

# **Neue Erkenntnisse über die Inhaltsstoffe des Apfels**

## **Teil 1 –Primäre Inhaltsstoffe und Vitamine**

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

### **Einleitung**

Unter den Früchten, welche in den gemäßigten Breiten angebaut werden, hat wohl keine eine solch hohe symbolische Bedeutung wie der Apfel. Er versinnbildlicht seit jeher gleichermaßen Vollkommenheit, Erkenntnis, Macht, das Leben an sich und die Liebe. So wird bereits in der Bibel vom Apfelbaum als Baum der Erkenntnis von Gut und Böse berichtet, aufgrund seiner Früchte mussten Adam und Eva das Paradies verlassen. Später war es wiederum ein Apfel, anhand dessen Isaac Newton die Gesetze der Schwerkraft entdeckte.

Martin Luther wird folgender Ausspruch zugeschrieben: „Wenn ich wüsste, dass morgen die Welt zugrunde ginge, so würde ich heute noch einen Apfelbaum pflanzen“. Diese Reihe lässt sich beliebig fortsetzen.

Dem Apfel werden seit jeher neben mystischen und wohlschmeckenden auch gesundheitsfördernde Eigenschaften zugeschrieben. Weltweit bekannt ist die Redewendung „An apple a day, keeps the doctor away“, auf Deutsch in etwa „Ein Apfel am Tag, und man braucht keinen Arzt“. Doch womit lässt sich begründen, dass der Genuss von Äpfeln der menschlichen Gesundheit so förderlich ist?

Gleichzeitig belegen wissenschaftliche Studien, dass allein in Deutschland knapp vier Millionen Menschen (BERGMANN, 2006) eine Allergie gegenüber dem Apfel aufweisen. Solch eine Unverträglichkeit kann sich in Form von leichten lokalen Reizerscheinungen im Mundbereich über Magen-Darm-Störungen bis hin zum lebensbedrohlichen anaphylaktischen Schock zeigen (GRAFE, 2009).

Trotzdem ist der Apfel das beliebteste Obst der Deutschen, im Anbau wie auch im Konsum.

Es war die Aufgabe einer Bachelorarbeit an der Universität Rostock, aktuelle Forschungsergebnisse zu Inhaltsstoffen des Apfels zusammenzufassen, zu vergleichen und zu erläutern (FIEßINGER, 2012).

In den Lehrbüchern und vielen Veröffentlichungen über Inhaltsstoffe des Apfels wird der Apfel als Obstart allgemein betrachtet. Es gibt Listen über den Gehalt an Vitaminen, den Gehalt an verschiedenen Säuren bzw. an Zuckern, die sich alle auf den Apfel im Allgemeinen beziehen (HERRMANN, 2001). In solchen Publikationen werden im besten Fall Durchschnittswerte von mehrmals wiederholten Untersuchungen verschiedener Anbauggebiete und unterschiedlicher Sorten herangezogen.

Die Obstart Apfel weist jedoch ein sehr breites Sortenspektrum auf. Von daher sind Mittelwerte verschiedener Sorten für eine differenzierte Betrachtung der Inhaltsstoffe nicht optimal geeignet.

Wenn es darum geht, dass unter diätetischem Aspekt eine geeignete Sorte für Diabetiker gefunden werden soll oder ein Allergiker mit pollenassoziierter Apfelallergie eine für ihn verträgliche Sorte herausfinden möchte, kann nicht mit Mittelwerten unterschiedlicher Sorten gearbeitet werden.

### Primäre Inhaltsstoffe des Apfels

Die Inhaltsstoffe der Früchte dienen der Pflanze zum Überleben und zu ihrer Fortpflanzung. Dabei sind die unterschiedlichen Gruppen der Inhaltsstoffe mit spezifischen Eigenschaften ausgestattet, um die ihnen zugedachten Funktion am besten erfüllen zu können.

Die Pflanzeninhaltsstoffe werden grundsätzlich in primäre und sekundäre Inhaltsstoffe eingeteilt, wobei die primären Stoffe essenziell sind, das heißt, sie dienen der Pflanze zum reinen Überleben und haben ihre Bedeutung im Primärstoffwechsel. Die sekundären Stoffe bzw. Metabolite haben keinen Nährwert, dafür aber weitreichendere Funktionen als nur das Überleben, so z.B. Schutzfunktionen der Früchte vor UV-Strahlung oder Giftstoffe zur Abwehr von Fraßfeinden.

