12,0)	(65)	200
<i>Bleu</i>	16,8	94	280	(23,3)	(127)	388
<i>Blaue Utvill</i>	20,3	113	338	(13,3)	(72)	222
<i>Peru Purple</i>	5,5	31	92	(4,4)	(24)	73
<i>Smiths Purple</i>	24	134	400	15,3	83	255
<i>UAC NEG 61</i>	17,7	99	295	12,6	69	210

<i>UAC CON 917</i>	14,5	81	135	15,3	85	260
<i>UAC CON 1139</i>	0,5	3	8	0,7	4	12
<i>Weinberger Blaue</i>	25,2	141	420	(12,6)	(69)	210
<i>Mesabi Purple</i>	20,7	116	345	(20,1)	(109)	330
<i>UAC NEG 64</i>	0,5	3	8	(0,3)	(2)	5
<i>Bell Purple</i>	27,4	153	457	38,5	209	630
<i>Magdeburger Blaue</i>	16,8	94	280	13	71	216
<i>Shetland Black</i>	18,5	103	308	19,4	105	323
<i>Caribe</i>	23	129	383	23,3	127	388
<i>Purple and white</i>	17,6	98	293	19,6	107	326
<i>Sangre´</i>	23	129	383	25,1	136	418
<i>Mrs. Moertes purple</i>						
<i>Baker</i>	21	117	350	33,3	181	555
<i>Kefermarkter</i>						
<i>Zuchtstamm</i>	17,2	96	287	21,4	116	356
<i>Long Blue</i>	23,3	130	388	37,8	205	630
<i>Edzell Blue</i>	27,8	155	463	20,2	110	337
<i>Odenwlder Blaue</i>	21,8	122	363	21,5	117	358
<i>Blaue Schweden</i>						
<i>(Nachbau)</i>	17,5	98	292	19,5	107	326
<i>British Columbia</i>						
<i>(Nachbau)</i>	17,1	96	285	20,4	111	340
<i>Violettfleischige</i>						
<i>(Nachbau)</i>	17	95	283	20,4	111	340
<i>1.81.203-92 N</i>						
<i>(Nachbau)</i>	17,1	96	285	20,1	109	335
Mittelwert	17,9	100,0	294,6	20,3	110,5	306,7

Feldanbauprüfung 2003 in Lenzen:

Auf Grundlage von Versuchsergebnissen des Jahres 2002 wurden 2003 14 blauschalige, rotschalige und blaufleischige Sorten nochmalig geprüft. Verwendet wurde dazu selektiertes Erntematerial des Vorjahres aus Lenzen.

Ausgesondert wurden geprüfte Herkünfte aus 2002 die als nicht aussichtsreich aufgrund von Anbaumngel, Ertragsschwäche, sowie zu geringen Inhaltstoffkonzentration beurteilt wurden. Bedingt durch die extreme Trockenheit konnte das Ertragspotential nicht ausgeschöpft werden. Der Schorfbesatz war bei einigen Sorten erhöht. Mit erhöhter N-Garbe in der Variante II erreichten die Prüfglieder durchschnittlich 25% höhere Erträge.

Fast alle Sorten hatten einen zügigen Aufbruch. Auch die südamerikanischen Herkünfte zeichneten sich durch einen raschen Feldaufbruch aus. Alle Prüfglieder bildeten relativ schnell eine kräftige Blattstängelmasse. Ebenso entwickelten alle Herkünfte einen lockeren und kräftigen Krautapparat. Nachbaubedingt ergab sich für einige Sorten ein deutlicher Virusbesatz. Höhere Anfälligkeit zeigten die Sorten *Odenwälder Blaue*, *Peru purple* und *Violettfleischige*.

Vom Erntegut wurden durch den Pflanzenschutzdienst des LVL Augenstecklingsprüfungen auf Virusbesatz durchgeführt. Im Ergebnis der Prüfung waren bedingt durch den ungeschützten Nachbau des Jahres 2002 praktisch alle Herkünfte leicht bis mäßig mit S, X und Y-Virus infiziert. Bedingt durch die Witterung kam es 2003 zu einem relativ späten Krautfäulebefall. Die Differenzierung zwischen den Prüfgliedern war allgemein gering. Erst Ende Juli zeigte sich bei einigen Herkünften eine höhere Anfälligkeit. Positiv bewertet werden *Peru purple*, *UAC NEG 61* sowie *UAC CON 917*.

Ernteergebnisse

Variante I – (100 kg N Gabe)

Gute Ertragsergebnisse zeigten die Sorten *British Columbia*, *Blaue Schweden* sowie die Formen *UAC NEG 61* und *UAC CON 917*. Eine schwache Ertragsleistung erreichten auch 2003 die Sorte *Peru purple*. Die Sorten *Bleu*, *Edzell Blue* und *Odenwälder Blaue* blieben unter den Ertragserwartungen.

Variante II – (200 kg N Gabe)

Auch in der Variante II bestätigten die Sorte *British Columbia* sowie die Genotypen *UAC NEG 61* und *UAC CON 917* ihre gute Ertragsleistung 2003. Die erhöhte N-Gabe in der Variante II brachte zwar durchschnittlich 25 % höhere Erträge, allerdings reagieren die Prüferkünfte sehr individuell auf das erhöhte Nährstoffangebot. Bei einigen Sorten scheint das Ertragspotential bereits frühzeitig ausgereizt, einige Herkünfte reagieren sogar mit Ertragsminderung. Neben *Peru purple* und *Edzell Blue* lag die Ertragsleistung auch von *Odenwälder Blaue* deutlich unter dem Durchschnitt.

Tab. 11: Anbauergebnisse 2003 in Lenzen (LP Lenzen)

Sorte/ Stamm	Variante I	in dt/ha	relativ %	Variante II	in dt/ha	relativ %
<i>Blaue Schweden</i>	15,8	316	140	16,4	328	115
<i>British Columbia</i>	19	380	168	18,9	378	133
<i>Violettfleischige</i>	7,5	150	66	12,5	250	88
<i>1.81.203-92N</i>	12,7	254	112	14,8	296	104
<i>Blaue Mauritius</i>	14,1	282	125	10,7	214	75
<i>Bleu</i>	6,7	134	59	11,9	238	84
<i>Blaue Utvill</i>	10,8	216	96	14,7	294	103
<i>Peru Purple</i>	5,5	110	49	8,3	166	58
<i>UAC NEG 61</i>	15,6	312	138	23	460	162
<i>UAC CON 917</i>	16,9	338	150	23,7	474	167

<i>Mesabi Purple</i>	12	240	106	14,7	294	103
<i>Kefermarkter</i>						
<i>Zuchtstamm</i>	12,7	254	112	18,7	374	132
<i>Edzell Blue</i>	6,5	130	58	7,8	156	55
<i>Odenwalder Blaue</i>	3	60	27	3,1	62	22
Mittelwert	11,3	226,9	100	14,2	284,6	100

Gesamteinschatzung

Gute Feldertrage erreichten 2003 die Sorten *British Columbia*, *UAC NEG 61* und *UAC CON 917*. Diese Sorten nutzen ihr Ertragspotential sowohl in der I. sowie II. Düngungsstufe. Negativ beurteilt werden *Odenwälder Blaue*, *Edzell Blue* und *Peru purple* in der Gesamtbetrachtung.

Zusammenfassende Ergebnisse 2001 bis 2003

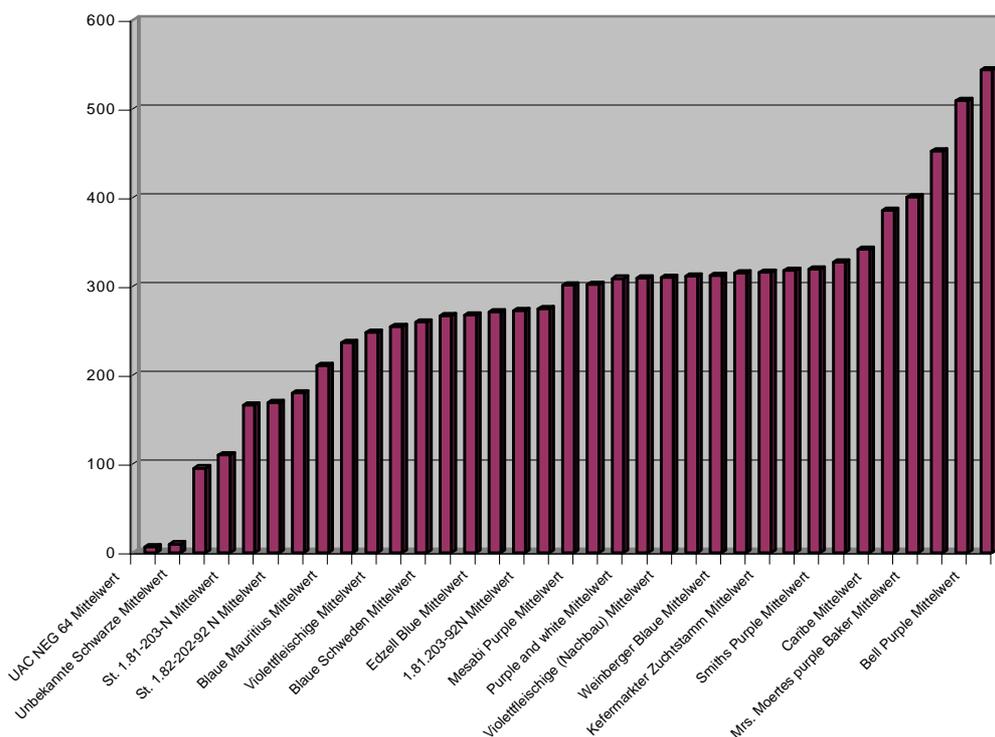
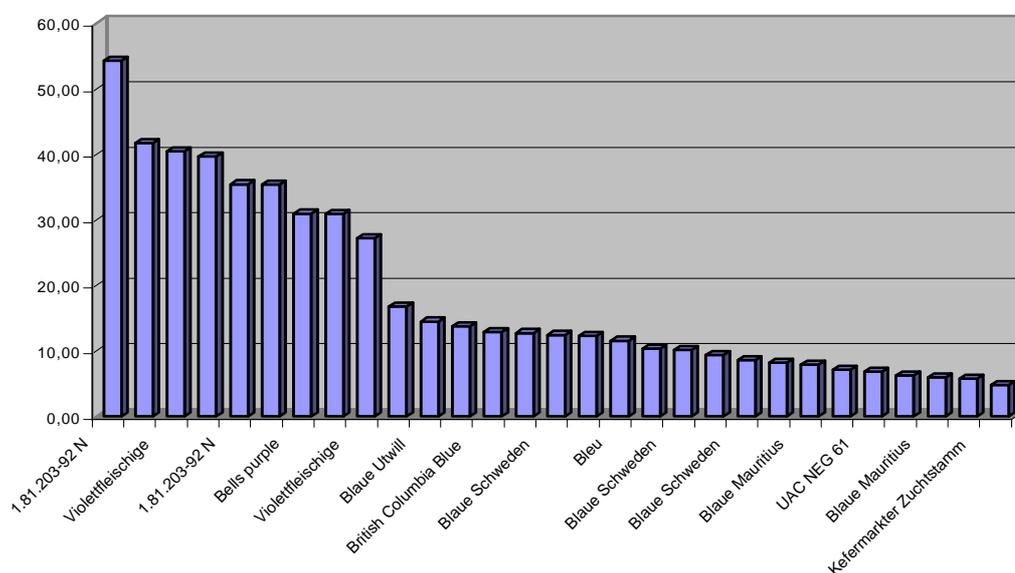


Abb. 10: Mittlere Erträge (dt/ha) der geprüften Genotypen 2001-2003 (LP Lenzen, LAGS)

Tab. 12: Relativerträge der dreijährig geprüften Herkünfte (LP Lenzen):

Sorte	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2001- 2003
Stufe:	I	II	I+II	I	II	I + II	I	II	I + II	I + II
<i>Blaue Schweden</i>	117	137	127	109	80	102	140	115	128	119
<i>British Columbia</i>	120	84	102	108	97	103	168	133	151	119
<i>Violettfleischige</i>	124	145	135	109	86	98	66	88	77	103
<i>St.1.81.203-92 N</i>	90	125	108	65	115	90	112	104	108	102


Abb. 11: Felderträge Anthocyan (kg/ha) verschiedener Standorte und Anbaustufen 2002 (LAGS, BAZ)

Die Prüfglieder *Violettfleischige* und der Stamm *1.81.203-92 N* erreichten im dreijährigen Mittel durchschnittliche Erträge mit hohem Anthocyangehalt. Die Erträge von den Sorten *Blaue Schweden* und *British Columbia* lagen im Knollenertrag zwar höher, aber der Anthocyangehalt lag deutlich unter den Werten der anderen beiden Prüfglieder.

Für den weiteren Anbau von Kartoffeln zur Farbstoffgewinnung wird ein Erhaltungsaufbau der Sorten *Violettfleischige* und des Stammes *1.81.203-92 N* empfohlen, die im dreijährigen Mittel der Feldversuche ihre guten Eigenschaften bestätigten.

Der Anthocyanertrag gemessen in kg/ha Feldproduktion differenziert stark in Abhängigkeit von Massenertrag und Konzentration in der Frischmasse. Deutlich zeichnen sich Stämme mit hohem Gehalten (~ 1 g/kg FM) und akzeptablen Erträgen (> 200 dt/ha) ab. Trotz starker jährlicher Ertragsschwankungen können mit diesen Genotypen Anthocyanroherträge von mehr als 40 kg/ha erreicht werden. Vergleichsangaben in der Literatur zu Ertragspotentialen

geprüfter Stämme liegen nur von REYES⁸⁴⁾⁸⁵⁾ und nur auf Gehaltserträge bezogen vor. Angaben über Felderträge farbfleischiger Süßkartoffeln geben vergleichsweise mit 120 – 190 dt/ha eher geringe Erträge wieder.⁹⁶⁾¹⁰⁰⁾

II.6. Inhaltsstoffuntersuchungen und Qualitätsscreening (BAZ)

Methoden

Lagerproben der Ernte 2001 wurden nach einer Lagerzeit von 4,5 Monaten bei einer Lagertemperatur von 5°C auf Veränderungen der Inhaltsstoffe geprüft.

Zur Aufkonzentrierung der Farbstoffe wurden Kartoffelknollen getrocknet, wobei Farbstoffgehalte in gefriergetrocknetem und bei 60 °C im Trockenschrank getrocknetem Material untersucht und verglichen wurde.

Für die Inhaltsstoffanalyse, die Bestimmung der Farbstoffgehalte und Verteilung der Farbe innerhalb der Knollen sowie für die Solaninbestimmung wurde eine Mischprobe von etwa 20 Knollen eingesetzt.

Die Stärkeisolation im Labormaßstab wurde nach einem Verfahren, das von JANSEN und FLAMME (1998, 2001)³⁰⁾³¹⁾ beschrieben wurde, durchgeführt.

