

Neue Erkenntnisse über die Inhaltsstoffe des Apfels Teil 2 - Sekundäre Inhaltsstoffe und antioxidatives Potential von Apfelsorten

Achim Fießinger, Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät und
Dr. Friedrich Höhne, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe haben im Gegensatz zu den primären Stoffen keine nutritiven Eigenschaften und kommen nur in sehr geringen Mengen vor. Sie werden von den Pflanzen unter anderem als Abwehrstoffe gegen Schädlinge und Krankheiten, Schutz vor UV-Strahlung oder Wachstumsregulatoren benötigt.

Ihre wichtigsten Eigenschaften im Sinne der Obstproduktion sind aber neben den schon genannten biologischen Schutzfunktionen vor allem ihre Wirkung als Farbstoffe (u.a. Anthocyane), Geschmacksstoffe, Geruchsstoffe bzw. Stoffe, welche den Fruchtstoffwechsel und die Reife des Obstes steuern.

Bis in die 1980er Jahre hinein galten die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe als antinutritiv, bzw. es wurde ihnen überhaupt kein besonderer Nutzen in der menschlichen Ernährung zugewiesen. Mit der Zeit änderte sich dies. Heute ist bekannt, dass die Sekundärstoffe der Pflanzen sehr wohl auch der menschlichen Gesundheit förderlich sein können. Es wird angenommen, dass sie im menschlichen Körper antikarzinogene, Blutdruck senkende, Blutzuckergehalt regulierende sowie auch antioxidative Wirkungen entfalten (KAHLE, 2008).

Damit die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe bioaktiver Bestandteil der Ernährung sein können, müssen sie nicht nur in einer bestimmten Menge aufgenommen werden, sondern auch dem Stoffwechsel verfügbar sein. Viele Lebensmittelchemiker forschen derzeit an der Extraktion bestimmter sekundärer Inhaltsstoffe, von denen eine positive Wirkung auf die menschliche Gesundheit bekannt ist, um diese dann als Nahrungsergänzungsmittel bzw. Functional Food vermarkten zu können. Ein Beispiel dafür ist das Phloridzin, welches aus Apfelschalen bzw. Apfeltrester, der als Abfall in der Safftherstellung anfällt, extrahiert werden kann (VOLLERT, 2012).

Trotz dieser vielfältigen Bemühungen ist bis heute kaum geklärt, inwiefern die sekundären Stoffe den menschlichen Stoffwechsel beeinflussen bzw. positive Wirkungen auf die Gesundheit besitzen, so dass in Veröffentlichungen oftmals nur Vermutungen geäußert werden (WATZL & RECHKAMMER, 2001a).

Da viele dieser Substanzen einen eher bitteren, herben und teilweise sogar adstringierenden Geschmack haben (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004), waren sie deshalb früher unter dem Begriff Gerbstoffe bekannt. Diese Stoffe nahmen insbesondere in Äpfeln der neueren Sorten immer mehr ab (vgl. folgende Tabellen).

Die Entwicklung einer neuen Obstsorte dauerte bisher sehr lange. Gezielte Selektionen auf bestimmte Inhaltsstoffe oder Syntheseprodukte der Früchte gestalteten sich schwierig. So lief der Prozess der Verringerung der Sekundärstoffgehalte in den Früchten indirekt und unbeabsichtigt ab, indem wenig adstringierend und herb schmeckende Sorten miteinander gekreuzt und dann vermehrt wurden. Doch sind die Neuzüchtungen deshalb als weniger förderlich für die Gesundheit oder gar als ungesund anzusehen, wie es landläufig oft heißt?

Polyphenole sind die wichtigsten sekundären Inhaltsstoffe des Apfels. Es sind aromatische Kohlenstoffverbindungen, welche mehrere an einen aromatischen Ring gebundene Hydroxygruppen enthalten. SLUIS et al. (2001) schätzen, dass bisher mehr als 6400 phenolische Verbindungen bekannt sind.

Die im Apfel vorkommenden Hauptklassen der Polyphenole sind Hydroxyzimtsäurederivate, Dihydrochalkone, monomere und dimere Flavan-3-ole sowie Flavonole. Des Weiteren kommen in roten Äpfeln Anthocyane als Farbstoffe vor. Folgende Tabelle 1 zeigt die häufigsten im Apfel vorkommenden Polyphenole (KAHLE, 2008).

Da nur für wenige Sorten detaillierte Untersuchungen zum Polyphenolgehalt vorliegen, wird die Tabelle 1 nach KAHLE (2008) als Standard für die folgenden Aussagen herangezogen.

Es ist ersichtlich, dass innerhalb der Gruppe „Tafelsorten“ sowie auch innerhalb der Gruppe „Mostsorten“ extreme Unterschiede zu finden sind, was die Gehalte an unterschiedlichen phenolischen Verbindungen angeht. Die meisten Substanzen kommen in den Mostsorten mit höheren Maximalwerten vor, was jedoch im Gegenzug nicht bedeutet, dass die Tafelsorten frei von ihnen sind. Vor allem Epicatechin, Procyanidin-Verbindungen und die Gruppe der Hydroxyzimtsäuren sind im Mostobst um ein Vielfaches stärker vertreten als im Tafelobst. Sie sind für den oft als etwas unangenehm empfundenen, leicht adstringierenden und manchmal ins Herbe abgleitenden Geschmack der Wirtschaftssorten verantwortlich (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Die in der Hauptsache für die antioxidative Kapazität des Apfels verantwortlichen Quercetine kommen in beiden Gruppen relativ gleich stark vor, wodurch auch das später aufgezeigte, sich nicht sonderlich stark unterscheidende antioxidative Potenzial von alten und neueren Sorten zu erklären ist.