In diesem Abschnitt geht es um die primären Inhaltsstoffe. Es sind die Verbindungen, welche im Allgemeinen mit Pflanzen und ihrem den von Menschen zugedachten Zweck, Nahrung oder reine Biomasse bereitzustellen, verbunden werden.

Je nach Art kommen bestimmte Verbindungen mehr oder weniger ausgeprägt bzw. gar nicht vor. Die wichtigsten primären Inhaltsstoffe sind Kohlenhydrate, Fette und Proteine.

Ein Apfel enthält im Mittel ca. 85% Wasser, 0,3% Rohprotein, 0,32% Mineralstoffe (Tab. 1). Der Gehalt an Kohlenhydraten ist sorten- und witterungsabhängig und schwankt zwischen 10% und 18% des Gesamtgewichts. Der Fettgehalt bewegt sich in ähnlichen Dimensionen wie der Gehalt an Proteinen und ist in der Regel vernachlässigbar (HERRMANN, 2001).

**Tab. 1: Allgemeine chemische Zusammensetzung des Apfels (HERRMANN, 2001)**

Stoff	Wasser		Roh-eiweiß	Mineralstoffe	K	Ca	Mg	P	Fe
	%		g/100 g essbarer Anteil		mg/100g essbarer Anteil				
<b>Gehalt</b>	<b>85</b>		<b>0,30</b>	<b>0,32</b>	<b>120</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>0,17</b>

Stoff	Zn	Cu	Mn	Thiamin (Vit. B <sub>1</sub> )	Riboflavin (Vit. B <sub>2</sub> )	Niacin	Vitamin B <sub>6</sub>	Pantothensäure
	µg/100g essbarer Anteil							
<b>Gehalt</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>300</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Stoff	Ascorbinsäure (Vitamin C)
	mg/100g e.A.
<b>Gehalt</b>	<b>12</b>

## Kohlenhydrate

Kohlenhydrate kommen im Apfel hauptsächlich in Form von Zuckern vor, in geringen Mengen jedoch auch als Ballaststoffe und Stärke. Glucose und Fructose sind die wesentlichen Zucker, daneben tritt in kleineren Mengen Saccharose auf.

Mengenmäßig ist in den meisten Sorten der Fructosegehalt höher als der Glucose- oder Saccharosegehalt. Der Fructoseanteil am Gesamtzuckergehalt liegt je nach Sorte zwischen 55% und 75%. Der Zuckergehalt wird in der Regel als Prozentwert (%) der Gesamtmasse oder als Grad Brix (°Brix) angegeben.

Zuckergehalte in Äpfeln hängen in erster Linie allein von der Sorte und vor allem von deren Reifegrad ab. Süße Sorten wie 'Fuji' oder 'Golden Delicious' können aufgrund ihrer genetischen Veranlagung viel mehr Kohlenhydrate in Form von Zucker einlagern als z.B. der saure 'Granny Smith'. Trotzdem darf allein aufgrund des sauren Geschmacks nicht von einem geringen Gehalt an Zucker ausgegangen werden. Die Sorte 'Boskoop' weist beispielsweise Brixwerte von durchschnittlich 15,3 auf (FISCHER M., 2010), die fast an die Werte von 'Golden Delicious' oder 'Jonagold' heranreichen.

Für Variationen des Zuckergehaltes innerhalb einer Sorte über mehrere Jahre sind in der Regel neben den klimatischen Faktoren wie Sonnenscheindauer und –intensität, Temperatur und sonstigen abiotischen Stressfaktoren vor allem die Kulturmaßnahmen des Menschen verantwortlich. Erziehung und Schnitt der Bäume, Behangdichte, welche durch Ausdünnmaßnahmen gesteuert werden kann, sowie auch die Versorgung mit Nährstoffen können die Assimilationsleistung des Baumes sehr stark beeinflussen und so auch die Fähigkeit, die gewünschte und benötigte Menge an Zuckern in der Frucht einzulagern.