Die Bestimmung der Trockenmasse erfolgte sowohl mit einer Unterwassergewichtswaage als auch durch Trocknung bei 60 °C im Trockenschrank.

Der Stärkegehalt in der Trockenmasse wurde polarimetrisch nach Ewers und der Rohproteingehalt nach Kjeldahl bestimmt.

Zur Anthocyanin-Bestimmung in Kartoffeln wurde eine von FULEKI und FRANCIS¹⁸⁾ veröffentlichte Methode für die Extraktion und Bestimmung der Gesamt-Anthocyangehalte in Preiselbeeren der Untersuchungsmatrix Kartoffel angepasst und entsprechend modifiziert. Die Farbstoffgehalte wurden in der gesamten Knolle, im Fleisch und in der Schale bestimmt. Von allen Proben wurden Spektren im Bereich von 260-700 nm aufgenommen und das Extinktionsmaximum im sichtbaren Bereich ermittelt.

Für die quantitative Bestimmung von Solanin und seinen Glycosiden wurde eine von GRASSERT und LELLBACH²²⁾ beschriebene Methode angewandt, die auf der Farbreaktion des Solanins mit Paraformaldehyd in o-Phosphorsäure basiert. Die Solaninergehalte wurden ebenfalls in der gesamten Knolle, im Fleisch und in der Schale bestimmt.

Die Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität im Knollengewebe wurde in Anlehnung an JOCKUSCH³²⁾ mit einem Substratgemisch von Catechol und Prolin in einem mit Sauerstoff gesättigten Puffer bestimmt. Zur Gewinnung der Gewebeextrakte wurden mit einem Korkbohrer Zylinder mit 5 mm Durchmesser unterhalb der Schalenregion ausgestochen, die Schale entfernt und anschließend unterhalb der Schale Gewebescheiben geschnitten.

Zur Trocknung von Knollen wurden zerkleinerte Knollen (Würfel von max. 1 cm Größe) bei 60 °C und 105 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und die Gefriertrocknung mittels Vakuumtrocknung (Fa. Christ) unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

4 Schalen á 350 g zerkleinerte Knollen wurden bei -20 °C eingefroren und anschließend 24 h bei 20 °C und 24 h bei 38 °C getrocknet, wobei die Kühlfalle eine Temperatur von -50 °C hatte.

Ergebnisse

Farbstoffgehalt und Farbstoffverteilung innerhalb der Prüfstämme:

Zu Projektbeginn konnte auf 7 farbige Herkünfte, die bereits im IPK Gatersleben, Außenstelle Nord Groß Lüsewitz, im Jahr 2000 vorhanden waren und angebaut wurden, zurückgegriffen werden. Unter ihnen befanden sich auch die *Violettfleischige* und der Stamm *1.81.203-92N*, die sich beide auch nach der Prüfung einer Vielzahl von Herkünften aus europäischen und außereuropäischen Sammlungen in den darauffolgenden Jahren als besonders aussichtsreich bezüglich des Farbstoffgehaltes erwiesen. Weiterhin zeigte besonders die *Unbekannte Schwarze* hohe Farbstoffkonzentrationen. Trotz intensiver Färbung musste diese Sorte jedoch wieder eliminiert werden, da sie wegen ihrer extremen Spätreife nicht nutzbar ist.

Mit Farbstoffgehalten von etwa 0,4 bis 1,3 g/kg Frischmasse wurden ähnliche Anthocyaningehalte ermittelt, wie auch von LEWIS et al., 1998³⁵⁾ in neuseeländischen, gefärbten Kulturkartoffeln nachgewiesen wurden.

In den Untersuchungen von LEWIS³⁵⁾³⁶⁾ werden auch Anthocyanesamtgehalte bei Kulturformen von ~2g/kg FM und bis zu 7 g/kg FM in der Schalenfraktion angeführt. Hingegen fanden RODRIGUEZ-SAONA et.al (1998)⁶²⁾ in 33 untersuchten Herkünften lediglich Konzentrationen von 0,02-0,4 g/kg FM. Die Gehalte untersuchter Wildkartoffeln bei LEWIS³⁷⁾ erreichen nur viel geringere Werte von 0,3 g/kg FM.

WROLSTAD & GIUSTI, 1999⁸⁰⁾ beschreiben überwiegend Herkünfte mit relativ geringen Gehalten von 0,02-0,4 g/kg FM, wobei allerdings eine Varietät mit 1,84 g/kg FM heraustritt.

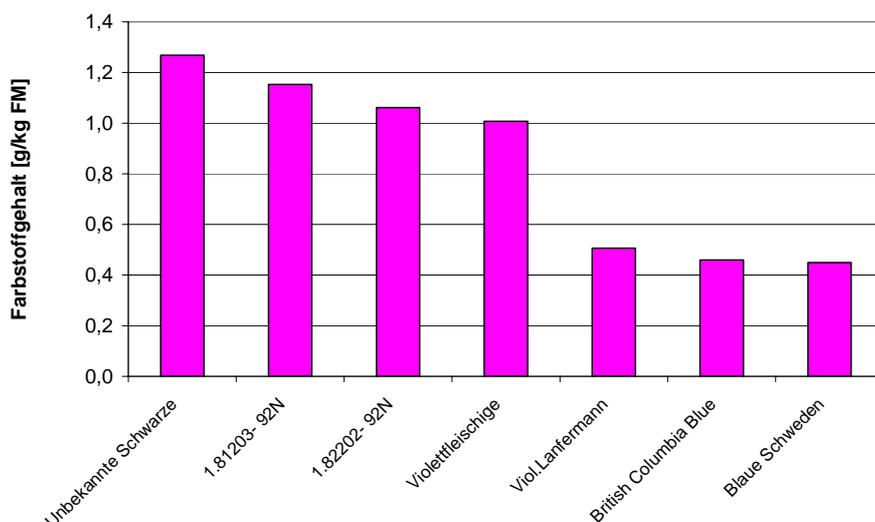


Abb. 12: Farbstoffgehalt farbiger Kartoffeln, Ernte 2000, Groß Lüsewitz (BAZ)

2001 wurden der Landschaftspflege Lenzen GmbH 6 Sorten für Feldprüfungen zur Verfügung gestellt und die Ernte im Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität in Groß Lüsewitz untersucht.

Die ermittelten Farbstoffgehalte sind in Abb. 12 dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die ausgeprägten Sortenunterschiede. Gegenüber dem Vorjahr wurde fast die gleiche Rangfolge im Farbstoffgehalt ermittelt.

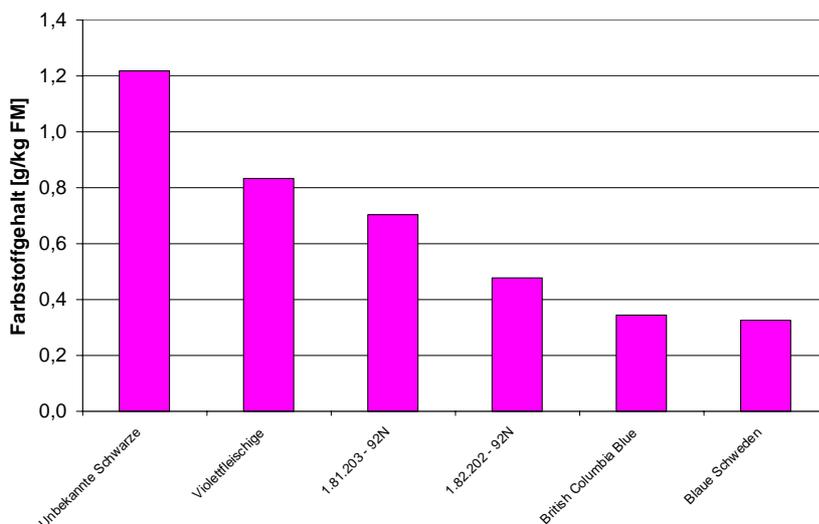


Abb. 13: Farbstoffgehalt farbiger Kartoffeln, Ernte 2001, Lenzen (BAZ)

Bei einigen Stämmen wie z.B. *1.81.202-92N* und *1.81.203-92N* ist es schwer, einheitliche Farbwerte zu ermitteln, da der Farbstoff sehr unregelmäßig innerhalb der Knollen verteilt und somit die Probenahme damit schwierig ist.



Abb. 14: Farbstoffverteilung innerhalb der Knollen des Stammes 1.81.203-92N (BAZ)

Um Aussagen zur Verteilung des Farbstoffes innerhalb der Knollen machen zu können, wurden die Farbstoffgehalte in der Kartoffelschale, im –fleisch und in der gesamten Knolle bestimmt, wobei in der Schale die höchsten Farbstoffgehalte nachgewiesen werden konnten. Ein methodisches Problem vor allem im Vergleich mit Ergebnissen anderer Veröffentlichungen stellt die Schalenseparation dar. Die Konzentration fällt bei fast allen Genotypen von Schale zu Fleisch stark ab. Häufig sind die höchsten Gehalte relativ eng im Bereich von weniger als 5 mm-Schale begrenzt. Damit sind vermutlich einige sehr hoch ermittelte Gehalte aus Literaturangaben auf sehr exaktes und dünnes, für den Praxisgebrauch untaugliches Schalen zurückzuführen.

Die Untersuchungen wurden zunächst am Material des Standortes Groß Lüsewitz durchgeführt.

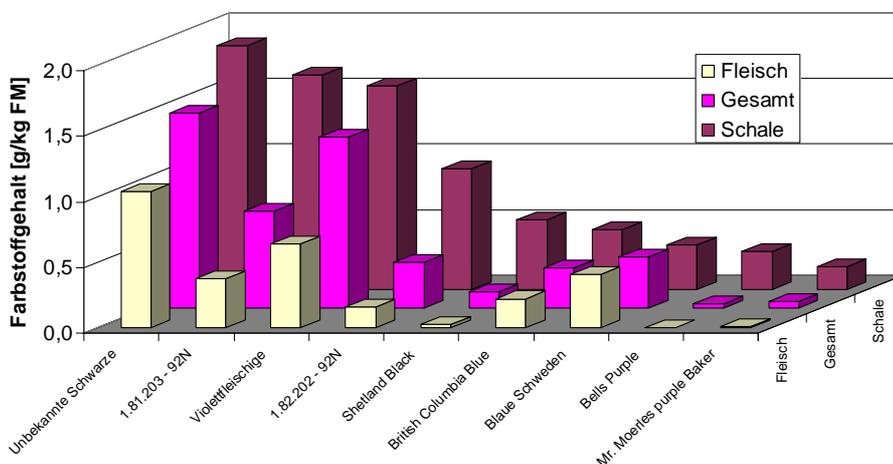


Abb. 15: Farbstoffverteilung in farbigen Kartoffeln, Ernte 2001, Groß Lüsewitz (BAZ)

Im Jahr 2002 wurde der Feldprüfumfang auf 26 Herkunftse ausgedehnt. Die Farbstoffgehalte und deren Verteilung innerhalb der Knollen sind Abb. 5 zu entnehmen. Neben *Peru Purple* erwiesen sich wieder der *Stamm 1.81.203-92N* und die *Violettfleischige* auf Grund ihrer hohen Farbstoffgehalte als aussichtsreichste Farbstoffquelle.

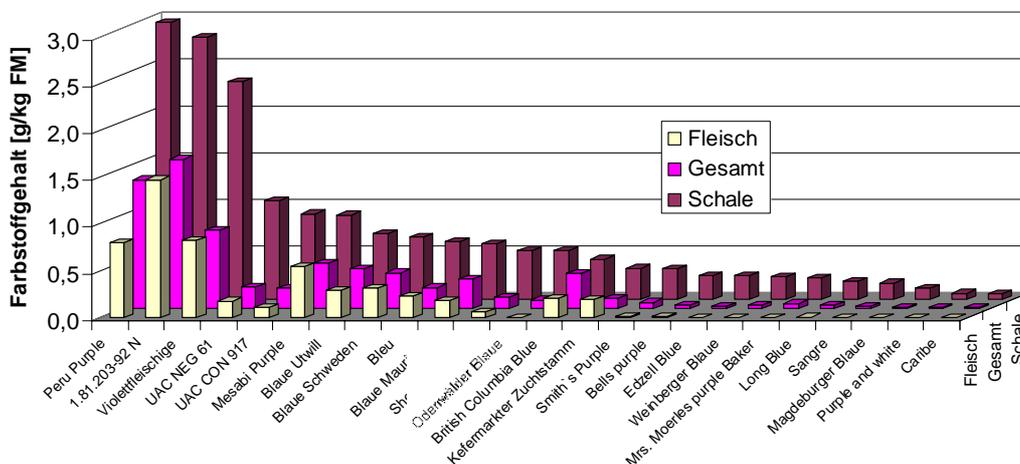


Abb. 16: Farbstoffverteilung in farbigen Kartoffeln, Ernte 2002, Lenzen (BAZ)

Der Anbau wurde 2003 mit etwas größeren Materialmengen wiederholt, wobei Sorten, die auf Grund ihres zu geringen Farbstoffgehaltes weniger geeignet erschienen, eliminiert wurden. Die Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit denen aus dem Vorjahr.

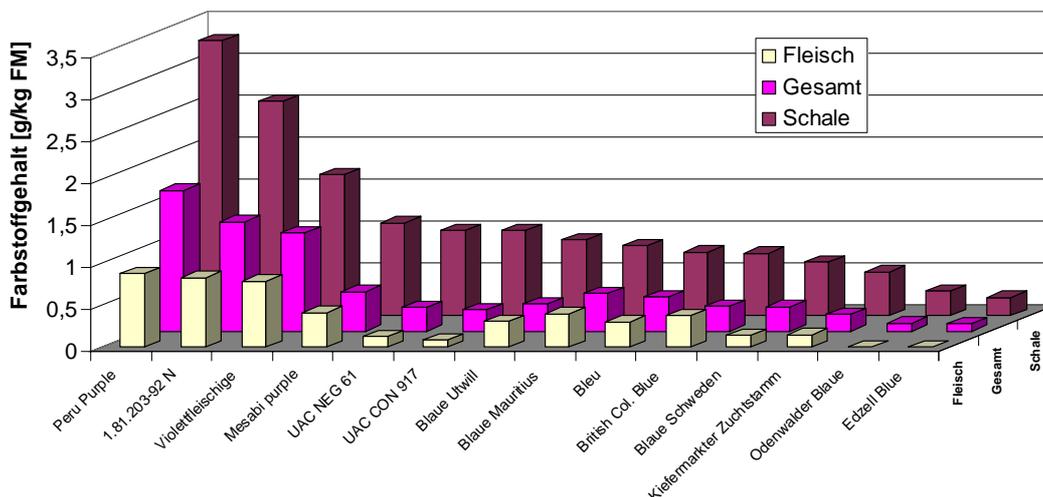


Abb. 17: Farbstoffverteilung in farbigen Kartoffeln, Ernte 2003, Lenzen (BAZ)

Einfluss von Düngung und Standort auf den Farbstoffgehalt

Im Untersuchungsjahr 2001 wurden 6 farbige Prüfstämme am Standort Lenzen und die gleichen Sorten am Standort Groß Lüsewitz angebaut.