Tab. 1: Polyphenolgehalte frischer Apfelfrüchte, aufgeteilt in Tafel- und Mostsorten (KAHLE, 2008)

Polyphenol	Gehalt in mg/kg Frischfrucht	
	Tafelsorten	Mostsorten
Hydroxymethylsäurederivate		
5-Kaffeoylchinasäure	4 - 385	108 - 1195
4-Kaffeoylchinasäure	0 - 12	n. b.*
5-p-Cumaroylchinasäure	Spuren - 34	20 - 176
4-p-Cumaroylchinasäure	Spuren - 9	n. b.
Kaffeoylglucose	n. b.	0 - 6
p-Cumaroylglucose	n. b.	1 - 19
Feroylglucose	n. b.	0 - 9
Dihydrochalkone		
Phloretin-2'-O-glucosid	1 - 158	15 - 102
Phloretin-2'-O-xyloglucosid	1 - 230	10 - 98
Flavan-3-ole		
(+)-Catechin	1 - 27	Spuren - 154
(-)-Epicatechin	5 - 129	Spuren - 1410
Procyanidin B1	39 - 162	2 - 18
Procyanidin B2	6 - 134	32 - 143
polymere Procyanidine	bis zu 3240	515 - 4731
Flavonole		
Quercetin-3-O-glucosid	Spuren - 16	2 - 12
Quercetin-3-O-galactosid	2 - 39	2 - 22
Quercetin-3-O-arabinosid	1 - 25	n. b.
Quercetin-3-O-xylosid	2 - 11	3 - 12
Quercetin-3-O-rhamnosid	1 - 19	7 - 21
Quercetin-3-O-rutinosid	Spuren - 10	n. b.
Anthocyane		
Cyanidin-3-O-glycoside	Spuren	n. b.

* n. b. – nicht bestimmt

Anthocyane wurden bei den Mostsorten nicht gemessen, bei den Tafelsorten kamen sie in Spuren vor. Es handelt sich dabei um die Farbstoffe, welche für die Rotfärbung der Schale und des Fruchtfleisches verantwortlich sind. Viele Tafelapfelsorten wie 'Pink Lady', 'Red Delicious', 'Braeburn' und vor allem 'Red Prince' haben eine starke bis sehr starke Rotfärbung der Schale und dürften aufgrund dessen einen relativ hohen Anthocyanengehalt aufweisen. Im menschlichen Körper ist bisher nur die antioxidative Wirkung bekannt, weitere Effekte zum Beispiel auf die Dunkeladaptation des Auges oder Einflüsse auf den Verdauungstrakt sind in Erforschung (WATZL et al., 2002).

Der Gehalt an phenolischen Verbindungen variiert stark innerhalb der einzelnen Teile der Frucht. Während die Flavonolglycoside und die färbenden Anthocyane fast ausschließlich in der Schale auftreten, verteilen sich die Catechine, Phloridzin, Chlorogensäure wie auch die Procyanidine auf die Schale, das Kerngehäuse inklusive der Kerne und in geringem Anteil auch auf das Fruchtfleisch. Je nach Sorte, Klimabedingungen und Anbaugebiet kommen 17-48% der Polyphenole in der Schale, 11-28% im Kerngehäuse und 30-66% im Fruchtfleisch vor (KAHLE, 2008).

Die Art und Weise, wie phenolische Substanzen im Apfel vorliegen, wurde von IMEH im Jahr 2002 erforscht. Per Folin-Ciocalteu-Reagenz wurde der Phenolgehalt moderner Apfelsorten ermittelt. Es sollte gezeigt werden, dass sortenabhängig Phenole in freier und in konjugierter Form vorkommen.

'Braeburn' und 'Red Deliciou's waren in dieser Untersuchung die Sorten mit den höchsten Gehalten an Phenolen (Tab. 2). Es ist auch ersichtlich, dass die Gehalte an frei vorkommenden phenolischen Substanzen von Sorte zu Sorte sehr stark variieren. Während bei 'Braeburn' als auch bei 'Red Delicious' fast alle Phenole in freier Form auftraten, zeigten alle anderen Sorten wie z.B. der 'Cripps Pink'¹ stark unterdurchschnittliche Gehalte an freien Phenolen, aber trotzdem einen fast durchschnittlichen Gesamtphenolgehalt an (Tab. 2).