In Dresden-Pillnitz sind über mehrere Jahre insgesamt 31 Apfelsorten hinsichtlich der Schwankungen ihres Gesamtzuckergehaltes untersucht worden (FISCHER C., 2003). Anhand 10 ausgesuchter Sorten mit größerem Anbauumfang sind deutliche Unterschiede zwischen den Sorten, aber auch bei den einzelnen Sorten von Jahr zu Jahr zu erkennen (Tab. 2).

Tab. 2: Gesamtzuckergehalte von Apfelsorten in Dresden Pillnitz 1999-2001  
(aus Fischer C., 2003)

Sorte / Jahr	1999	2000	2001	Mittelwert
Alkmene	12,9	13,2	12,3	12,8
Cox Orange	16,1	14,1	15,0	15,1
Elstar	14,4	14,5	14,6	14,5
Gala	14,7	13,9	12,4	13,7
Golden Delicious	14,4	19,4	15,3	16,4
Jonagold	15,9	15,6	14,0	15,2
Pia	12,0	12,8	11,9	12,2
Pilot	15,6	17,6	15,0	16,1
Pinova	15,3	14,9	13,7	14,6
Topaz	15,2	13,9	13,6	14,2
Mittelwert	14,6	14,9	13,7	14,4

Ähnliche Schwankungsbreiten im Zuckergehalt der Apfelsorten von Jahr zu Jahr wurden auch in neueren Untersuchungen aus den Anbauversuchen in Gülzow gemessen (Abb. 1).

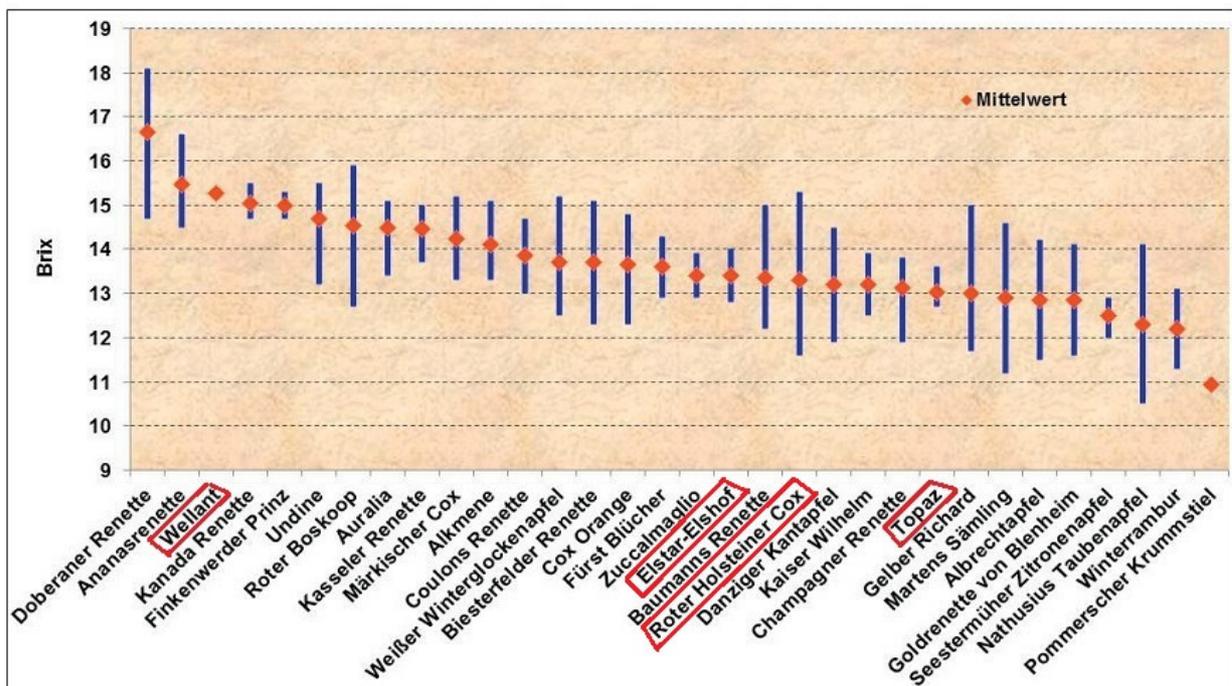


Abb. 1: Zuckergehalte alter Apfelsorten aus Gülzow, Mittelwerte 2009-11 und Schwankungsbreiten, Fruchtanalyselabor Jork (HÖHNE, 2012)

Die als Vergleich herangezogenen neueren Sorten 'Wellant', 'Elstar-Elshof' und 'Topaz' wiesen eine viel geringere Schwankungsbreite innerhalb der einzelnen Jahre auf. Sie stammen aus Sortenversuchen, die optimal ausgedünnt wurden.