Die aufgetretenen Unterschiede im Farbstoffgehalt zwischen beiden Standorten könnten auf unterschiedlicher Ausreife zurückzuführen sein. In Lenzen musste auf Grund des hohen Krautfäulebefalls relativ früh geerntet werden, der Farbstoffgehalt in Sorten verschiedener Reifegruppen entwickelte sich dadurch unterschiedlich. Signifikante Unterschiede zwischen den Standorten wurden jedoch nicht festgestellt.

Auch bei einem im Jahr 2002 durchgeführten intensiven Versuch auf den Standorten Mehringen und Güterfelde mit jeweils 4 Sorten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standorten.

Durch mehrjährige Wiederholung von Düngungsversuchen konnten Aussagen zum Einfluss der Düngung auf den Farbstoffgehalt in Kartoffelknollen getroffen werden.

Sowohl 2002 mit 26 Prüfgliedern als auch 2003 mit 14 Prüfgliedern wurden keine signifikanten Unterschiede im Farbstoffgehalt zwischen der Düngungsstufe I (100 kg N) und der Düngungsstufe II (200 kg N) gefunden. Der Sorteneinfluss dominierte klar. Wie bereits diskutiert erscheint der Anthocyanengehalt der Genotypen überwiegend genetisch fixiert (bezogen auf Stoffkonzentration und Anthocyaninart), folglich vorrangig durch züchterische Maßnahmen (siehe dazu v.a. die Arbeiten über Süsskartoffeln⁴²⁾⁹⁶⁾¹⁰⁰⁾ sowie von DE JONG⁹⁾ und VANECK⁷⁶⁾⁷⁷⁾) beeinflussbar.

Nach REYES⁶⁰⁾ wird Anthocyan erst während der fortgeschrittenen Knollenanlage produziert. Abhängig vom Erntetermin wurden Abweichungen im Gehalt von 27 – 58% gefunden. Anthocyanine sind als Reifeindikatoren anzusehen, frühzeitige Ernte bzw. unzureichende Ausreifung, bedingt durch Krankheiten, Mangelernährung, Witterung wirkt sich daher nachteilig auf die Ausprägung des möglichen Gehalts an ACN aus. Es stellt damit ein Reifungsprodukt dar. Dadurch werden verringerte Pigmentgehalte bei frühzeitiger Ernte bzw. frühzeitigem, krankheitsbedingtem Krautabsterben erklärbar.

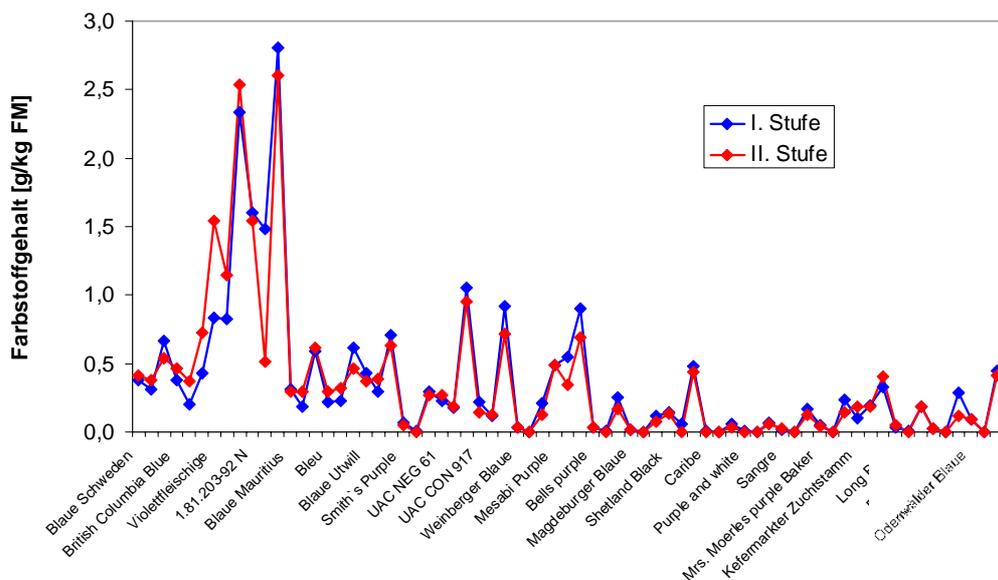


Abb. 18: Einfluss von Düngung auf den Farbstoffgehalt in Kartoffelknollen, Untersuchungsmaterial 2002, Lenzen (BAZ)

Einfluss der Lagerung auf den Farbstoffgehalt

Während der Lagerung der Knollen der Ernte 2001 bis Februar 2002 bei 5 °C kam es zu einem geringen Anstieg des Farbstoffgehaltes um durchschnittlich 5% (Abb. 9) und des Solaningehaltes (4-7%), was jedoch durch den Wasserverlust während der Lagerung (etwa 6%) verursacht wurde. Untersuchungen von LEWIS (1999)³⁴⁾ ergaben, dass Veränderungen in der Anthocyaninkonzentration während der Lagerung temperaturabhängig sind. Bei 4 °C gelagerten Knollen erhöhte sich die Anthocyaninkonzentration, während bei höheren Temperaturen keine Veränderung festgestellt wurde. Kartoffelknollen können somit das ganze Jahr zur Farbstoffisolation eingesetzt werden. Merkliche Qualitätsänderungen treten dabei nicht auf.

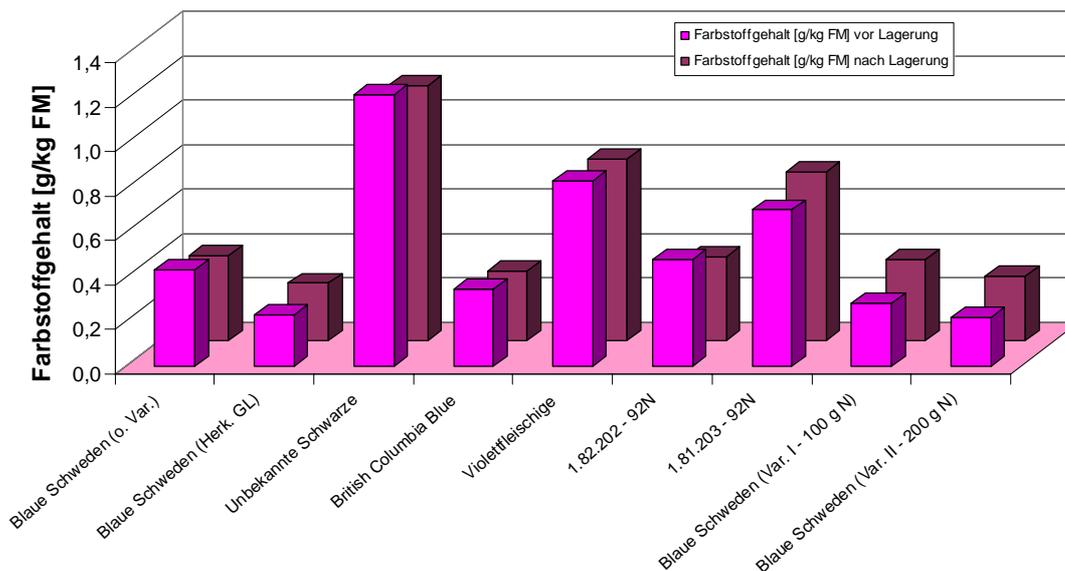


Abb. 19: Farbstoffgehalt von blauen Kartoffeln während der Lagerung bei 5 °C (BAZ)

Farbstoffanreicherung durch Trocknung

Die Trocknung von farbigen Kartoffeln bei 120 °C führte zu einer Zerstörung des Farbstoffes (orange Färbung, stark riechend). Bei 60 °C kam es zu einem Farbstoffverlust von etwa 50%. Da die Polyphenoloxidase (PPO) erst oberhalb 75 °C irreversibel inaktiviert wird, kann während der Trocknung der Farbstoff enzymatisch abgebaut werden. Dadurch bedingt kommt es in den getrockneten Kartoffeln gegenüber der Frischsubstanz mit ~ 80% Wassergehalt zu einer Aufkonzentrierung des Farbstoffes auf das nur etwa 2,5-fache.

Bei Gefriertrocknung ist kein Farbstoffverlust nachweisbar. Gegenüber der Frischsubstanz kann der Farbstoff des Ausgangsmaterials damit bis zum 5-fachen aufkonzentriert werden. Das Verarbeitungsprodukt ist stabil, lagerfähig und universell weiterverwendbar. Recherchiert wurden in diesem Zusammenhang die Kostensituation bei kommerziell durchgeführter Gefriertrocknung. Im Lebensmittelbereich ist dies zur Qualitätssicherung und Prozessoptimierung einzelner Produkte (Püreeverarbeitung u.a.) üblich. Die dabei anzusetzenden Verfahrenskosten betragen etwa 30 €/dt (mündl. Mitt. Kartoffelverarbeitung Hagenow u.a.). Die eigenen Anwendungsversuche wurde als Laborversuche in eigener Anlage durch die BAZ ausgeführt.

Rohstoffqualität

Bei der Farbstoffgewinnung ist nicht nur die Konzentration des Farbstoffes in den Knollen, sondern auch der Gehalt und die Zusammensetzung der Hauptinhaltsstoffe von Bedeutung. Nachteilig ist sowohl der hohe Wassergehalt der Knollen (75-80%) als auch die relativ hohe Konzentration unerwünschter „Begleitstoffe“, wie Stärke und Protein. Der Trockenmassegehalt differenziert etwas bei unterschiedlichen Gehalten von 20-27%.

Im Jahr 2002 wurde z. B. ein mittlerer Stärkegehalt von etwa 14,8% in der Frischmasse und ein mittlerer Proteingehalt von etwa 10,4% in der Trockenmasse blauer Kartoffeln nachgewiesen. Die Proteingehalte der blauen Sorten schwankten zwischen 8,3% (*Odenwälder Blaue*) und 12,5% (*UAC CON 917*) bei Sorten, die mit geringeren Düngergaben und zwischen 9,0% (*Odenwälder Blaue*) und 14,0% (*Blaue Mauritius*) bei Sorten, die mit höheren Düngergaben angebaut wurden.

Im Interesse einer hohen Wertschöpfung und Umweltschonung bei der Kartoffelverarbeitung wäre es wünschenswert, wenn neben der Gewinnung von Stärke und Protein auch der blaue Farbstoff isoliert werden könnte. Die unterschiedlichen Extraktionsverfahren für beide Inhaltsstoffe lassen jedoch derzeit nur eine separate Gewinnung von Stärke und Farbstoff zu. Grundsätzlich ist die derzeitige kommerziell übliche Verwertungstechnik bei Kartoffeln auf die Massenverarbeitung für jeweils eine, sehr spezifische Verwendung (Stärkeherstellung, Chips, Pulver, Speiseschälung) ausgerichtet. Die Verwertung anfallender Reststoffe tritt dabei in den Hintergrund, sie wird i.a. eher als Problem denn als zusätzliche Verwertungschance angesehen.

Praxisreife Verarbeitungstechniken im Bereich der Vorverarbeitung (Trocknung, Schälung) die eine zusätzliche Farbstoffgewinnung unproblematisch ermöglichen, sind derzeit nicht vorhanden. Eine Modifizierung bestehender Anlagen ist in jedem Fall erforderlich.

Solaningehalt

Der Alkaloidgehalt von Speisekartoffeln, die derzeit auf dem Markt sind, ist sehr gering und kann als pharmakologisch unbedeutend angesehen werden. Höhere Werte über 20 mg/ 100 g, die für den Menschen kritisch werden könnten, werden jedoch oft in einigen Wildformen gefunden. Um das Gesundheitsrisiko bei der Verwendung von farbigen Kartoffeln für die Farbstoffgewinnung einschätzen zu können, wurden im gesamten vorhandenen farbigen Genbankmaterial die Solaningehalte geprüft. Dabei wurde auf Grund der Tatsache, dass die Konzentration der Alkaloide in den Kartoffeln vom äußeren Schalenbereich zur Markschiicht hin deutlich abnimmt, der Gehalt an Solanin in der Schale, im Fleisch und in der gesamten Knolle bestimmt. Werte von über 20 mg/100 g FM wurden nur in wenigen Herkünften und dann grundsätzlich nur im Schalenbereich gefunden (Abb. 19 und 20). Dies entspricht auch den Ergebnissen anderer Autoren die ebenfalls überwiegend nur geringe, gesundheitlich unproblematische Gehalte von Glycoalkaloiden feststellen konnten.⁶²⁾

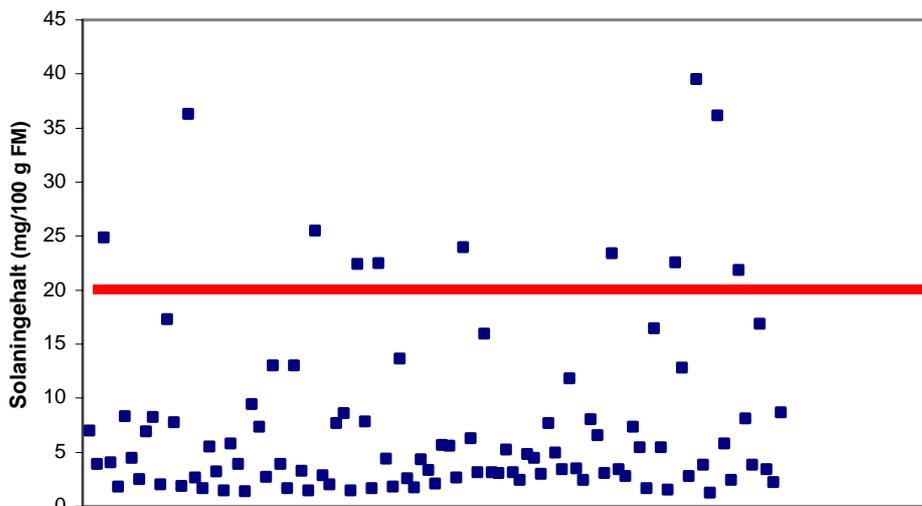


Abb. 20: Solaningealte in farbigen Kartoffeln Ernte 2002, Lenzen (BAZ)