Tab. 2: Phenolgehalte in mg CtE*/100g verschiedener Tafelapfelsorten (IMEH & KHOKHAR, 2002)

Sorte	freie Phenole in mg/100g FM	Gesamtphenolgehalt in mg/100g FM
Braeburn	365	475
Cripps Pink	171	410
Fuji	146	330
Golden Delicious	121	343
Granny Smith	192	373
Red Delicious	430	444
Royal Gala	156	375
Mittelwert	226	393

*CtE - Catechin Equivalent

¹Cripps Pink sowie auch Pink Lady bezeichnen zwei unterschiedliche Vermarktungsstrategien derselben Sorte

Die Untergruppen der Flavonoide und Flavonole mit den verschiedenen Quercetin-3-O-Verbindungen haben ein sehr starkes antioxidatives Potenzial. Es ist dem der Ascorbinsäure weit überlegen, obwohl die Quercetine nur in Mengen von wenigen mg/kg Frischmasse vorkommen (LEE et al., 2003)

Flavonoide kommen in den meisten Fällen als Flavonoidglycoside vor, von denen bisher galt, sie könnten nur in der entglycolisierten Form als Aglycon im menschlichen Körper metabolisiert werden. Neuere Studien weisen jedoch darauf hin, dass die Flavonoidglycoside im Dünndarm durch aktiven Transport absorbiert werden können. Hauptsächlich erfolgt die Metabolisierung jedoch in der Leber. Auch Catechine und Epicatechine sind eine Untergruppe der Flavonoide mit stark antikarzinogenen und antioxidativen Eigenschaften (WATZL & RECHKAMMER, 2001a).

Oligomere Flavonole wie z.B. Procyanidine aber auch die schon angesprochenen Anthocyane als Farbstoffe haben diverse Schutzfunktionen für die Frucht. So können sie unter anderem UV-Strahlen absorbieren und so die Schädigung der Proteine als auch der DNA in der Frucht vermindern. Vor allem aber locken sie durch die charakteristische Färbung des Obstes Insekten und Vögel an. Als Prädatoren bieten diese Schutz vor bestimmten Pathogenen und sorgen in Form von Fraß der reifen Früchte für die Verbreitung der Samen und damit das Überleben und sich Ausbreiten der Art (WATZL et al., 2002).

Phenolcarbonsäuren, zu denen die Hydroxyzimtsäurederivate (u.a. Kaffeesäuren) oder auch die Chlorogensäure zählen, werden im menschlichen Stoffwechsel in freier Form sowohl im Dick- als auch im Dünndarm absorbiert. Im Allgemeinen können sie entweder durch Bakterien oder in veresterter Form von Enzymen (Esterasen, Xylanasen) metabolisiert werden. Ernährungsphysiologisch gesehen können Phenolsäuren die Bildung von Kanzerogenen und Mutagenen im Gastrointestinaltrakt hemmen, weisen ein relativ hohes antioxidatives Potenzial auf und wirken begrenzt antimikrobiell (WATZL & RECHKAMMER, 2001b).

Das zur Untergruppe der Chalkone gehörende Flavonoid Phloretin sowie auch seine glykolisierte Form, das Phloridzin, kommen verschiedenen Angaben zufolge (u.a. SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004) einzig und allein im Apfel vor. Andere Quellen (GOSCH et al., 2010) weisen anderen Obstarten ebenfalls Vorkommen zu, wenn auch nur in sehr geringem Umfang.

Bei 6 untersuchten Tafelobstsorten, u.a. 'Golden Delicious' und 'Monroe', konnten durchschnittliche Werte für Phloridzin-Glycosid und Phloridzin-Xyloglycosid von 55,9mg/kg Frischgewicht gemessen werden (LEE et al., 2003). In einer Arbeit von SLUIS et al. (2001) wurden ähnliche Werte zwischen 20 und 57mg/kg FM gemessen.

Eine Arbeit von VOLLERT (2012) zu Phloridzingegehalten aus unterschiedlichen Apfelsorten des Bestandes der Landesforschungsanstalt in Gülzow ist leider bisher noch nicht veröffentlicht worden, verspricht aber neue Erkenntnisse zum Phloridzingehalt insbesondere von alten Sorten.

Obst im Allgemeinen und hier als Beispiel der Apfel durchläuft vor dem menschlichen Konsum viele Schritte in der Produktionskette, die in Anbetracht der sekundären Inhaltsstoffe genau zu analysieren sind, da sie eventuell deren Bioaktivität beeinträchtigen können (SLUIS et al., 2001). Als Beispiel gelten die Wachstumsbedingungen, Pflegemaßnahmen wie Ausdünnen und Schnitt, klimatische Faktoren, Erntebedingungen, vor Allem aber die Lagerung des geernteten Obstes und eine eventuelle Weiterverarbeitung, welche unter Umständen bei hohen Temperaturen oder Drücken geschieht.

In einer der neuesten Untersuchungen (Fromm et al., 2012) werden der Ölgehalt und die phenolischen Bestandteile der Apfelkerne betrachtet (Tab. 3).