Deutlich zu erkennen ist der extrem hohe Brix-Wert der 'Doberaner Renette', welcher viel höher liegt als der Wert aktueller Neuzüchtungen. Die der Abb.1 zu entnehmenden sehr hohen Schwankungsbreiten innerhalb der Sorten machen diese unter Umständen für Diabetiker weniger interessant.

Eine Untersuchung diesbezüglich von HOFER et al. aus dem Jahr 2005 kommt zu dem Ergebnis, dass nur einige moderne Marktsorten die für Diabetiker als Standard geltende Gleichung  $100\text{g Apfel} = 12\text{g Zucker} = 1\text{BE} = 52\text{kcal} = 210\text{kJ}$  erfüllen können. Beim Konsum alter Sorten muss tiefgreifender auf die spezielle Zusammensetzung des Apfels hinsichtlich der Zuckergehalte geachtet werden. HOFER kam in seinen Analysen von 180 Sorten auf Schwankungsbreiten von über 500% in einem einzigen Anbaujahr.

Oftmals als sauer eingestufte Sorten wie z.B. 'Grünstettiner' oder auch 'Boskoop' weisen sehr hohe Brix-Werte auf. Daher ist die Empfehlung für Diabetiker, auf saures Obst zurückzugreifen, nicht in jedem Fallt als korrekt anzusehen. Schon beim Konsum von 2 Äpfeln alter Sorten mit Werten zwischen 50 und 150kcal kann es bei der Insulinbewertung pro Tag zu einem Fehler kommen, der der Menge von 3 BE entspricht. Hochgerechnet auf einen Monat entspräche dies einem möglichen Unterschied von 6000 kcal.

**Stärke** ist nur in unreifen Früchten in signifikantem Umfang nachzuweisen. Sie wandelt sich während es Reifevorgangs zu Zucker um und ist in verzehrfähigem Obst nur noch in geringen Spuren nachzuweisen.

Der **Ballaststoffgehalt** im Apfel bewegt sich im Schnitt bei 2% der Frischsubstanz. Davon liegt jeweils ca. die Hälfte als Cellulose und als Nichtstärke-Polysaccharide vor. Für den Menschen unverdaulich und damit auch zu den Ballaststoffen zählend, sind die in Form von Heteropolysacchariden vorliegenden Pektinstoffe. Ihr Gehalt in Äpfeln bewegt sich im Mittel um 0,55% der Frischsubstanz, jedoch ist auch dieser Wert sehr variabel und abhängig von der Sorte und vom Reifegrad (HERRMANN, 2001). Das Pektin spielt in der menschlichen Verdauung eine wichtige Rolle u.a. wegen seiner wasserbindenden Eigenschaften.

Weiter kommen im Apfel die Zuckeralkohole Sorbit und Xylit vor. In Untersuchungen von FULEKI (1994) konnten geringe Mengen an Raffinose, Xylose, Stachyose und Galaktose nachgewiesen werden.

## Säuren

Neben den Aromastoffen ist das Verhältnis zwischen Zucker und Säure im Apfel maßgeblich für den Geschmack der Frucht verantwortlich ist. Durch die extrem hohe Sortenvielfalt und deren genetischen Merkmalen gibt es daher eine sehr hohe Varianz bezüglich der Säuregehalte.

Allein aufgrund des sauren Geschmacks auf einen geringen Zucker- und einen hohen Säuregehalt schließen zu können, ist ohne weiteres nicht möglich (HOFER ET AL., 2005). Auch ist in jedem Fall das persönliche Geschmacksempfinden der Konsumenten in Betracht zu ziehen, da das individuelle Säureempfinden stark variieren kann.