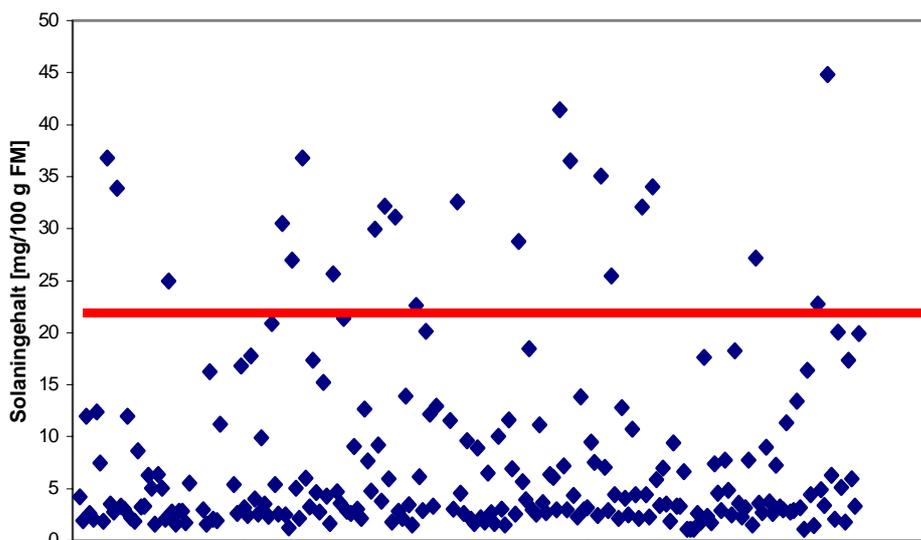


Abb. 21: Solaningealte in farbigen Kartoffeln Ernte 2003, Lenzen (BAZ)

Polyphenoloxidaseaktivität

Bei der Herstellung von Farbstoffextrakten aus blauen Kartoffeln werden die Knollen zerkleinert, wobei Zellen beschädigt werden und die in den Knollen vorhandene Polyphenoloxidase (PPO) dadurch zum blauen Farbstoff, der zu den Polyphenolen gehört, Zutritt gewinnt. Phenolische Verbindungen werden unter Einwirkung von Sauerstoff oxidiert mit anschließendem Abbau des blauen Farbstoffes. Es ist anzunehmen, dass bei Sorten mit besonders hoher PPO-Aktivität die Verarbeitung ohne Enzyminaktivierung schwierig ist. In

Voruntersuchungen des Materials 2001/2002 wurde die Lokalisierung von Anthocyaninen im Zellgewebe mikroskopisch untersucht. Auffällig dabei war die überwiegende Färbung randlich der Zellen, also unter klarer Trennung zu den eingelagerten Stärkekörnern. Eine Korrelation der PPO-Aktivität mit dem Farbstoffgehalt konnte nicht festgestellt werden. Generell wurden jedoch im Vergleich zu herkömmlichen gelb-weiß-fleischigen Sorten in blauen Kartoffeln höhere PPO-Aktivitäten gefunden.

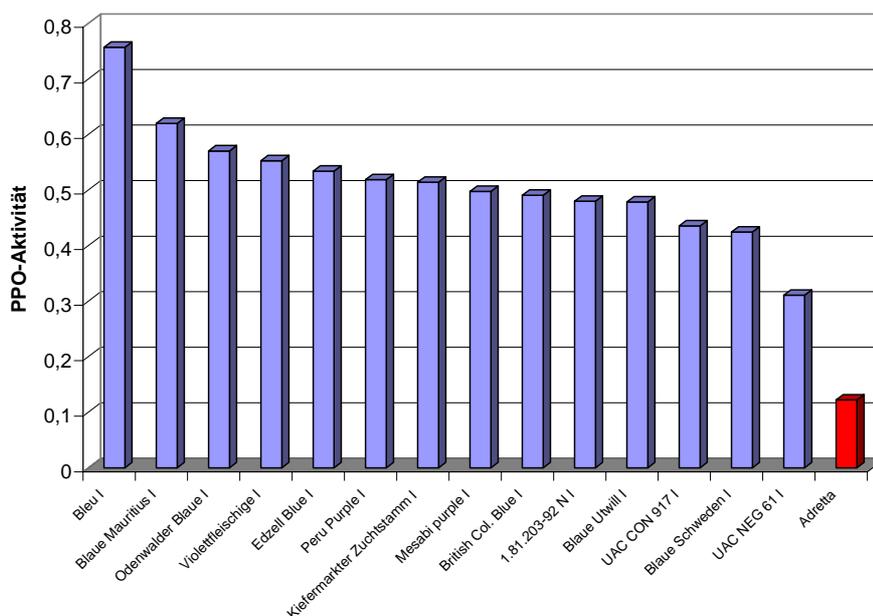


Abb. 22: PPO-Aktivität in blauen Kartoffeln (Düngungsstufe I, Lenzen) im Vergleich mit der gelbfleischigen Zuchtsorte Sorte *Adretta*

II.7. Entwicklung eines Aufschlußverfahrens, Qualitätsbestimmung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Extraherstellung, Weiterverarbeitung und Anwendungstests (WILD, LAGS)

In der Praxisanwendung der Industrie wird die Rohstoffreinigung unter Aspekten wie Farbtintensität und Farbton, Kosten und Stabilität, Zuverlässigkeit, Umsetzung des Produktionsverfahrens und Liefersicherheit beurteilt. Mit einer vorhandenen technischen Ausstattung und mit erprobten Verfahrensprozessen müssen sich neue Rohstoffe bzw. alternative Herstellungsverfahren vor einer Praxiseinführung erfolgreich auseinandersetzen. Die Farbstoffstabilität von Brassicaceen wie z.B. Rotkohl ist besonders hoch. Jedoch stellt bei manchen Anwendungen - z.B. bei Getränken - der als Glucosinolat gebundene Geruch von Rotkohlextrakten ein großes Problem dar. Ähnliches gilt für angebotene Produkte aus Rettich mit ähnlichen Geruchsstoffen. Als ausgesprochen neutral und damit vielfältig anzuwenden gelten derzeit Produkte auf der Basis von schwarzen Karotten. Die Anthocyane

dieser Gemüseart zeichnen sich durch große Licht- und Hitzestabilität in einem weiten pH-Bereich aus und besitzen einen angenehmen Geruch und Geschmack. In besonderem Maße wurde dies auch für Kartoffelextrakte vermutet. Bereits bei Voruntersuchungen wurde allerdings der hohe Stärkeanteil und die starke Nachtrübung als Besonderheit und möglicherweise problematisch empfunden.

UV/VIS Spectra of Anthocyanins

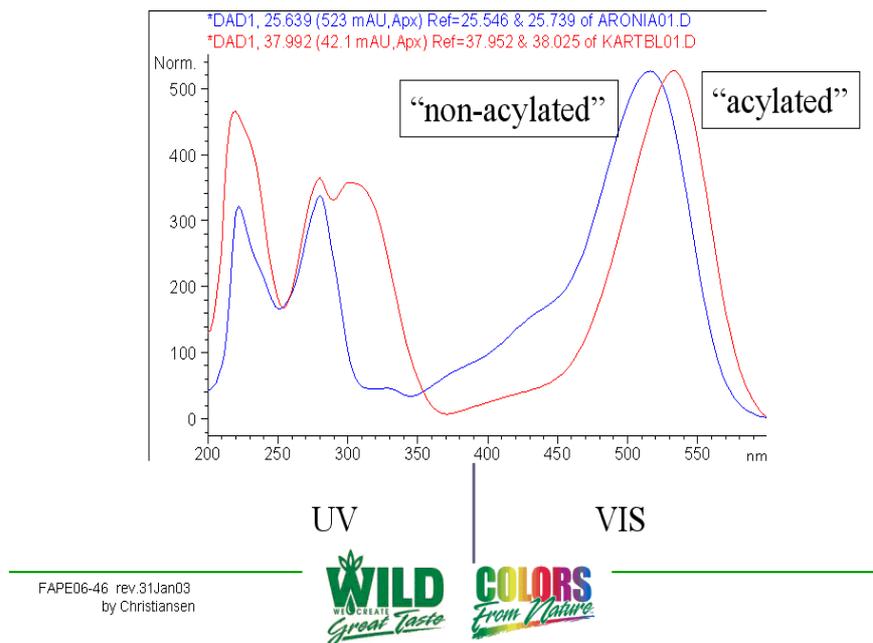


Abb. 23: Spektrenvergleich von Aronia mit *Blaue Schweden* (WILD)

Zur Färbung von Getränken ist die gute Lichtstabilität der Anthocyane ein positiv zu wertendes Auswahlkriterium. Diese variiert aufgrund der individuellen Anthocyanmuster in den einzelnen Rohstoffen.

Durch die Fa. WILD wurden in Verarbeitungsversuchen und Anwendungstests als neue potentielle Rohstoffquelle für anthocyanhaltige Extrakte die in der Feldprüfung als aussichtsreich ermittelten Herkünfte *Violettfleischige*, *Stamm 203* und *Blaue Schweden* sowie zur Verfahrensentwicklung *Linzer Rose* und *Rotschalige* (*Norika Stamm 4502*), hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Nutzbarkeit überprüft. Die Extrakte wurden mit Standardextrakten des Marktes aus Holunder ($30 \text{ g}_{\text{Anthocyane}}/\text{kg}_{\text{Extraktkonzentrat}}$ bei 65° Bx) und „Schwarzer Karotte“ ($8 \text{ g}_{\text{Anthocyane}}/\text{kg}_{\text{Extraktkonzentrat}}$ bei 60° Bx) verglichen.

Zielbemühung war die Gewinnung eines Extraktkonzentrates mit 8 g/kg bei formal 65° Bx , der hinsichtlich Lagerstabilität, Farbgehalt, Lichtstabilität in der Applikation und Gebrauchskosten zu konkurrierenden Herkünften aus derzeit gebräuchlichen Extrakten von *Schwarze Karotten* oder *Rotkohl* wettbewerbsfähig ist.

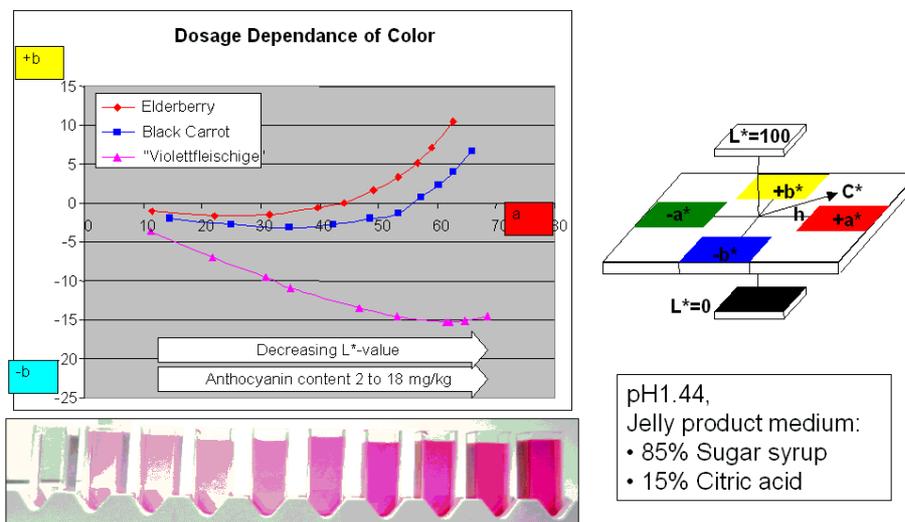
Ergebnisse:

Im Vergleich zur Normkartoffel ist die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe der *Violett fleischigen* unauffällig: mit 22-25% ein leicht erhöhter Trockensubstanzgehalt, 15-17% Stärke, 2,0-3,2% Rohprotein, 30-40 μm Stärkekörner, Solanin $< 100 \text{ mg/kg}$ (Analysendaten BAZ Groß Lüsewitz, im Vergleich zu R. Schick, H. Klinkowski: Kartoffelhandbuch Bd. I). Allerdings kann der Anthocyanengehalt in den „*Violett fleischigen*“ bis zu $1,6 \text{ g}_{\text{Anthocyan}}/\text{kg}_{\text{Frischkartoffel}}$ betragen.

Obwohl die Farberträge für die Kartoffel mit bisher maximal ermittelten $40 \text{ kg}_{\text{Anthocyan}}/\text{ha}$ deutlich unter denen für Holunder (ca. $70 \text{ kg}_{\text{Anthocyan}}/\text{ha}$) liegen, sind die Rohstoffkosten auf Grund der rationelleren Produktionstechnik bezogen auf den Farbstoff vergleichbar (um $0.10 \text{ €/g}_{\text{Anthocyan}}$) und etwas günstiger als für „*Schwarze Karotte*“ ($0.25 \text{ €/g}_{\text{Anthocyan}}$). Der Holunderanbau dagegen ist ausschließlich Handarbeit.

Die Extrakte der drei untersuchten Kartoffelvarietäten färben aromaneutral bei Dosagen bis zu 15 mg/kg im Endprodukt in einem schönen Magenta-Ton. Dieser Farbton kann sonst nur durch Rotkohl-Extrakte erhalten werden, die allerdings immer ein gewisses Restaroma mitbringen. Bei höheren Dosagen geht der Magenta-Ton verloren, die Farbe verschiebt sich nach Rot.