Tab. 3: Gehalt an ausgewählten phenolischen Substanzen im Apfelkern (FROMM et al., 2012)

Sorte/Inhaltsstoff	Procyanidin B2	Epicatechin	Phloridzin	Chlorogensäure (5-CaQA)
	mg/kg entfettete Trockenmasse			
Weinapfel	54,6	51,6	12.687	975
Brettacher	68,8	32,5	22.352	1.932
Welschisner	53,9	32,4	8.191	556
Maunzenapfel	32,5	28,3	7.706	520
Boskoop	78,7	48,7	21.597	1.304
Champagner Renette	Spuren	Spuren	4.133	324
Topaz	Spuren	4,2	3.256	345
Bitterfelder	166,0	16,0	8.131	824
Bohnapfel	64,0	40,1	16.457	362
Gewürzluiken	18,5	12,9	9.484	279
Pinova	54,2	45,9	11.636	644
Royal Gala	18,5	11,4	9.354	746
Mittelwerte	61,7	27,2	11.118	712

Auch im Ölgehalt der Kerne gab es große Unterschiede. Die Sorte 'Boskoop' hatte den geringsten Ölanteil (16,1%), wohingegen die 'Champagner Renette' einen Ölanteil im Kern von 26,5% aufwies (FROMM et al. 2012). Von einigen Ölmühlen werden die Kerne zu Apfelkernöl verarbeitet, welches sich in bestimmten Kundenkreisen und der gehobenen Gastronomie großer Beliebtheit erfreut².

²Gegenbauer Ölmühle Wien: <http://www.gegenbauer.at/deutsch/produkte-detail.aspx?MID=6&PID=278> 24.10.2012

Erstaunlich ist außerdem, dass Sorten, welche einen hohen Ölanteil im Kern haben ('Champagner Renette'), geringere Mengen an phenolischen Substanzen aufwiesen als Sorten mit geringem Ölanteil.

Verglichen mit dem Fruchtfleisch bzw. der Schale (vgl. Tab. 14) sind die Konzentrationen an phenolischen Verbindungen im Kern der Äpfel besonders hoch. Phloridzin und Chlorogensäure kommen je nach Sorte in extrem hohen Mengen von bis zu 22g/kg entfetteter Trockenmasse vor.

Antioxidatives Potenzial des Apfels

Viele schwerwiegende Kardiovaskuläre- und sogenannte Zivilisationskrankheiten wie Immunstörungen, Gewebeentzündungen bis hin zu Krebs und Grauem Star werden von Medizinern mit den freien Radikalen in Verbindung gebracht. Diese sind extrem reaktionsfreudige, über freie Elektronen verfügende Sauerstoffmoleküle, welche im menschlichen Körper mit fast allen Molekülen reagieren können und diese oxidieren und schädigen. Kettenreaktionsartig entstehen so neue Radikale (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Neue Radikale gelangen entweder über äußere Faktoren in den Körper oder werden in ihm durch ganz normale Stoffwechselfvorgänge gebildet. Dabei wirken unter anderem Ozon, UV- und radioaktive Strahlung, Zigarettenrauch und generell Verunreinigungen in der Luft fördernd auf die Radikalbindung.

Die sogenannten Antioxidantien, Stoffe mit antioxidativem Potenzial, besitzen die Fähigkeit, die freien Radikale in einen stabilen Zustand zu überführen und so für den Körper unschädlich zu machen.

Zahlreiche Studien belegen den gesundheitsfördernden Aspekt eines regelmäßig hohen Verzehrs von rohem oder gekochtem Obst und Gemüse. Besonders dem rohen Obst wird eine wichtige Stellung in der gesunden Ernährung zugeschrieben (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Spielten früher hauptsächlich die Vitamine, vor allem das Vitamin C, eine tragende Rolle, so ändert sich die Sichtweise heute mehr dahingehend, alle Inhaltsstoffe des Obstes als potenziell gesundheitsfördernd bzw. gesundheitserhaltend darzustellen. Die im vorangehenden Abschnitt behandelten sekundären Pflanzeninhaltsstoffe spielen dabei neben den Vitaminen die wichtigste Rolle.

Ihr Vorteil den Vitaminen gegenüber liegt unter anderem darin, dass sie sowohl in wässrigen als auch in öligen Lösungen wirken können. Vitamin C hingegen kann nur in wässrigen Umgebungen seine antioxidative Wirkung entfalten, Vitamin E und Carotinoide sind auf ölige Träger beschränkt.

Die sekundären Inhaltsstoffe besitzen antikarzinogene und antimikrobiellen Eigenschaften und können u.a. den Blutglucosespiegel hemmen (Phloridzin) und das Immunsystem stimulieren (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Bisher wurde grundsätzlich davon ausgegangen, dass vor allem die älteren Apfelsorten mit ihrem relativ hohen Gehalt an Gerbstoffen und dem oftmals leicht adstringierenden Geschmack ein hohes antioxidatives Potenzial besitzen.

Neueren Züchtungen und vor allem den in großen Mengen im LEH angebotenen Sorten wie 'Elstar', 'Braeburn' oder 'Gala' werden von Kritikern neben einem teilweise nicht sehr charakteristischen Geschmack auch sehr geringe positive Eigenschaften hinsichtlich der antioxidativen Fähigkeit und generell ein geringer ernährungs- und gesundheitsphysiologischer Wert nachgesagt.

Um dieser Diskussion eine Grundlage zu bieten, gibt es mittlerweile mehrere vergleichende Untersuchungen, die sich mit dem antioxidativen Potenzial verschiedener Apfelsorten beschäftigen.

Eine der umfangreichsten Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wurde von LATA et al. (2005) an der Universität Warschau vorgenommen. Sie untersuchten 56 unterschiedliche Apfelsorten hinsichtlich ihres antioxidativen Potenzials während zweier Anbauperioden, 2003 und 2004.