Durchschnittliche Angaben gehen von einer Menge zwischen 5 und 15g/l Frischmasse Säure im Apfel aus. Dominierend ist Äpfelsäure, gefolgt von Chinasäure und Zitronensäure. In geringen Mengen treten Bernsteinsäure, Fumarsäure und Shikimisäure auf (HERRMANN, 2001).

Die Äpfelsäure ist die maßgeblich für den sauren Geschmack der Früchte verantwortliche Säure, da sie bei jeweils als eher süß oder sauer eingestuften Sorten in unterschiedlicher Konzentration auftritt, wohingegen die restlichen organischen Säuren in relativ gleichmäßiger Menge in allen Sorten vorkommen, egal ob es sich um saure oder süße Varietäten handelt.

Die Säurekonzentration in der Frucht sinkt mit zunehmender Reife. Sie ist im biologischen Sinn Teil der Fortpflanzungs- und Verbreitungsstrategie des Apfels, welche durch Tierfraß dominiert wird. Der hohe Säuregehalt in der unreifen Frucht dient u.a. dazu, ein Fressen ebendieser und damit die Verbreitung der noch nicht keimfähigen Kerne zu vermeiden.

Untersuchungen aus den Jahren 2009-11 von HÖHNE (2012) an alten Apfelsorten zeigen eine Schwankungsbreite der Säurewerte zwischen 5,7g/l bei 'Martens Sämling' bis zu 14,5g/l bei 'Weißer Winterglockenapfel' auf. Das Mittel aller untersuchten Sorten lag bei 9,7g/l. Bei den neueren Marktsorten landeten 'Topaz' (9,7g/l) und auch 'Holsteiner Cox' (9,8g/l) im Mittelfeld, wohingegen 'Wellant' (7,9g/l) und 'Elstar' (7,1g/l) eher im unteren Bereich zu finden waren.

## **Vitamine**

Der Vitamingehalt von Äpfeln bewegt sich, verglichen mit anderen Obst- und Gemüsearten, in eher geringen Mengen. Durchschnittliche Vitamin C-Werte von 5-25mg pro 100g Frischmasse bei Äpfeln stehen 30-50mg bei Orangen, 400-500mg bei Sanddorn und bis zu 1700mg bei Acerolakirschen gegenüber (HERRMANN, 2001). Es muss jedoch bedacht werden, dass die empfohlene Vitamin C-Tagesdosis für den Menschen bei 100mg (DGE, 2012) liegt, und somit schon mit dem Verzehr von 2-3 Äpfeln mittleren Vitamingehalts gedeckt werden kann.

Vitamin C (Ascorbinsäure) wird von den meisten Menschen mit gesunder Ernährung in Verbindung gebracht. Vitamin C stimuliert das Immunsystem, stärkt die kollagenen Fasern im Bindegewebe, hat in hohem Maße antioxidative Eigenschaften und kann das ebenfalls antioxidativ wirkende Vitamin E (Tocopherol) aus seiner oxidierten Form regenerieren (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Weltweit wird Ascorbinsäure in Mengen von etwas 80.000t jährlich künstlich hergestellt und vielfach als Antioxidations- und Konservierungsstoff in der Lebensmittel- und Tierfutterindustrie eingesetzt oder in Apotheken als Vitaminpräparat verkauft. Umstritten ist allerdings die Wirkung des künstlich erzeugten Vitamin C, der L-Ascorbinsäure. Vitamin C pflanzlichen Ursprungs befindet sich immer eingebettet in Komplexe sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe und kann so erst seine antioxidativen und gesundheitsfördernden Eigenschaften voll ausschöpfen (SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004).

Eine Untersuchung älterer und neuer Apfelsorten vom Standort Ahrweiler zeigt eine enorme Breite an Vitamin C-Gehalten zwischen den verschiedenen Apfelsorten, angefangen von 9,8mg/l Frischmasse bei 'Linsenhofer Sämling' über 35,3mg/l bei 'Golden Delicious' bis hin zu 83,3mg/l bei der neuen Sorte 'Topaz' (Tab. 3).