Interesting Pink at Low Dosages



FAPE06-71 rev.21.June04
by Christiansen

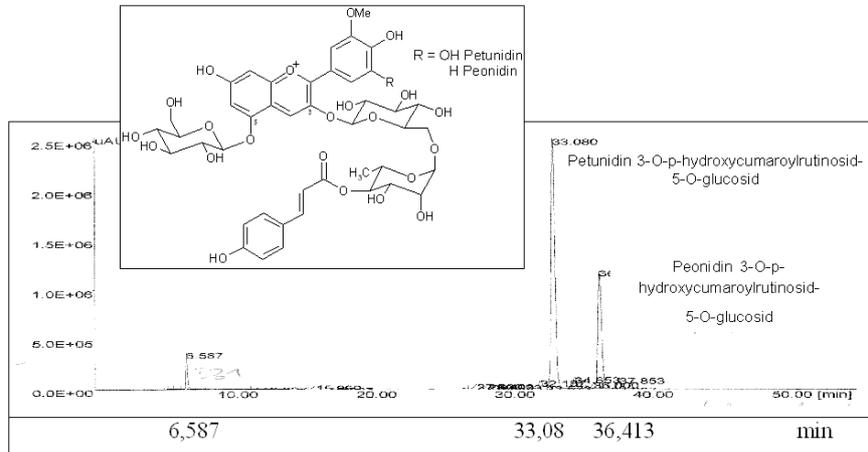
WILD
VEGETARIAN
Great Taste

COLORS
From Nature

4

Abb. 24: Dosageabhängige Farbausprägung, Vergleich verschiedener Rohstoffe (WILD)

„Violett fleischige“: Anthocyan-Zusammensetzung



FAPE06-71 rev.21June04
by Christiansen



5

Abb.25: Violett fleischige Anthocyanzusammensetzung (WILD)

Anlage 3.14:

Anthocyangehalte



Abb.26: Violett fleischige Extrakte und Gehalte (WILD)



Abb. 27: *Unbekannte Schwarze*, Anthocyangehalte (WILD)

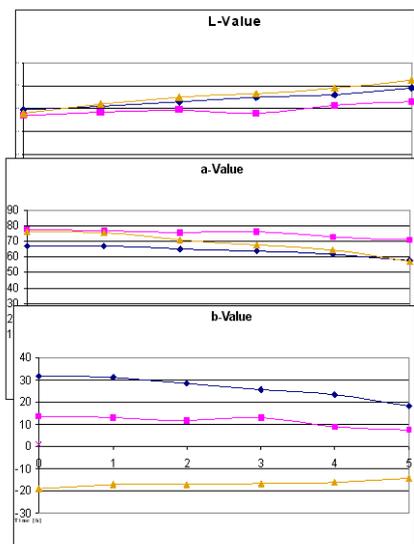
Die Strukturen der Anthocyane aus *Violettfleischige* wurden mit HPLC-MS als ein Gemisch der 3-O-p-coumaroylrutinosid-5-O-glucoside des Petunidins und Peonidins im Verhältnis 2:1 bestimmt. In den Kartoffeln sind die Strukturen der Anthocyane herkunftsspezifisch wie die Ergebnisse durchgeführter HPLC-Fingerprints zeigen¹⁰⁾. Die HPLC zeigt, dass die rotschalige *Linzer Rose* und die *Blauen Schweden* dieselbe Anthocyanzusammensetzung haben, die *Violettfleischige* aber eine andere Konzentrationsverteilung aufweist.¹⁾

Die Lichtecktheit der Kartoffelextrakte ist hervorragend und besser als bei „*Schwarzer Karotte*“ und Holunder. Im Lichtstresstest war ein Extrakt aus der Sorte *Unbekannte Schwarze* bei maximaler Bestrahlungsstärke (765 Watt/m²) vergleichbar stabil wie Extrakte aus *Schwarzer Karotte* und Rotkohl.^{d)}

Der Farbverlust des Extraktes aus „*Blaue Schweden*“ und der „*Violettfleischigen*“ im Lichtstresstest war mit 5% deutlich schwächer als z.B. bei Holunder und Aronia die beide etwa 40% der Farbe verloren hatten und auch bei „*Schwarze Karotte*“ die 20% der Farbe verloren hatte. Jedoch ist die Langzeitstabilität der Kartoffelextrakte in flüssigen Anwendungen deutlich geringer als bei Holunder und „*Schwarzer Karotte*“. Kartoffelextrakte verlieren etwa 4 mal so schnell die Farbe.

Anlage 3.12: Vergleichende Qualitätsbestimmung mit Lichtstresstests

Color Stability in Sun-Test



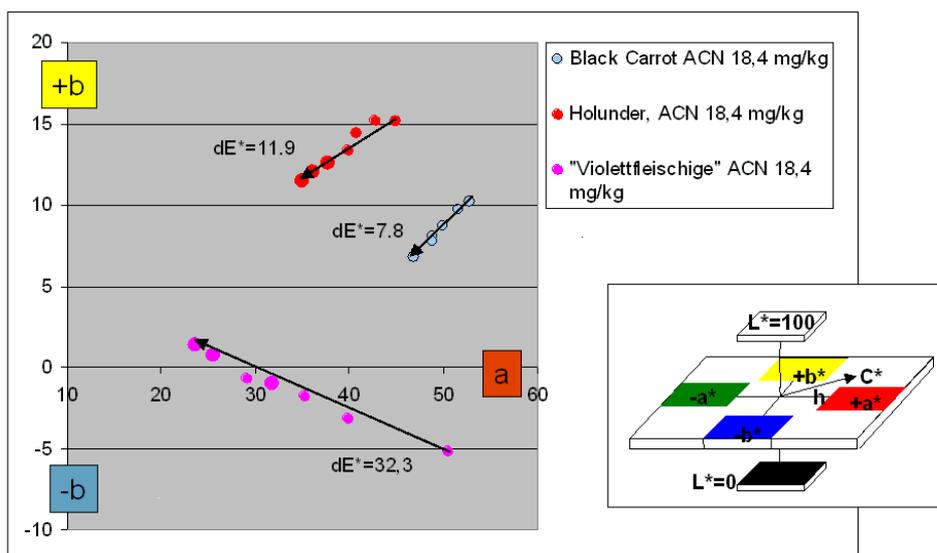
- orange: Blaue Schweden
 - pink: Rotkohl-Extrakt
 - blau: Extrakt der Schwarzen Karotte
- results:
 - very good stability of potato extract.
 - No visible difference in color degradation in comparison with other vegetables
- conditions:
 - Atlas Suntester CP, 750 W/m², Tageslichtspektrum, Reagenzgläser, Lösung pH3.0

FAPE06-46 rev.31Jan03 by Christiansen



Abb.28: Farbstabilität im Suntest (WILD)

Temperatur-Stabilität



Citric acid/citrate buffer pH 2.0, 90°C, Δt=30min

FAPE06-71 rev.21June04 by Christiansen



Abb.29: Temperaturstabilität verschiedener Extrakte im Vergleich (WILD)

Im direkten Vergleich mit *Schwarzer Karotte* ist der Kartoffelextrakt zu wenig farbintensiv. Da die *Violettfleischige* hinsichtlich des Anthocyangehaltes und der Kosten interessant scheint wurde der optische Eindruck mit *Schwarzer Karotte* verglichen. Die *schwarze Karotte* ist mehr rot als pink. *Schwarze Karotte* (9 g/kg bei 60°Bx) und *Violettfleischige* (3,4 g/kg bei 60°Bx) geben auch bei angepaßtem Anthocyangehalt in der Ausmischung nicht eine ähnliche Farbintensität wieder. Erst bei höherer Dosage des Kartoffelextraktes kommt die Farbe wieder hervor.

Um im Schalenbereich deutlich erhöhte Anthocyangehalte nutzbar zu machen, muss enzymatischen Abbaureaktionen (Polyphenoloxidaseaktivitäten) durch Stabilisierung der Schalen sofort nach dem Schnitt in Lösungsmittel oder geschwefelter Lösung vorgebeugt werden. In mehreren Anwendungsversuchen ließen sich die Schalen so vollständig entfärben, eine mikrobielle Kontamination wurde nicht beobachtet. Die Erhöhung der Farbausbeute mittels derartiger Vorbearbeitung ist stark von den verfahrenstechnischen Möglichkeiten (Schälmaschinen und Schalenseparation) abhängig.ⁱ Technische Optimierungen sind durchaus denkbar, konnten aber bei den eigenen Versuchen noch nicht erreicht werden.ⁱⁱ Bei Dampfschälungⁱⁱⁱ wurde eine Verbesserung des Farbgehaltes auf 2,3 gAnthocyane/kgExtraktkonzentrat bei 60° Bx erzielt, damit wurde ¼ des angestrebten Mindestgehaltes von ca 8 gAnthocyane/kgExtraktkonzentrat erreicht.

Eine Verwertung farbiger Kartoffeln als handelsübliche Schälware würde einen ausreichenden Schalenanfall sicherstellen. Bei Beherrschung der erwähnten technischen Bedingungen würden damit voraussichtlich die Rohstoffkosten weiter reduziert und höhere Ausgangskonzentrationen erreicht werden.

Von angefertigten Extrakten wird Klarheit, Licht- und Trübstabilität sowie eine Mindestbeständigkeit bei üblichen Lagerbedingungen (Temperatur) erwartet. Die durchgeführten Extraktionsversuche zeigten jedoch einige besondere Schwierigkeiten auf:

- a) Die Extraktion muss unter 50 °C durchgeführt werden, um ein Gelieren der Stärke zu vermeiden.
- b) Die zugesetzte Extraktionsmittelmenge ist mindestens doppelt so groß wie die Kartoffelmenge. Dies führt zu einer Rohextraktmenge, die etwa 5 mal so groß ist wie von Holunder und doppelt so hoch von „*Schwarze Karotte*“.
- c) Mit bis zu 1,6 gAnthocyane/kgFrischkartoffel für die „*Violettfleischigen*“ ist der Anthocyangehalt in der Kartoffel nur etwa 1/5 so hoch wie für Holunderbeeren. Zudem ist die extrahierbare Trockenmasse aus der Kartoffel sehr niedrig, was zwar dem Anthocyangehalt im Extrakt zugute kommen sollte, jedoch hohen Materialfluss bedingt. Die Produktion je Kilogramm Farbkonzentrat verlangt dreimal so viel Rohmaterial wie für Holunder und 1/3 mehr als für „*Schwarze Karotte*“. Zudem wird 10 mal so viel Kartoffeltrester entsorgt wie bei Holunder oder „*Schwarzer Karotte*“.
- d) Der hohe Produktionsaufwand an Farbkonzentrat belastet damit die Herstellungskosten trotz relativ geringer Rohwarekosten.
- e) Während der Extraktkonzentratgewinnung in produktionsnahen Verfahren gehen auf Grund der thermischen Belastung sehr viele Anthocyane verloren. Entsprechend streute der

Farbgehalt im Konzentrat von 2-9 g_{Anthocyane}/kg_{Extraktkonzentrat} bei 65° Bx und erreichte nur im Ausnahmefall den Zielwert von 8-9 g/kg. Patent US6180154B1 beschreibt die Extraktion von Anthocyanen aus verschiedenen Kartoffelsorten unter Berücksichtigung von problematischen Kartoffelinhaltsstoffen wie Alkaloiden, Stärke und PPO. Jedoch hatte die Deaktivierung der PPO durch Blanchieren und das Abtrennen von Alkaloiden über einen basischen Zwischenschritt hohe Anthocyanverluste zur Folge. Die Abtrennung der Stärke durch Ausgelieren ließ sich nicht nachvollziehen.^{e)}

f) Mit den Extrakten wurden Standtests durchgeführt. In Ausmischungen zeigte sich dabei (1%ig in Softdrink-Medium) eine starke Trübung, die verbunden mit der Bildung eines dünnen weißen Bodensatzes die Verwendung der Extrakte unmöglich machte. Durch Enzymierung des Extraktes konnte die Trübung nicht verhindert werden.^{e)} Weder mit einer schwefelsauren Extraktion noch mit einer Lösungsmittlextraktion gelang es, das gewünschte trubstabile Extraktkonzentrat zu erhalten. Ausfallende Stärke sorgte beständig für starke Nachtrübungen.

g) Die Extraktion gefriergetrockneter Kartoffeln ist zwar effektiv, die Vorbehandlung ist aber mit erheblichen Mehrkosten verbunden.

Konzentrationsanreicherung über Vorverarbeitung:

Mit farbstoffhaltigen Kartoffeln werden grundsätzlich zwar hohe Flächenerträge an Anthocyanen erzielt, die Konzentration in der Frischmasse bleibt allerdings aufgrund des geringen extrahierbaren Trockenmassegehalts von Kartoffeln und der geringen Gesamtkonzentration von Anthocyanen auch in der Trockenmasse hinter vergleichbaren Rohstoffen zurück. Um die nachfolgende Extraktion wirtschaftlicher zu gestalten, ist daher die Aufmerksamkeit auf effektive Vorbehandlungen mit dem Ziel der Konzentrationsanreicherung zu richten. Bei der kommerziellen Kartoffelschälung finden verschiedene Verfahren Anwendung: Nass- bzw. Messertrockenschälung sowie thermische Behandlung in Form von Dampfschälung. Von den mechanischen Verfahren sind nur Messerschälverfahren zur Gewinnung von Schälabfällen zur Weiterverwertung brauchbar. Abhängig von Knollenform und -größe beträgt die Schälausbeute etwa 30% des Rohwareneinsatzes, für die Praxis sind der Literatur auch Angaben von nur 50-60% Ausbeute, entsprechend 40-50% Schälabfall zu entnehmen. Abhängig davon errechnet sich die beabsichtigte Anreicherung von Anthocyanen aufgrund höherer Gehalte im dünnen Schalenbereich. Neue, in Entwicklung begriffene Techniken lassen u.U. eine exaktere Separation zu. Unabhängig gilt es den Schälabfall schnellstmöglich einer Stabilisierung durch Einsäuerung zu unterziehen um die rasch einsetzenden oxidativ-enzymatischen Abbauprozesse zu unterbinden. So wurden in einem Verarbeitungsversuch wurden 25 kg *Blaue Schweden* in einer Messerschälmaschine^{iv} geschält und wässrig/zitronensaure Extrakte aus Schale und Knollen hergestellt. Dabei konnten nur schwachfarbige Extrakte erhalten bleiben. Im Vergleich zur Laborextraktion reduzierte sich die Anthocyanausbeute auf unter 50%.^{f)} Mit einem etwas modifizierten Folgeversuch wurde ein Extrakt mit einem Anthocyanengehalt von 710 mg/Kg bei 63,5°Bx erzielt, insgesamt aber konnte nur 1/5 der Farbe aus den Schalen gewonnen werden.^{g)}

Entsprechende Umrüstungen bzw. individuelle Veränderungen bei den kommerziell gebräuchlichen Schältechniken stellen also Grundvoraussetzungen dar. Um die o.g. Qualitätsminderungen zu vermeiden und die Ausbeuteverluste zu reduzieren, wurde bei den durchgeführten Schälversuchen eine Stabilisierung durch manuelle Zugabe von Säuerungsmittel vorgenommen. Tatsächlich ermöglichen verschiedene Neuentwicklungen im technischen Bereich u.U. eine verbesserte Separation: z.B. Planschäler⁷⁹⁾ und in der Prozessführung verbesserte Karborundschäler⁵⁷⁾⁶⁷⁾. Damit sollte sich die im Labor durch Handschälung erreichte 10%ige Schalenseparation mit entsprechend optimierter Aufkonzentration auf max. 30% verbessern lassen. Neben den maschinellen Anforderungen spielen aber auch züchterische Aspekte bezüglich dem Durchfärbegrad sowie der Knollenform und dem damit verbundenen Schälverhalten eine Rolle. Mit dem prozentualen Anstieg des Schälabfalls verbindet sich im allgemeinen eine Konzentrationsverringerung des Pigmentgehalts zwischen Schalenfraktion und Schälknolle. Für die Laboranalysen wurde die Schalenfraktion i.a. auf 10-15% Anteil bestimmt aus der Literatur liegen teilweise sehr hohe Angaben zur Schalenkonzentration vor. So erwähnen LEWIS et. al. Gehalte von bis zu 7 g/kg Schale.³⁵⁾ Möglicherweise ist dies auf eine sehr exakte, nur unter Laborbedingungen mögliche Schalenabnahme zurückzuführen. Tatsächlich nehmen in allen untersuchten Herkünften die Pigmentgehalte vom Schalenrand zum Nährgewebe rasch ab.