Die Anbauperiode 2004 wurde von den Autoren als klimatisch ungünstiger im Vergleich zur vorangegangenen Periode bewertet. Dies wirkte sich jedoch nicht signifikant auf den Gehalt an den in der Untersuchung gemessenen Inhaltsstoffen aus.

In der folgenden Tabelle 4 stehen ausgewählte Sorten, welche im deutschen bzw. europäischen Anbau eine Rolle spielen, mit ihren Gehalten an Vitamin C-Derivaten, den Ascorbaten (AA=L-Ascorbinsäure, DHAA= Dehydrierte Ascorbinsäure), L-Cysteinen und Glutathionen (GSH=reduzierte Glutathione, GSSG=oxidierte Glutathione), welche jeweils einen Beitrag zum antioxidativen Potenzial der Früchte beitragen.

Wie in der Tabelle zu erkennen ist, hatten 'Shampion', 'Topaz' und 'Pilot' einen hohen Gehalt an Ascorbaten, 'McIntosh', 'Gala' und 'Fuji' einen geringen Gehalt.

Der Gehalt an Glutathionen ist bei 'Cox Orange', 'Granny Smith' und 'Pilot' sehr hoch, 'McIntosh' weist dagegen einen geringen Glutathiongehalt auf, genauso wie die Sorte kaum L-Cystein enthält.

Tab. 4: Konzentration von Ascorbaten, L-Cystein und Glutathionen in ausgesuchten Apfelsorten während der Jahre 2003 und 2004 (LATA et al., 2005)

Sorte /Inhaltsstoff	Ascorbate (AA + DHAA)		L-Cystein		Glutathion (GSH+GSSG)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
in nmol/g⁻¹ FM	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Auralia	2823	2622	7,53	8,43	50,6	78,8
Cox Orange	4492	2921	8,47	8,53	87,2	76,8
Elstar	4255	2564	7,57	5,57	48,3	32,5
Fuji	1401	2046	4,70	5,13	56,2	58,4
Gala	1292	2158	6,53	7,00	53,2	41,6
Gloster	1639	2015	6,13	8,57	43,7	64,4
Golden Delicious	3302	4378	5,03	8,30	35,5	55,3
Granny Smith	1851	4092	7,50	9,23	79,4	84,7
McIntosh	927	1666	4,43	4,87	42,6	37,1
Pilot	4243	4083	8,70	10,07	72,3	82,0
Pinova	2428	3193	5,37	6,63	32,1	42,5
Rajka	3456	4184	8,20	5,93	73,6	61,8
RubINETTE	2921	2907	5,97	8,83	52,7	81,9
Shampion	4769	4523	7,10	4,60	63,0	66,1
Topaz	3403	4597	5,67	5,33	50,8	64,9
Mittelwert	2880	3197	6,59	7,13	56,1	61,9

In Tabelle 5 wurden dieselben ausgesuchten Sorten aus der Untersuchung von LATA et al. betrachtet, diesmal hinsichtlich der Gehalte an phenolischen Inhaltsstoffen, Flavonolen und Anthocyanen, welche im Wesentlichen für die Rotfärbung der Apfelfrucht verantwortlich sind.

Der Gehalt an Anthocyanen ist in roten und dunkelroten Sorten viel ausgeprägter als in grünlichen, gelblichen oder orange angehauchten Sorten. In diesem Fall fällt nur 'Gloster' mit einem relativ hohen Anthocyanengehalt auf. 'Elstar', 'Topaz' oder auch 'Shampion', also Sorten, die sowohl von grün über gelb bis hin zu roter Schale eine hohe Bandbreite aufweisen können, hatten mittlere Anthocyanengehalte. Mehrheitlich oder komplett grüne Sorten wie 'Granny Smith', aber auch 'Pinova' wiesen dagegen minimale Gehalte auf.

Die gemessenen Werte sind grundsätzlich als sehr hoch einzustufen, hochgerechnet auf 1kg Frischmasse entspräche dies einem Wert von beispielsweise 1,697g Phenolen bei 'Granny Smith'.

KAHLE (2008) hingegen kommt bei dieser Sorte auf einen Wert von 0,1544g/l Frischmasse. Des Weiteren hat KAHLE bei Presssaft von 'Boskoop' Gesamtphenolgehalte von 970,0mg/l gemessen, welche die Sorte als polyphenolreichste ihrer gesamten Messung klassifizierte.

Sie verweist auch in vorliegender Dissertation auf andere Berichte, die 'Boskoop' als sehr phenolreich beschreiben, wohingegen SCHMITZ-EIBERGER (2004) 'Boskoop' in ihrer Messung der Polyphenolgehalte von alten Apfelsorten als phenolärmste Sorte deklariert hatte.