**Tab. 3: Vitamin C-Gehalte in alten und neueren Apfelsorten(SCHMITZ-EIBERGER & BAAB, 2004)**

<b>Neue Sorten</b>	<b>Vitamin C (mg/l)</b>	<b>Alte Sorten</b>	<b>Vitamin C (mg/l)</b>
<b>Braeburn</b>	28,6	<b>Berlepsch</b>	76,1
<b>Cameo</b>	19,3	<b>Börtlingers Weinapfel</b>	17,7
<b>Delblush</b>	20,6	<b>Boskoop</b>	15,3
<b>Elstar</b>	16,6	<b>Dülmener Rosenapfel</b>	13,5
<b>Fuji</b>	22,6	<b>Gehers Rambour</b>	17,4
<b>Golden Delicious</b>	35,3	<b>Linsenhofer Sämling</b>	9,8
<b>Jonagold</b>	15,3	<b>Rheinischer Bohnapfel</b>	14,3
<b>Pinova</b>	22,6	<b>Mittelwert</b>	<b>23,4</b>
<b>Rubens</b>	13,4		
<b>Topaz</b>	83,3		
<b>Mittelwert</b>	<b>27,8</b>		

Die Sorte 'Topaz' liegt auch in einem Anbauversuch in Weinsberg im Mittel der Jahre 1988-2005 mit knapp 80mg/l mit an der Spitze, nur noch übertroffen von der Sorte 'Rubinola' mit über 120 mg/l (HÖHNE und RUESS, 2007).

In Untersuchungen aus Dresden-Pillnitz aus den Jahren 1999-2001 liegt die Sorte 'Pilot' mit 218 mg/l im Vitamin C-Gehalt deutlich an der Spitze, fast gleichauf gefolgt von den Sorten 'Pia', 'Elstar' und 'Topaz' mit jeweils 120-130 mg/l (FISCHER C. , 2003).

Wenn auch die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sich von der Höhe her unterscheiden (Ursache unterschiedliche Analysemethoden?), so liegen jedoch einige Sorten immer mit an der Spitze im Vitamin C-Gehalt ('Topaz').

In welchem Bereich der Frucht das meiste Vitamin C eingelagert wird, ist noch nicht abschließend geklärt. Das Standardwerk „Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse“ von HERRMANN (2001) weist dem Schalenbereich eine höhere Konzentration an Vitamin C zu als dem Fruchtfleisch. Zum gleichen Ergebnis kam auch GRILL (2005). Dahingegen wies SCHMITZ-EIBERGER et al. (2011) nach, dass im Fruchtfleisch eine höhere Konzentration vorherrscht.

Da das Fruchtfleisch den prozentual größten Teil des Apfels ausmacht, könnte nun sein, dass die Vitamin C-Konzentration im Schalenbereich tatsächlich höher liegt, in absoluten Zahlen im Fruchtfleisch aber viel mehr Vitamin C auftritt als im Schalenbereich. Von daher machen Aussagen zum Vitamingehalt in den unterschiedlichen Kompartimenten der Frucht nur Sinn, wenn es um die reine Analytik geht.

Ein eventuelles Schälen des Apfels ist hingegen in Anbetracht der sekundären Inhaltsstoffe zu bedenken, welche in Teil 2 näher behandelt werden.

Bei der Lagerung der Äpfel ist mit einer sehr geringen Abnahme der Vitaminkonzentrationen zu rechnen. Ältere Untersuchungen u.a. von HANSEN (1979) sprechen noch von einer relativ starken Abnahme des Vitamin C-Gehaltes im Kühllager, welche aber bei Nutzung moderner CA- bzw. ULO-Lagerung vernachlässigt werden kann (u.a. SLUIS et al., 2001).

Eine andere Thematik, welche an dieser Stelle nicht behandelt werden soll, ist die Abnahme von Inhaltsstoffen, vor allem Vitaminen, bei der Weiterverarbeitung von Äpfeln, insbesondere dem Versaften und anschließendem Pasteurisieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass alle im Apfel vorkommenden Inhaltsstoffgruppen eine starke Varianz aufweisen. In Abhängigkeit der klimatischen Gegebenheiten und vor allem der genetischen Möglichkeiten einer jeden Sorte können unterschiedliche Werte an Zuckern, Säuren, Vitaminen etc. ausgebildet werden.