Die Praktikabilität von Dampfschälung wurde unter Mithilfe eines kommerziellen Kartoffelgroßverarbeiters (Hagenow, Mecklenburg-Vorpommern) erprobt. In einem Anwendungsversuch wurden 50 kg der Kartoffelsorte *Blaue Schweden* in einem Dampfschäler verarbeitet. Nach einer sehr kurzen Schälzeit konnte man sehr dünne Schälreste gewinnen. Die Lösung nahm sehr schnell schon die Pinkfarbe an. Daraus entstand ein Extrakt mit einem Anthocyangehalt von 2,265 g/kg bei 60°Bx. Allerdings bildete sich innerhalb kürzester Zeit ein Niederschlag, der auch bei nochmaliger Bearbeitung des Extraktes nicht entfernt werden konnte. Dampfschälung bedeutet Hitzebehandlung der Rohware im Temperaturbereich über 100°C. Nach eigenen wie auch Literaturangaben wird dadurch zumindest ein Teil der Inhaltsstoffe zerstört bzw. irreparabel verändert.¹⁹⁾²⁰⁾²⁷⁾ Kartoffelanthocyane scheinen demzufolge für diese Art der Vorverarbeitung ungeeignet.

Produktions-Kostenschätzung

Die abzuschätzenden Fertigungskosten für einen Extrakt aus Kartoffel oder Kartoffelschale erweisen sich abhängig vom Anthocyangehalt in der Frischmasse und den Anlagenbedingungen bisher deutlich höher als für übliche Beerenextrakte. Dabei stellen nicht die eigentlichen Rohstoffkosten bezogen auf den Anthocyangehalt das Problem dar. Ursache sind vielmehr die ungünstigen Volumenverhältnisse und ein zu geringer Farbgehalt im Rohstoff im Verhältnis zur extrahierbaren Trockenmasse. Es müssen ungewöhnlich hohe Volumen an Extraktionsmittel zur Extraktion verhältnismäßig kleiner Mengen Anthocyane eingesetzt werden. In Auswertung der ersten Anwendungsversuche mit niedrig konzentrierten Herkünften wie *Blaue Schweden* (~0,1 g/kg FM) würden die Produktionskosten den Marktpreis für das eingeführte Produkt *Schwarze Karotte-Extrakt*

übersteigen^{f)}. Verfügt man über wesentlich höher konzentrierte Herkünfte (*Violettfleischige* mit 0,9 – 1,6 g/kg FM) wären die aus dem Laborversuch hochgerechneten Herstellkosten des Extraktes aus der Knolle durchaus marktfähig sofern die Färbekraft vergleichbar wäre.

Mit der Qualitätsprüfung des erweiterten Genpools aus 2002 wurden Herkünfte identifiziert die sich im Anthocyangehalt in der Größenordnung wie andere Gemüse (um 1g/kg Frischgewicht) darstellen. Diese erfolgversprechenden Herkünfte wurden bezüglich unterschiedlicher Möglichkeiten zur Herstellung der Extraktkonzentrate verglichen. Als Qualitätsmerkmale der daraus entstehenden Produkte galten: Anthocyangehalt, Trub, Trubstabilität im Konzentrat und der Ausmischung, pH-Wert, Titer, Brix. .

In den Anwendungsversuchen ist es nicht gelungen den gewünschten farbintensiven, trubstabilen Extrakt zu gewinnen, allerdings lässt der Pigmentgehalt in der Knolle eine wirtschaftliche Extraktion zu.

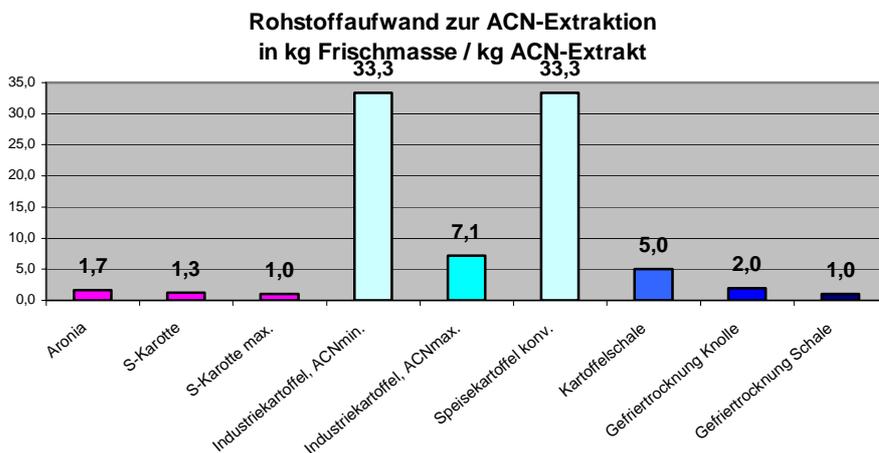


Abb. 30: Rohstoffaufwand zur ACN-Extraktion (LAGS, WILD)

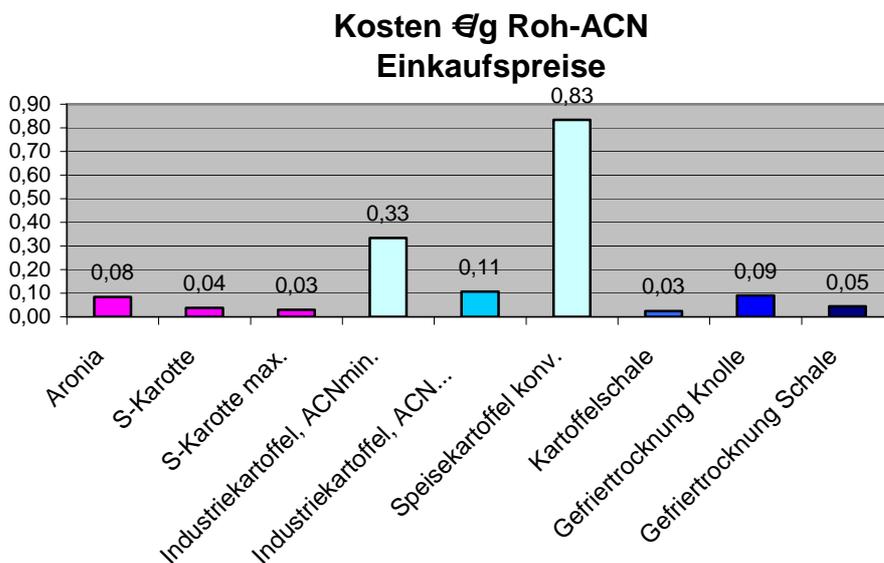


Abb.31: Kosten Roh-ACN per Bezugspreise Rohware (LAGS, WILD)

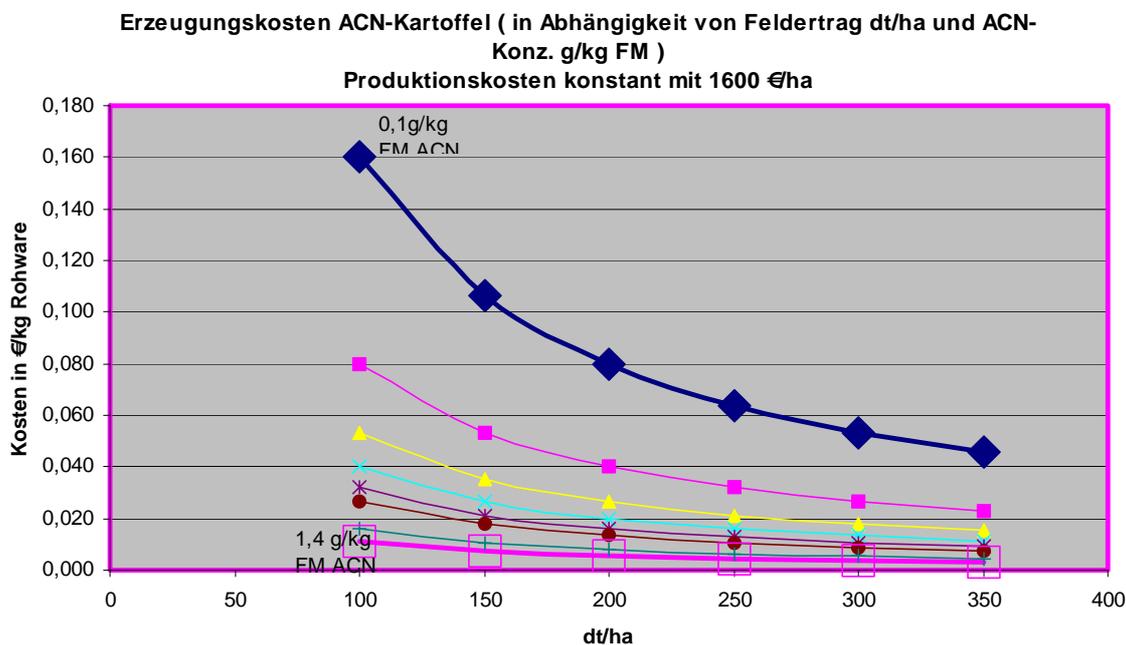


Abb. 32: Erzeugungskosten von ACN-Kartoffeln in Abhängigkeit von Feldertrag und ACN-Gehalt (LAGS)

Eine Zunahme des Feldertrags verringert die Produktionskosten von Anthocyanen in der Rohware. Übliche Mindesterträge für extensive Produktion vorausgesetzt, ist die Anthocyanerzeugung aus Kartoffeln ausgesprochen preiswert sofern man als

Kalkulationskosten die Preisnotierungen für Industrieware ansetzt. Nach den Ergebnissen der Anbauversuche reagieren hoch anthocyanhaltige Sorten wenig auf die Anbauintensität. Die durch Pflanzgut, Arbeitsaufwand und Maschinenkosten bestimmten Produktionskosten sind damit weitgehend fixiert. Bei derzeit möglichen besseren Erlösen über den Direktabsatz vor allem bei biologischer Erzeugung ist die industrielle Verwertung zur Farbextraktion für landwirtschaftliche Produzenten bei kleineren Kartoffelmengen wenig lukrativ. Ein durchaus attraktiver Kompromiß stellt die Doppelnutzung von Farbkartoffeln auf der Grundlage höherpreisiger geschälter Speiseware und paralleler Nutzung des Schalenanfalls dar. Eine derartige Verfahrenskopplung würde besonders perspektivisch den optimalen Gewinnertrag für alle Partner –Rohproduzent und beide Verarbeiter- erbringen, stellt aber hohe Anforderungen an deren Kooperationsfähigkeit und erfordert Anpassungen im Verarbeitungsprozess um den jeweiligen Qualitätsanforderungen gerecht zu werden. Berücksichtigt man die technischen Extraktionsprobleme erscheinen Kartoffeln daher nur bei vorhergehender Verarbeitung in Form von Gefriertrocknung interessant. Die damit verbundenen Zusatzkosten (Gefriertrocknung mit 30 €/dt lt. Marktangaben, Ansatz von Qualitätsspeisekartoffelpreisen) machen sich aber deutlich bei den Bezugskosten bemerkbar. In einer Modellrechnung werden für Kartoffel $2g_{ACN}/kg_{FM}$ bei $20€/100kg_{FM}$ angesetzt. Daraus errechnet sich ein Rohstoffpreis von $0,10€/g_{ACN}$. Nach Gefriertrocknung von 4 kg Kartoffeln zu $0,30 €/kg_{FM}$ erhält man bei einem ermittelten 25% Trockenmasseanteil ein Kilo in Pulver mit $8g_{ACN}/kg_{TM}$ dessen Trocknungskosten $1,20€/kg_{TM}$ betragen. Damit entstehen durch die Trocknung für die Anthocyane Zusatzkosten von $0,15€/g_{ACN}$. Andererseits wird die Massenbilanz durch die Vorbehandlung positiv beeinflusst. Damit könnten sich bei entsprechender Vorverarbeitung Kartoffelanthocyane hinsichtlich Massenbilanzen und Anthocyankosten in der Rohware als vergleichbar zu etablierten Rohstoffen präsentieren.

III. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde ein repräsentativer Genpool farbfleischiger und farbschaliger Kulturkartoffeln aus Genbanken und privaten Sammlungen beschafft und einer eingehenden Feldprüfung auf Anbautauglichkeit, Ertragspotential, Krankheitsverhalten und Verfahrenseinfluß unterzogen. Ziel war es geeignete Herkünfte mit hoher Pigmentkonzentration sowie hohem Massen- und Pigmentertrag zu identifizieren. Weiter sollten züchterische Verbesserungen zur Optimierung von Anthocyanengehalt, Anbauverhalten, Ertrag und Verwertbarkeit erreicht werden. Mit erfolgreich evaluierten Herkünften sollten Testextrakte hergestellt, eine auch wirtschaftlich durchführbare Aufschlußmethode entwickelt und eine wirtschaftliche Opportunitätsbetrachtung gegenüber anderen konkurrierenden Rohstoffen vorgenommen werden.

Von über 60 Herkünften beschafften Herkünften wurden Duplikate ausgeschieden und 26 Herkünften einer eingehenden Anbauprüfung unterzogen. Es bestand eine weite Variation in den Anthocyangehalten und bei weiteren Anbaumerkmalen. Bei Anwendungsversuchen mit

den in Ertrag und realisierbarem Anthocyangehalt aussichtsreichsten Stämmen traten verschiedene Schwierigkeiten auf: Mangelnde Gehalte an Farbpigment erforderten einen besonderen Extraktionsaufwand und wirtschaftlich betrachtet ergab sich ein ausgesprochen ungünstiges Verhältnis von Rohstoffeinsatz zu Extraktertrag und Produktionszeit. Erst hoch anthocyanhaltige Herkünfte ab $1\text{g}_{\text{ACN}}/\text{kg}_{\text{FM}}$ in Kombination mit einer Gefriertrocknung als erstem Konzentrationsschritt versprechen eine wirtschaftliche Extraktproduktion. Im Genpool liegen einige wenige derartige Herkünfte vor, züchterische Verbesserungen des Gehalts aufgrund vorhandener hoher Variationsbreite erscheint möglich. Es wurden verschiedene Extraktionsverfahren entwickelt mit beabsichtigt universellem Einsatzbereich im Food- und Non-Foodbereich. Probleme bereiteten die gelierenden Eigenschaften der Stärke bei höheren Temperaturen und die PPO-Aktivität, welche zur Bräunung der Extrakte führt.^{a)b)} Es gelang nur unter erheblichen Anstrengungen den gewünschten trubstabilen klaren Extrakt herzustellen da der hohe Stärkeanteil im Extrakt immer für Nachtrübungen sorgte.

Im Vergleich mit anderen Ausgangsstoffen wiesen Kartoffelanthocyanextrakte eine besondere Lichtstabilität und eine besondere Farbnote auf. In der Herstellung sind Anthocyane aus Kartoffel relativ temperaturempfindlich und vorhandene Enzyme führen ohne besondere Vorsorge zu raschem Anthocyanabbau und damit Ausbeuteverlusten. Für eine wirtschaftlich interessanten Verwertung von Anthocyanen aus Kartoffeln müssen ausreichende Mindeststoffgehalte sowohl durch züchterische Verbesserung wie gegebenenfalls durch entsprechende Vorverarbeitung gesichert werden. In entsprechenden Anwendungsversuchen wurden dies mittels Schältests und Gefriertrocknung an Probematerial vorgeführt.