Tab. 5: Gehalt an Phenolen, Flavonolen und Anthocyanen in ausgesuchten Apfelsorten während der Jahre 2003 und 2004 (LATA et al., 2005)

Sorte /Inhaltsstoff in $\mu\text{g/g}^{-1}$ FM	Phenole		Flavonole		Anthocyane	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Auralia	1.020	672	348	340	93	n.g. ³
Cox Orange	1.513	1.120	699	599	72	145
Elstar	927	1.055	262	493	114	166
Fuji	1.630	1.029	765	399	95	149
Gala	875	944	177	363	37	138
Gloster	1.504	1.244	513	789	341	458
Golden Delicious	1.131	963	293	349	51	n.g.
Granny Smith	1.697	1.843	530	1.525	36	58
McIntosh	1.490	1.074	567	630	184	136
Pilot	1.024	744	256	302	77	37
Pinova	1.024	761	320	380	119	38
Rajka	999	711	554	392	167	169
RubINETTE	1.091	945	350	563	122	56
Shampion	1.002	1.150	438	405	117	115
Topaz	920	1.040	301	395	109	174
Mittelwert	1.190	1.020	425	528	116	141

Nach LATA et al. (2005) ist es nicht möglich, bestimmte Sorten grundsätzlich in „reich“ oder „arm“ bezüglich der untersuchten Inhaltsstoffe einzuteilen, mit Ausnahme des Anthocyanins, das aufgrund der genetischen Veranlagung der jeweiligen Sorten zur Rotfärbung im Laufe der Jahre nicht sehr stark variiert. Sie führten jedoch den erhöhten Gehalt an Ascorbaten in bestimmten Sorten wie z.B. 'Elstar', 'Topaz' oder 'Shampion' auf deren späte Reife und somit auch späte Ernte zurück.

LATA et al. untersuchten auch, ob ein hoher Gehalt an phenolischen Substanzen auf eine Apfelschorf-Resistenz schließen lässt. Von den 56 untersuchten Sorten wiesen 7 eine Resistenz auf, unter ihnen die Sorte 'Topaz', jedoch konnte keine dieser Sorten mit einem besonders hohen Gehalt an Phenolen überzeugen, was die Autoren zu der Annahme verleiten lässt, dass Apfelschorf-Resistenz und Phenolgehalt sich nicht gegenseitig bedingen.

³n.g.=nicht gemessen

Das antioxidative Potenzial des Apfels wird hauptsächlich durch die bereits in der Untersuchung von LATA et al. genannten Stoffe bewirkt. Um es genauer aufzuschlüsseln, unterteilten LEE et al. (2003) die phenolischen Substanzen in ihre Untergruppen, u.a. Quercetine, Epicatechine und Procyanidine. Sie bewerteten den Beitrag einer jeden Gruppe zum Gesamtpotenzial.

Den Quercetinen und ihrer glycolisierten Form wird am gesamten antioxidativen Potenzial die größte Beteiligung nachgesagt. Die folgende Tabelle 6 zeigt den Beitrag der einzelnen Substanzen am gesamten oxidationshemmenden Potenzial des Apfels.

Tab. 6: Anteil der sekundären Stoffe am antioxidativen Potenzial des Apfels (LEE et al., 2003)

Inhaltsstoff	Gehalt in mg/100g FM	Relativer Anteil am antioxidativen Potenzial (%)
Quercetin Glycoside	13,20	34,7
Epicatechin	8,65	19,9
Procyanidin B₂	9,35	19,0
Vitamin C	12,80	11,0
Phloretin Glycoside	5,59	7,8
Chlorogensäure	9,02	7,6
Summe	58,61	100,0

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Quercetine mit über 34% zum antioxidativen Potenzial beitragen, mengenmäßig jedoch den gleichen Umfang aufweisen wie z.B. Vitamin C, welches dafür nur 11% zum Potenzial beiträgt. Glycolisiertes Quercetin, Epicatechin sowie auch Procyanidin B₂ gelten beim Apfel als starke Antioxidantien, wohingegen Vitamin C, glycolisiertes Phloretin und Chlorogensäure eher schwache Antioxidantien sind.

Höhermolekulare Procyanidine können bestimmte Proteine an die Geschmacksrezeptoren im Mund binden und dadurch ein adstringierendes, pelziges Gefühl verursachen, welches von vielen Menschen als unangenehm empfunden wird. Im Tafelobstbau spielen deshalb Sorten mit erhöhtem Procyanidingehalt eine geringe Rolle, im Mostapfelanbau hingegen werden sie gerne als aromabringende Verschnittsorten eingesetzt (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

In einem schon in Teil 1 (FIEßINGER und HÖHNE, 2012) angeschnittenen Versuch von SCHMITZ-EIBERGER und BAAB (2004) mit Äpfeln vom Standort Ahrweiler wurde auch die antioxidative Kapazität von verschiedenen neueren und älteren Apfelsorten untersucht (Abb. 1).