Nicht zu unterschätzen und für den Obstbauern durch gute Fachkenntnisse zu erreichen ist die Kontrolle der Inhaltsstoffausbildung durch Kulturmaßnahmen wie gut durchgeführten Schnitt, Ausdünnarbeiten schon während der Blüte oder aber auch des frühen Behangs sowie eine adäquate Nährstoffversorgung und die Sicherung der Pflanzengesundheit. So kann durch bessere Assimilationsleistungen, ermöglicht durch mehr direkte Sonneneinstrahlung und weniger Früchte am Baum, eine gleichmäßigere Reife erzielt werden. Daraus resultiert meist eine hohe Ausbildung von Zuckern wie auch Vitaminen in der reifen Frucht.

Alle Autoren sind zu dem Schluss gekommen sind, dass der Verzehr von frischen Äpfeln in jeder Hinsicht positiv zu bewerten ist. SCHMITZ-EIBERGER und BAAB wiesen schon 2004 darauf hin, dass dem Konsum von natürlichem Vitamin C in jedem Fall der Vorzug vor künstlich hergestellten Äquivalenten zu geben ist. Daher kommt es

auch nicht auf den absoluten Vitamingehalt der Sorte an, da selbst der Verzehr nur schwach vitaminhaltiger Früchte ernährungsphysiologisch sinnvoller ist als künstliche Ascorbinsäurepräparate einzunehmen.

## Literaturverzeichnis

- Bergmann, P. D. (2006). *Allergiezentrum Charité*. Berlin
- DGE. (02.10.2012). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr - *Deutsche Gesellschaft für Ernährung*. <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=4&page=11>.
- Fießinger, A. (2012). Aktuelle Forschungsergebnisse zu Inhaltsstoffen des Apfels. Bachelorarbeit, Universität Rostock
- Fischer, C. (2003). Pillnitzer Apfelsorten - Fruchtqualität und Inhaltsstoffe im Vergleich. *Obstbau*, S. 64-66.
- Fischer, M. (2010). *Farbatlas Obstsorten*. Stuttgart: Ulmer.
- Fuleki, T. (1994). Sugar composition of varietal juices produced from fresh and stored apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, S. 1266-1275.
- Grafe C. (2009). Apfelallergie: Aktueller Wissensstand und Ausblick. *Obstbau*, S. 618-620
- Grill D., KEPPEL, H., GRUBE, M., ZADRAVEC, P., & STAMPAR, F. (2005). Endbericht über das Forschungsprojekt 1256: Bestimmung, Beschreibung und Kartierung alter Kernobstsorten in der nördlichen Steiermark einschließlich Untersuchung der Variabilität von Fruchtinhaltsstoffen.
- Hansen, R. (1979). Wertgebende Inhaltsstoffe in Äpfeln nach der Lagerung unter besonderer Berücksichtigung der neu im Anbau befindlichen Sorten. *Erwerbsobstbau* 21, S. 8-11.
- Herrmann, K. (2001). *Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse*. Stuttgart: Ulmer.
- Hofer, M., Herbinger, K., Hecke, K., Toplak, H., Veberic, R., Monschein, S., et al. (2005). Inhaltsstoffe alter Apfelsorten unter dietärischem Aspekt - Schwerpunkt Diabetes. *Journal für Ernährungsmedizin - Ausgabe für Österreich*(1), S. 30-33.
- Höhne, F. und Rueß, F. (2007) Anbauwert neuer Tafelapfelsorten mit Schorfresistenz. Teil III: Qualitätsparameter, Lagereignung und Zusammenfassung. *Obstbau*, 7, 366-379
- Höhne, F. (2012). Heutiger Wert alter Apfelsorten - erste Ergebnisse einer Sortensichtung in Gülzow. *Mitteilungen OVR*, XX, S. 133-139.
- Schmitz-Eiberger, M., & Baab, G. (2004). Das antioxidative Potenzial alter und neuer Apfelsorten. *Obstbau*, S. 542-547.
- Schmitz-Eiberger, M., Kiewning, D., Lippert, F., & Noga, G. (2011). *Einfluss der Darreichungsform bei Äpfeln auf deren Gehalte von wertgebenden Inhaltsstoffen*. Bonn: Universität Bonn, Frucht macht Schule.
- 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.