Eine stoffliche Charakteristik des untersuchten Genpools wurde umfassend vorgenommen. Neben der Bestimmung von Anthocyangehalten und deren Zusammensetzung wurden Glycoalkaloidgehalte, Stärke- und Proteinanteil, Trockenmasseanteil und PPO-Aktivitäten untersucht. Agronomische Daten wurden über drei Anbaujahre an verschiedenen Standorten aufgenommen und ausgewertet.

Als grundlegende Probleme einer wirtschaftlich orientierten Verwertung wurden die dennoch relativ geringen Grundgehalte und der damit verbundene Massendurchsatz zur Extraktion, der hohe Prozesszeitbedarf und die damit verbundene, kapitalintensive Anlagenbeanspruchung diskutiert. Neben den zu Anbeginn verfolgten Ansätzen einer verarbeitungsbedingten Konzentrationsanreicherung mittels Schälverfahren wurden weitere Alternativen in Form von Gefriertrocknung im Labormaßstab verfolgt. Parallel bekannte Forschungen und Entwicklung im Prozessverfahrensbereich wurden ebenfalls betrachtet.

Es wurden wesentliche züchterische Verbesserungen durch Kreuzungsstämmen in Farbgehalt, regelmäßiger Ausprägung und in weiteren agronomischen Merkmalen erreicht.

a)b)

IV. LITERATUR

1	Abdel-Aal, E.-S. M. and Hucl, P	Composition and Stability of Anthocyanins in Blue-Grained Wheat. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51(8):2174-2180. 2003
2	Alefeld, F.	Landwirtschaftliche Flora. Verlag Wiegand und Hempel, Berlin. 1866:
3	Andersen, Ø. M., Aksnes, D. W., Nerdal, W., and Johansen, O.-P.	Structure Elucidation of Cyanidin-3-sambubioside and Assignments of the ¹ H and ¹³ C NMR Resonances through Two-dimensional Shift-correlated NMR Techniques. <i>Phytochemical Analysis</i> 2:175-183. 1991
4	Andersen, Ø. M., Opheim, S., Aksnes, D. W., and Frøystein, N. Å.	Structure of Petanin, an Acylated Anthocyanin Isolated from <i>Solanum tuberosum</i> , using Homo- and Hetero- nuclear Two-dimensional Nuclear Magnetic Resonance Techniques. <i>Phytochemical Analysis</i> 2:230-236. 1991
5	Cheminat, A., Zawatzky, R., Becker, H., and Brouillard, R.1988	Caffeoyl conjugates from <i>Echinacea</i> species: structures and biological activity. <i>Phytochemistry</i> 27(9):2787-2794.
6	Cheng, Jp; Saunders, Ja; Sinden, Sl	Colorado potato beetle resistant somatic hybrid potato plants produced via protoplast electrofusion.in vitro cell. Dev. Biol.-plant 31 (1995) 2, s. 90-95
7	Collins, A. R. and Harrington, V	Antioxidants; not the only reason to eat fruit and vegetables. <i>Phytochemistry Reviews</i> 1:167-174. 2002
8	De Jong, H	Inheritance of anthocyanin pigmentation in the cultivated potato: a critical review. Am. Potato J. 68:585-591. 1991.
9	De Jong, H; Burns, Vj	Inheritance of tuber shape in cultivated diploid potatoes. Am. Potato j. 70 (1993) 3, s. 267-282
10	Eichhorn S., P. Winterhalter,	Acylierte Anthocyane in Kartoffeln (<i>Solanum tuberosum</i>). Isolierung mittels Countercurrent Chromatography, Poster Lebensmittelchemiker-Tagung 2003
11	EU Commission Directive 94/36, 95/45/EC	laying down specific purity criteria concerning colours for use in foodstuffs, Richtlinie 94/36/EG des Europäischen Parlaments über Farbstoffe, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen.
12	Filmore, D.	HSCCC and natural food pigments. <i>Today's</i>

		<i>Chemist at Work</i> 10(7):21-22, 24. 2001
13	Flynn D., Osborne B., Clabby G.	Variation in photosynthesis, yield and resource use of old and modern varieties of potato (<i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>Tuberosum</i>), Aspects of applied Biology 52 Dublin 1998
14	Fossen, T. and Andersen, Ø. M	Anthocyanins from tubers and shoots of the purple potato, <i>Solanum tuberosum</i> . <i>Journal of Horticultural Science and Biotechnology</i> 75(3):360-363. 2000
15	Fossen, T., Øvstedal, D. O., Slimestad, R., and Andersen, Ø. M.	Anthocyanins from a Norwegian potato cultivar. <i>Food Chemistry</i> 81:433-437. 2003
16	Fossen, T., Slimestad, R., Øvstedal, D. O., and Andersen, Ø. M	Anthocyanins of grasses. <i>Biochemical Systematics and Ecology</i> 30(9):855-864. 2002
17	Frank, J., Kamal-Eldin, A., Lundh, T., Määttä, K., Törrönen, R., and Vessby, B	Effects of Dietary Anthocyanins on Tocopherols and Lipids in Rats. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 2002
18	Fuleki, T.; Francis, F.J.	Quantitative Methods for Anthocyanins. 1. Extraction and Determination of Total Anthocyanin in Cranberries. <i>Journal of food science</i> 33, 72-77(1968):
19	Giusti, M. M., Rodríguez-Saona, L. E., Baggett, J. R., Reed, G. L., Durst, R. W., and Wrolstad, R. E	Anthocyanin Pigment Composition of Red Radish Cultivars as Potential Food Colorants. <i>Journal of Food Science</i> 63(2):219-224. 50(25):7226,7230. 1998
20	Giusti, M. M.	Applications of Acylated Anthocyanins as Natural Food Colourants. <i>Business Briefing: Innovative Food Ingredients</i> 45-48. 2002
21	Giusti, MM; Rodriguez-Saona, LE; Wrolstad, RE	Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated pelargonidin-based anthocyanins. <i>J. Agric. Food Chem.</i> 47 (1999) 11, S. 4631-4637
22	Grassert, V.; Lellbach, H.	Untersuchungen des Glykoalkaloidgehaltes von Kartoffelhybriden mit Resistenz gegen die Kartoffelnematoden <i>Globodera rostochiensis</i> und <i>Globodera pallida</i> . <i>Biochem. Physiol. Pflanzen</i> 182, 473-479(1987):
23	Hamester W., & Hils U.	Weltkatalog der Kartoffelsorten 2003 Agrimedia, 2003
24	Harborne, J. B.	The structure of acylated anthocyanins.

		<i>Phytochemistry</i> 3:151-160. 1964
25	Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W., and Kitts, D. D.	Black Rice (<i>Oryza sativa</i> L. <i>indica</i>) Pigmented Fraction Suppresses both Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide in Chemical and Biological Model Systems. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51(18):5271-5277. 2003
26	Hung, CY; Murray, JR; Ohmann, SM; Tong, CBS	Anthocyanin accumulation during potato tuber development. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 122 (1997) 1, S. 20-23
27	Ishii, G; Mori, M; Umemura, Y	Antioxidative activity and food chemical properties of anthocyanins from the colored tuber flesh of potatoes. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 43 (1996) 8, S. 962-966
28	Ishii, G; Mori, M; Umemura, Y; Takigawa, S; Tahara, S	The structure of red and purple anthocyanins and their production in colored tuber flesh of diploid potatoes, <i>Solanum tuberosum</i> L.. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 43 (1996) 8, S. 887-895
29	Jadari, R; Sihachakr, D; Rossignol, L; Ducreux, G	Transfer of resistance to verticillium-dahliae kleb from solanum-torvum sw into potato (<i>solanum-tuberosum</i> l) by protoplast electrofusion. Euphytica 64 (1992) 1-2, s. 39-47
30	Jansen, G.; Flamme, W.	Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Analyse der Rohstoff- und Stärkequalität von Kartoffelbasis- und Zuchtmaterial sowie genetischer Ressourcen. BAZ-Abschlussbericht 3319(1998):
31	Jansen, G.; Flamme, W.; Schüler, K.; Vandrey, M.	Tuber and starch quality of wild and cultivated potato species and cultivars. <i>Potato Research</i> 44, 137-146(2001)
32	Jockusch	<i>Phytopathol. Z.</i> 55, 185-192(1966):
33	Kahkonen, MP; Hopia, AI; Vuorela, HJ; Rauha, JP; Pihlaja, K; Kujala, TS; Heinonen, M	Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47 (1999) 10, S. 3954-3962
34	Lewis, C.E.; Walker, J.R.L.; Lancaster, J.E.	Changes in anthocyanin, flavonoid and phenolic acid concentrations during development and storage of coloured potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) tubers. <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> 79, 311-316(1999)
35	Lewis, C. E., Walker, J. R. L.,	Determination of Anthocyanins, Flavonoids and

	Lancaster, J. E., and Sutton, K. H.	Phenolic Acids in Potatoes. I: Coloured Cultivars of <i>Solanum tuberosum</i> L. <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> 77:45-47. 1998
36	Lewis, C. E., Walker, J. R. L., Lancaster, J. E., and Sutton, K. H.	Determination of Anthocyanins, Flavonoids and Phenolic Acids in Potatoes. II: Wild, Tuberous <i>Solanum</i> Species 1998
37	Lewis, CE; Walker, JRL; Lancaster, JE; Sutton, KH	Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. II: Wild, tuberous <i>Solanum</i> species. <i>J. Sci. Food Agric.</i> 77 (1998) 1, S. 58-63
38	Lewis, CE; Walker, JRL; Lancaster, JE; Conner, AJ	Light regulation of anthocyanin, flavonoid and phenolic acid biosynthesis in potato minitubers in vitro. <i>Aust. J. Plant Physiol.</i> 25 (1998) 8, S. 915-922
39	Marakakis P	Anthocyanins as Food Colors ISBN 0-12-472550-3. 1982,
40	Mazza G., E. Minatti	Anthocyanins in Fruits Vegetables and Grains, ISBN 0-8493-0172-6. 1993,
41	McGhie, T. K., Ainge, G. D., Barnett, L. E., Cooney, J. M., and Jensen, D. J	Anthocyanin Glycosides from Berry Fruit Are Absorbed and Excreted Unmetabolized by Both Humans and Rats. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51(16):4539-4548. 2003
42	Miyazaki, T., W. Tsuzuki and T. Suzuki.	Composition and structure of anthocyanins in the periderm and flesh of sweet potatoes. <i>J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.</i> 60:217-220. <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> 77:58-63. 1991.
43		
44	Möllers, C; Wenzel, G	Somatic hybridization of dihaploid potato protoplasts as a tool for potato breeding. <i>Bot. Acta</i> 105 (1992) 3, s. 133-139
45	Moreno, DA; Hernandez, J; Castilla, N; Romero, L	Optimum range in leaves of potato grown under plastic mulches: IF. Bioindicators of macronutrients. <i>Phyton-Int. J. Exp. Bot.</i> 64 (1999) 1-2, S. 73-77
46	Nagata, T., Todoriki, S., Masumizu, T., Suda, I., Furuta, S., Du, Z., and Kikuchi, S.	Levels of Active Oxygen Species Are Controlled by Ascorbic Acid and Anthocyanin in <i>Arabidopsis</i> . <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51(10):2992-2999. 2003
47	Naito, K., Umemura, Y., Mori, M., Sumida, T., Okada, T., Takamatsu, N., Okawa, Y., Hayashi, K., Saito, N., and	Acylated pelargonidin glycosides from a red potato. <i>Phytochemistry</i> 47(1):109-112. 1998

	Honda, T	
48	Nelson, AJ; Bushnell, WR	Transient expression of anthocyanin genes in barley epidermal cells: Potential for use in evaluation of disease response genes. Transgenic Res. 6 (1997) 3, S. 233-244
49	Nerdal, W; Andersen, OM	Intermolecular aromatic acid association of an anthocyanin (petanin) evidenced by 2-dimensional nuclear overhauser enhancement nuclear-magnetic-resonance experiments and distance geometry calculations. Phytochem. Anal. 3 (1992) 4, s. 182-189
50	Nerdal, W; Andersen, OM	Evidence for self-association of the anthocyanin petanin in acidified, methanolic solution using 2-dimensional nuclear overhauser enhancement nmr experiments and distance geometry calculations. Phytochem. Anal. 2 (1991) 6, S. 263-270
51	Oki, T., Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y., Terahara, N., and Suda, I.	Involvement of Anthocyanins and other Phenolic Compounds in Radical-Scavenging Activity of Purple-Fleshed Sweet Potato Cultivars. <i>Journal of Food Science</i> 67(5):1752-1756. 2002
52	Oleszek, W.	Dietary phytochemicals and human health. <i>Phytochemistry Reviews</i> 1:163-166. 2002
53	Pechanek U.	www.weltapotheke.at/html/body_holler.htm (2003):
54	Pedersen, A. T., Andersen, Ø. M., Aksnes, D. W., and Nerdal, W.	NMR of Anthocyanins: Assignments and Effects of Exchanging Aromatic Protons. <i>Magnetic Resonance in Chemistry</i> 31:972-976. 1993
55	Pelletier, MK; Murrell, JR; Shirley, BW	Characterization of flavonol synthase and leucoanthocyanidin dioxygenase genes in Arabidopsis - Further evidence for differential regulation of "early" and "late" genes. Plant Physiol. 113 (1997) 4, S. 1437-1445
56	Putsche Carl Wilhelm Ernst	Versuch einer Monographie der Kartoffeln ... nach ihrer Geschichte, Charakteristik, Cultur und Anwendung in Teutschland. Bearbeitet von C.W.E. Putsche und herausgegeben von F.J. Bertuch. Weimar, Verlag des Landes-Industrie-Comptoirs, 1819
57	Putz B.	Vorschälen frischer Kartoffeln im landwirtschaftlichen Betrieb Kartoffelbau 48. Jg. (6) 1997
58	Rathlef, H. V.	Die Stammtafeln des Weltsortiments des Kartoffel und ihre generativ fruchtbaren Sorten. Kühn-Archiv