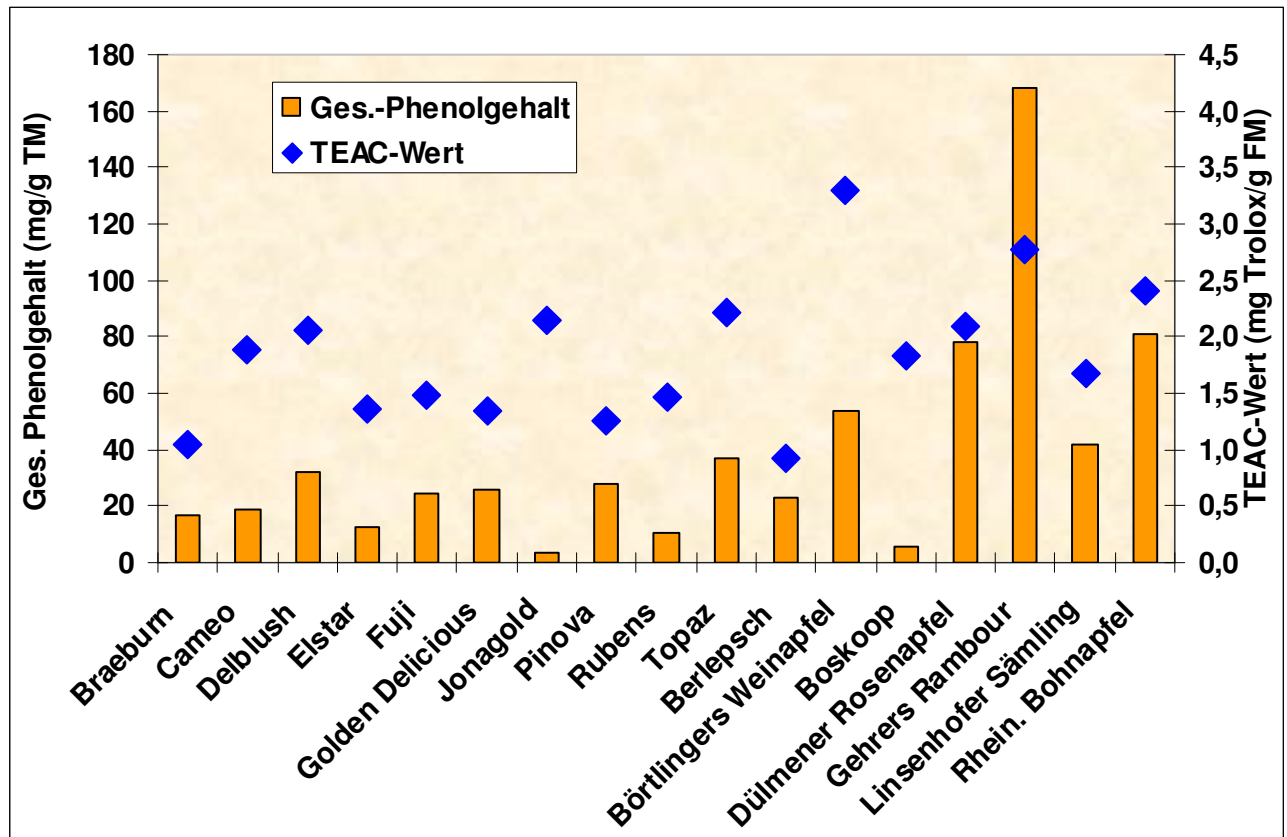


Abb. 1: Gesamt-Phenolgehalt und TEAC-Wert* neuer und alter Apfelsorten, zusammengestellt nach Werten von SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004

* TEAC-Trolox Equivalent Antioxidative Capacity, Vitamin E-Derivat Trolox gilt als Äquivalent; gibt die antioxidative Kapazität an

Unter den neueren Sorten weist 'Topaz' die weitaus höchsten antioxidativen Eigenschaften auf, dicht gefolgt von 'Jonagold' und 'Delblush'. Auch unter Betrachtung der einzelnen bioaktiven Substanzen sowie deren Summe, dem Gesamtphenolgehalt, ist 'Topaz' als Sorte mit den höchsten Werten anzusehen.

Von den neuen Sorten finden sich 'Golden Delicious', 'Pinova' und schließlich 'Braeburn', derzeit eine der am meisten gekauften Sorten in Deutschland, im unteren Bereich. 'Braeburn' weist zwar einen mittleren Vitamin C-Gehalt sowie auch einen mittleren Gesamtphenolgehalt auf, jedoch ist sein TEAC-Wert mit 1,04 der niedrigste unter den gemessenen neueren Sorten.

'Jonagold' bekam in allen Teilmessungen sehr geringe bis extrem unterdurchschnittliche Werte. Trotzdem konnte er sich mit einem TEAC-Wert von 2,14 sehr gut platzieren und hält mit dem erstplatzierten 'Topaz' und auch mit alten Wirtschaftssorten mit.

Innerhalb der alten Apfelsorten ist 'Börtlingers Weinapfel' mit einem TEAC-Wert von 3,3 die Sorte mit dem höchsten antioxidativen Potenzial, obwohl sein Gesamtphenolgehalt als auch die Werte der einzelnen Komponenten und des Vitamin C eher unterdurchschnittlich sind. 'Gehrsers Rambour' weist mit 168mg/g TM den mit Abstand höchsten Gehalt an phenolischen Substanzen auf. Aufgrund dessen ist er auch weniger für den Frischverzehr und mehr als Mostapfel geeignet.

'Berlepsch' sticht aufgrund seines hohen Vitamin C-Gehaltes hervor. Mit 76mg/l FM ist dieser sehr hoch und reicht fast an 'Topaz' (83 mg/l) heran. Trotzdem ist 'Berlepsch' mit einem TEAC-Wert von 0,93 die Sorte mit dem niedrigsten gemessenen antioxidativen Potenzial dieses Versuchs.

Vergleichend zwischen alten und neueren Sorten ist festzustellen, dass grundsätzlich bei den älteren Sorten die Gehalte an Phenolen im Mittel um den Faktor 3 höher sind als in den neueren Sorten, der Gehalt an Vitamin C dafür geringfügig niedriger. Die TEAC-Werte der alten Sorten mit Ausnahme von 'Berlepsch' sind überdurchschnittlich hoch. Der oft als Beispiel für eine gehaltvolle alte Sorte zählende 'Boskoop' weist nur sehr geringe Werte an phenolischen Substanzen auf und auch sein Vitamin C-Gehalt liegt weit unter dem Durchschnitt der alten Sorten. Trotzdem hat er mit 1,84 einen relativ guten TEAC-Wert.

Interessant sind auch die Ergebnisse einer türkischen Studie aus dem Jahr 2007. Danach erhielten ältere Probanden, durchschnittlich 72 Jahre alt, einen Monat lang pro Tag 2g frische Äpfel pro kg Körpergewicht. Anschließend wurde ein Ansteigen der antioxidativ wirkenden Enzyme in den Erythrozyten und ein allgemeines Ansteigen des antioxidativen Potenzials im Blutplasma gemessen werden.

Die Autoren schließen daraus, dass der regelmäßiger Verzehr eines mittelgroßen Apfels pro Tag völlig ausreichend ist, um positive Effekte auf die antioxidativ wirkenden Enzyme und ein gutes, die Oxidation vorbeugendes Milieu im Körper zu schaffen (Avci et al., 2007).

Fazit

Der letzte Satz dieser Studie kann gut als Fazit für dieses Kapitel über das antioxidative Potential von Apfelsorten dienen. Aber Äpfel können noch mehr bewirken. Ein regelmäßiger Verzehr kann u.a. positive Effekte auf die Minderung verschiedener Erkrankungen haben. Allerdings vertragen nicht alle Menschen Äpfel, bei vielen ruft der Verzehr unterschiedlich starke allergische Reaktionen hervor. Dieses Problem soll in der nächsten Ausgabe des Info-Blattes näher beleuchtet werden.

Literatur:

- AVCI, A., ATLI, T., ERGÜDER, I., VARLI, M., DEVRIM, E., TURGAY, S., et al. (Oktober-Dezember 2007). Effects of apple consumption on plasma and erythrocyte antioxidant parameters in elderly subjects. *Experimental Aging Research*, S. 429-437.
- FIESSINGER, A. (2012). Aktuelle Forschungsergebnisse zu Inhaltsstoffen des Apfels. Bachelorarbeit, Universität Rostock
- FIESSINGER, A. & HÖHNE, F. (2012). Neue Erkenntnisse über die Inhaltsstoffe des Apfels. Teil1 –Primäre Inhaltsstoffe und Vitamine. *Info-Blatt für den Gartenbau in MV*(20), 6, 315-328
- FROMM, M., BAYA, S., CARLE, R., & KAMMERER, D. R. (Februar 2012). Characterization and Quantitation of Low and High Molecular Weight Phenolic Compounds in Apple Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(60), S. 1232-1242.
- GOSCH, C., HALBWIRTH, H., & STICH, K. (2010). Phloridzin: Biosynthesis, distribution and physiological relevance in plants. *Phytochemistry*(71), S. 838-843.
- IMEH, U., & KHOKHAR, S. (2002). Distribution of Conjugated and Free Phenols in Fruits: Antioxidant Activity and Cultivar Variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(50), S. 6301-6306.
- KAHLE, K. (2008). *Polyphenole aus Apfelsaft - Studien zur Verfügbarkeit im Humanstoffwechsel*. Universität Würzburg, Fakultät für Chemie und Pharmazie. Würzburg: Universität Würzburg.
- LATA, B., PRZERADZKA, M., & BINKOWSKA, M. (2005). Great Differences in Antioxidant Properties Exist between 56 Apple Cultivars and Vegetation Seasons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(53), S. 8970-8978.
- LEE, K. W., KIM, Y. J., KIM, D.-O., LEE, H. J., & LEE, C. Y. (Dezember 2003). Major phenolics in Apple and Their Contribution to the Total Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(51), S. 6516-6520.
- SCHMITZ-EIBERGER, M., & BAAB, G. (November 2004). Das antioxidative Potenzial alter und neuer Apfelsorten. *Obstbau*, S. 542-547.
- SLUIS, A. V., DEKKER, M., JAGER, A. D., & JONGEN, W. M. (2001). Activity and Concentration of Polyphenolic Antioxidants in Apple: Effect of Cultivar, Harvest Year, and Storage Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(49), S. 3606-3613.
- VOLLERT, H. (2012). *Phloridzingehalt der Apfelsorten aus Gülzow*. Firma <http://www.bioactive-food.com/>: 25.10.2012.
- WATZL, B., & RECHKAMMER, G. (2001a). Flavonoide. *Ernährungsumschau*, 12(48), S. 498-502.
- WATZL, B., & RECHKAMMER, G. (2001b). Phenolsäuren. *Ernährungsumschau*, 10(48), S. 413-416.
- WATZL, B., BRIVIBA, K., & RECHKAMMER, G. (2002). Anthocyane. *Ernährungsumschau*, 4(49), S. 148-150.