		33:296-431. 1933.
59	Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evans, C.	Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. <i>Free Radical Biology and Medicine</i> 26(9-10):1231-1237. 1999
60	Reyes, L. F. and Cisneros-Zevallos, L.	Wounding Stress Increases the Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Purple-Flesh Potatoes (<i>Solanum tuberosum</i> L.). <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51(18):5296-5300. 2003
61	Rodríguez-Saona, L. E., Giusti, M. M., and Wrolstad, R. E.	Color and Pigment Stability of Red Radish and Red-Fleshed Potato Anthocyanins in Juice Model Systems. <i>Journal of Food Science</i> 64(3):451-456. 1999
62	Rodriguez-Saona, L. E., Wrolstad, R. E., and Pereira, C.	Glycoalkaloid Content and Anthocyanin Stability to Alkaline Treatment of Red-Fleshed Potato Extracts. <i>Journal of Food Science</i> 64(3):445-450. 1999
63	Rodriguez-Saona, L. E., Giusti, M. M., and Wrolstad, R. E.	Anthocyanin Pigment Composition of Red-Fleshed Potatoes. <i>Journal of Food Science</i> 63(3):458-465. 1998
64	Rumpunen, K; Henriksen, K	Phytochemical and morphological characterization of seventy-one cultivars and selections of culinary rhubarb (<i>Rheum</i> spp.). J. Horticult. Sci. Biotechnol. 74 (1999) 1, S. 13-18
65	Salaman, R. N.	Potato varieties. Cambridge, Universitu Press, 378 p. 1925.
66	Schick, Klinkowski	Die Kartoffel, Ein Handbuch, 2 Bd. Berlin 1961, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
67	Schumann P.,	Zum Einsatz von Kartoffelsorten in der gewerblichen Schälung Kartoffelbau 50. Jg. (4) 1999
68	Siebeneik H.	Die deutschen und ausländischen Kartoffelsorten 1947/48. Schriftenreihe für die Kartoffelwirtschaft. Heft 2 und 3 1948.
69	Schweppe, H.	Handbuch der Naturfarbstoffe, Vorkommen, Verwendung, Nachweis ecomed 1992, S. 394-406, ISBN 3-609-65130-X
70	Slimestad, R., Aaberg, A., and Andersen, Ø. M.	Acylated anthocyanins from petunia flowers. <i>Phytochemistry</i> 50:1081-1086. 1999.
71	Shenoy, V. R.	Anthocyanins – Prospective Food colours, <i>Current Science</i> , 64 (1992) 575-578
72	Stich, Dr.E. et.al.	www.exberry.com/exberry/d/news/reprints

73	Stobiecki, M., Matysiak-Kata, I., Frański, R., Skala, J., and Szopa, J.	Monitoring changes in anthocyanin and steroid alkaloid glycoside content in lines of transgenic potato plants using liquid chromatography/mass spectrometry. <i>Phytochemistry</i> 62:959-969. 2003
74	Suda, I., Oki, T., Masuda, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Matsugano, K., Sugita, K., and Terahara, N.	Direct Absorption of Acylated Anthocyanin in Purple-Fleshed Sweet Potato into Rats. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 50(6):1672-1676. 2002.
75	Torskangerpoll, K., Chou, E., and Andersen, Ø. M.	Separation of acylated anthocyanin pigments by high speed CCC. <i>Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies</i> 24(11-12):1791-1799. 2001
76	Vaneck, HJ; Jacobs, JME; Vandenberg, PMMM; Stiekema, WJ; Jacobsen, E	The inheritance of anthocyanin pigmentation in potato (<i>solanum-tuberosum</i> l) and mapping of tuber skin color loci using rflps. <i>Heredity</i> 73 (1994), s. 410-421
77	Vaneck, HJ; Jacobs, JME; Vandijk, J; Stiekema, WJ; Jacobsen, E	Identification and mapping of 3 flower color loci of potato (<i>solanum-tuberosum</i> l) by rflp analysis. <i>Theor. Appl. Genet.</i> 86 (1993) 2-3, s. 295-300
78	Watzl, B. and Rechkemmer, G. Miller, KD; Strommer, J; Taylor, LP	Conservation in divergent solanaceous species of the unique gene structure and enzyme activity of a gametophytically- expressed flavonol 3-O-galactosyltransferase. <i>Plant Mol.Biol.</i> 48 (2002) 3, S. 233-242
79	Winkelmann J., Fürrl Ch., Schlottmann G.	Planschäler, Mechanische Beanspruchung von kartoffeln beim Trockenschälen auf einem Planschäler <i>LANDTECHNIK</i> 4/1995
80	Wrolstad, RE; Giusti, MM; Rodriguez-Saona, LE	Anthocyanins from radishes and red-fleshed potatoes.. Abstr. Pap. Am. Chem. Soc. 218 (1999), S. 20-AGFD
81	Yanovsky, MJ; Alconada-Magliano, TM; Mazzella, MA; Gatz, C; Thomas, B; Casal, JJ	Phytochrome A affects stem growth, anthocyanin synthesis, sucrose-phosphate-synthase activity and neighbour detection in sunlight-grown potato. <i>Planta</i> 205 (1998) 2, S. 235-241
82	Zubko, MK; Schmeer, K; Glassgen, WE; Bayer, E; Seitz, HU	Selection of anthocyanin-accumulating potato (<i>solanum-tuberosum</i> l) cell-lines from calli derived from seedlings produced by gamma-irradiated seeds. <i>Plant cell reports</i> 12 (1993) 10, s. 555-558
83	http://www.naturfarben.de/	Firmenübersicht zu Non-Food-farben auf

		Naturstoffbasis
84	http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_10994.htm	<p>Anthocyanin extracts from colored potatoes: their potential use as commercial natural colorants</p> <p>L. F. REYES, Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University, Horticulture and Forest Science Bldg, Room 202, College Station, TX 77843 and L. A. Cisneros-Zevallos. Kurze Versuchsbeschreibung und Ergebnisse in Englisch von purple and red potato cultivars from Texas and Colorado. Ziel war es, den Ertrag pro Hektar von Anthocyaninen der Varietäten festzustellen und die Farbeigenschaften zu bewerten. (Annual meeting 2002)</p>
85	http://ift.confex.com/ift/2001/techprogram/paper_8502.htm	<p>Total phenolics and anthocyanin accumulation in colored potato varieties at different stages of tuber development.</p> <p>L. F. REYES¹, J. G. Loaiza, and L. Cisneros-Zevallos. (1) Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University, Horticulture and Forest Science Bldg, Room 202, College Station, TX 77843-2133 Annual meeting 2001. Diesmal Versuche mit purple, red and yellow flesh potatoes from texas and Colorado.</p>
86	http://www.tu-braunschweig.de/ilc/forschung/akw/projekte/abstract?lang=de	<p>Techn. Uni Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Kurzbeschreibungen von Projekten u.a. Farbpigmente in Rotwein Untersuchung der Alterungsvorgänge der Anthocyanine bei Säften und in Englisch: Isolation, Struktur und Charakterisierung von biol. Aktiven Anthocyanen in Gemüse unter Beachtung von in vivo und in vitro Studien.</p>
87	http://www.atlantis-pharm.com/ant.htm	<p>Nahrungsergänzungsmittelfirma, die u.a. auch die Bedeutung der Anthocyanine für die Ernährung erläutert. Das Produkt ist in Tablettenform erhältlich.</p>

88	http://www.uni-hohenheim.de/i3v/00068900/27838041.htm	Uni-Hohenheim. Verweis auf 2 Seiten in einem Tagungsband der dt. Gesellschaft für Qualitätsforschung über die Charakterisierung von anthocyan- und betalainhaltigen Lebensmittelfarbstoffe.
89	http://www.biosicherheit.de/kartoffeln/26.doku.html	Infoseite über die Kartoffel mit Diagrammen, die den Rückgang des dt. Kartoffelverzehr zeigen. Außerdem noch kartoffelig Geschichtliches und Gegenwärtiges.
90	http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/anderson/colourings.htm	Übersicht der Einstufung von Lebensmittelfarbstoffen
91	http://www.weide.info/toffi/kiss/acker/a_02.htm	Geschichte über die Entstehung der Kulturkartoffel mit Tabelle von Kultur- u. Wildarten und ihren Eigenschaften.
92	http://profood.ipk-gatersleben.de/	Eu-projekt 2002-2004, profood contract number: qlk1-ct-2001-01080
93	http://www.bilozir.net/true_blue_chips.htm	Anbieter von "Blue Chips" aus „True Blue Potatoes“, Alberta, Canada
94	http://www.bfernaehrung.de/Bfe-Deutsch/Institute/Iep/IEP01.pdf	Jahresbericht BFE 2001, Anthocyane und Polyphenole
95	http://www.sweetcom.de/cgi-bin/inhalt.pl?heft=01_10&nr=24	Färbende Lebensmittel – Fruchtpasten, Verarbeitung
96	http://www.jrt.gr.jp/sminie/panf/ayamuras.html	Süsskartoffelzüchtung, Anbaudaten, Beschreibungen
97	http://www.foodtech.uni-kiel.de/download/Stabil_von_Anth_Bericht.pdf	Hubbermann, Universität Kiel, Stabilisierung von Anthocyanen durch... (Forschungsbericht)
98	http://www.exberry.com/exberry/d/news/reprints_lt.html	LEBENSMITTEL TECHNIK April 2001 Die Kraft der Farben Neue Trends bei färbenden Lebensmitteln.
99	http://www.foodproductdesign.com/archive/1994/0394DE.html	Food product – natural food colours, Kuntze 1994
100	http://ss.knaes.affrc.go.jp/sporf/no01/contents.html	Sweet potato research KNAES Japan
101	http://www.2k-	Allgemeine Informationen zu Flavonoiden und

1	software.de/ingo/farbe/nflavon.html#anthosec	spezielle Verwendung zur Färbung
10 2	http://www.whc-service.de/index.html	Kommerzieller Anbieter von Nahrungsergänzungsmitteln: Polyphenole, Anthocyane
10 3	http://www.bcv.org/oz_02_09_03.html	Ostseezeitung v. 2.9.2003
10 4	http://www.tegut.com/cgi-bin/frame.asp?target=http://www.tegut.com/marktplatz/2316.html	Angebot blaufleischiger Kartoffeln im Lebensmitteleinzelhandel: Französische Kartoffelspezialitäten - purer Genuß - einfach edel und gut (TEGUT)
10 5	http://www.bfa-ernaehrung.de/Bfe-Deutsch/Information/pflanzenstoffe/artikel7.pdf	Anthocyane in „Basiswissen aktualisiert“, BFE Karlsruhe, WATZL et.al.
10 6	http://www2.uni-jena.de/biologie/ieu/vit97/bericht1.html	Symposium „Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung...“, Jena 1997
10 7	http://lpi.oregonstate.edu/ss01/anthocyanin.html	The Possible Health Benefits of Anthocyanin Pigments and Polyphenolics Wrolstad, Ronald E.Ph.D.
10 8	http://www.confex.com/ift/JFSonline6s83RAqM/abstracts/jfs64-445.htm	CITATION: Journal of Food Science, Vol. 64, No. 3, 1999 Glycoalkaloid Content and Anthocyanin Stability to Alkaline Treatment of Red-Fleshed Potato Extracts AUTHOR(S): L.E. Rodriguez-Saona, R.E. Wrolstad and C. Pereira
10 9	http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_10994.htm	Anthocyanin extracts from colored potatoes: their potential use as commercial natural colorants L. F. REYES, Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University, Horticulture and Forest Science Bldg, Room 202, College Station, TX 77843 and L. A. Cisneros-Zevallos.
11 0	http://ift.confex.com/ift/2001/techprogram/paper_8502.htm	Total phenolics and anthocyanin accumulation in colored potato varieties at different stages of tuber development. L. F. REYES ¹ , J. G. Loaiza, and L. Cisneros-Zevallos. (1) Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University, Horticulture and Forest Science Bldg, Room 202, College Station, TX 77843-2133

11 1	http://www.hort.wisc.edu/usdavcru/simon/publications/97hort0012.html	Cover Page with Article Published in HortScience 32(1):12-13. 1997 Plant Pigments for Color and Nutrition Philipp W. Simon Vegetable Crops Research Unit, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Department of Horticulture, University of Wisconsin, Madison, WI 53706
11 2	http://www.uib.no/people/nkjkt/Publikasjoner/abstr00f1.htm	Anthocyanins from tubers and shoots of the purple potato, <i>Solanum tuberosum</i> , Torgils Fossen and Øyvind M. Andersen, Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2000, 75 (3), 360-363
11 3	http://www.alva.at/alva2002/tagung/eder.pdf .	Farbstoffe in Obst, Wein und Gemüse, in vielerlei Hinsicht wertvoll; Eder, Dr. R., Jahrestagung der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten 2002 Klosterneuburg
11 4	http://www.physik.upb.de/evb/materialien/vortraege/functiona1_food.pdf	Funktionelle Lebensmittel, FrostSullivan, Marktforschungsstudie
	Interne Arbeitspapiere:	
a)	FAPE06-12,	Wohlleben Bettina, Holger Rudolph, Entwicklung eines Laborverfahrens zur Extraktion von Anthocyanen aus der Kartoffelsorte <i>Blauen Schweden</i>
b)	FAPE06-12a,	Rudolph Holger, Bettina Wohlleben, Optimierung des Laborverfahrens zur Extraktion von Anthocyanen aus rotfleischigen Kartoffelsorten
c)	FAPE06-14,	Rudolph Holger, Bettina Wohlleben, Optimierung der Trubstabilität von anthocyanhaltigen Kartoffelextrakten mittels Enzymierung und Fällung mit Kieselsol
d)	FAPE06-15,	Rudolph Holger, Bettina Wohlleben, Stabilitätsbeurteilung von Extrakten aus anthocyanhaltigen Kartoffelsorten (Standtest, Suntest)
e)	FAPE06-17,	Rudolph Holger, Bettina Wohlleben Überprüfung des US-Patentes („Natural colorant from potato extract“) zur Extraktion von anthocyanhaltigen Kartoffeln

f)	FAPE06-23,	Rudolph H., B. Wohlleben Schalen von Blaue Schweden im Pilotmaßstab extrahieren,
g)	FAPE06-26,	Rudolph H., B. Wohlleben, Zweiter Extraktionsversuch der Schalen von Blauen Schweden und „Linzer Rose“ im Pilotmaßstab.
h)	FAPE06-36a	Ullmann D., Anthocyan-Extrakt aus Blauen Schweden, -Kostensituation
i)	FAPE06-50,	Ullmann D., HPLC-Analytik Violettfleischige

89)

51)

96)100)

39)40)101)

98)

101)

53)

21)

25)

47)

66)

24)

70)

34)

60)

1)

16)

3)4)8)9)

14)

61)

71)

97)

86)92)94)

105)106)

107)

72)
17)41)
52)
59)
74)
33)
98)
11)
11)
90)
83)
95)
102)
7)
12)
88)
94)
87)93)99)
113)114)
2)
56)
69)
93)104)
35)
28)
91)
56)
58)
68)
23)
65)
76)77)
60)
26)
57)
34)38)
113)
14)15)28)
36)37)
35)36)37)
85)63)80)84)

13)

84)85)

96)100)

30)31)

18)

22)

32)

35)

35)36)

62)

37)

80)

42)96)100)

9)

76)77)

60)

34)

62)

10)

i)

d)

i „Violettfleischige“ bis zu 3 gAnthocyane/kgSchale, „Blaue Schweden“ bis zu 0,7 gAnthocyane/kgSchale

ii 0,8 gAnthocyane/kgExtraktkonzentrat

iii Kartoffel-Veredelungswerk Hagenow

e)

iv mittels einer Technik- und Firmenrecherche wurden kommerzielle Schälbetriebe als Partner für Schälversuche ermittelt (LAGS, LP Lenzen, WILD)

f)

g)

79)

57)67)

35)

19)20)27)

f)