

# **An Apple a Day keeps the Doctor away**

*Eine kleine Apfelkunde im Gedenken an Dieter Treutter*

Erich F. Elstner

## **1. Der gesunde Apfel**

Vormittags, so gegen zehn Uhr, essen wir täglich einen Apfel und das schon seit Jahren. Diese Gewohnheit haben wir Prof. Dieter Treutter zu verdanken, einem verehrten Freund und Kollegen vom Institut für Obstbau in Weihenstephan, der ein einmaliger, „wissenschaftlicher“ Apfelkenner war. Dieter ist schon lange tot, aber wir essen immer noch Apfel. So gegen zehn.

Und beim Apfelessen denke ich oft an die Zeit, wo wir zusammen über eine glaubhafte Strategie der Äpfel nachdachten und stritten, wie sie es anstellen, ihr Weiterleben zu schützen: Wir kamen schließlich zu dem Ergebnis, sie machen es wie die (männlichen!) Fußballer in der Abwehrkette beim Freistoß des Gegners: sie schützen ihre Kerne!!

Äpfel haben, wie auch andere Pflanzenteile, die Eigenschaft, nach dem Anschneiden braun zu werden. Es ist für die Hausfrau nicht schön, wenn sich ihr erwarteter Besuch verspätet und der Obstsalat schon am Buffet vor sich hin bräunt. Deshalb wissen die Kundigen, dass Zitronensaft diese unerwünschte Eigenschaft unterdrückt und damit auch die sichtbaren Folgen eines Abwehrkampfes der Natur verhindert. „Braun“ erscheint uns, andererseits, auch irgendwie als gesund, sonst würden wir uns ja nicht in die Sonne legen.

Sonnenbräunung des Menschen und Verletzungsbräunung des Apfels, beides sind Schutzreaktionen. Warum ist das aber so und wie geht die Bräunung des Apfels?

Dass die Sonnenbräunung der Menschen auch problematisch ist, wissen wir schon seit den Anfangszeiten des „Finnengrills an der französischen Mittelmeerküste“ und dem Krebsregister. Und wie die Bräunung bei angeschnittenen Früchten geschieht, hat der deutsche Biochemiker Kubowitz im Prinzip schon 1938 bei Kartoffeln (u.a. Pflanzen) beschrieben, ist aber weniger bekannt: verantwortlich dafür sind die wichtigsten Schutz-Enzyme der Pflanzen, kupferhaltige **Polyphenoloxidasen** und ihre **phenolischen Substrate**.

(F. Kubowitz, Spaltung und Resynthese der Polyphenoloxidase und des Hamocyanins. Biochem. Zeitschr 229: 1938)

Dies scheint jedoch „alte Sorten“ stärker zu betreffen als Neuzüchtungen, aber alle bräunen am inneren Schalenrand und um das Kerngehäuse stärker und auch schneller. An kritischen Stellen also, die von Pathogenen (Pilze, Bakterien) erreicht und beschädigt werden können. Und dort steht auch die „Schutzmauer“ aus Phenoloxidasen, mit ihren „Schutz-Gehilfen“.

Der Apfel heißt auf lateinisch „**Pyrus malus**“. Diesen Namen hat ihm Linne` gegeben und heißt auf Deutsch so viel wie „schlechtes Kernobst“: Äpfel und Birnen gehören zur den Kernobstgewächsen (**Pyrinae**) aus der Familie der Rosengewächse (Rosaceae) und **malus** heißt auf lateinisch schlecht. Der Apfel hat möglicherweise seit Urzeiten seinen schlechten Ruf deshalb, als er durch ein „schlangenhaftes Konsumangebot“ im Garten Eden für Eva ein fatales Signal darbot, was für sie und ihren Partner zu den, (bis heute) immer noch wohlbekanntem Effekten führte: Abschiebung mit Mord und Totschlag in der folgenden Generation. Das muss vor Jahrhunderten anscheinend auch schon bei religiös, wie naturwissenschaftlich, vorgebildeten „Medizinern“ wie Carl v. Linné, bekannt gewesen sein. Er brandmarkte den Handel des Apfels wohl deshalb mit einer Konsumwarnung.

Carl von Linné (1707-1778) stammte aus einer alten Pfarrersfamilie und wurde privat ausgebildet in medizinisch-naturwissenschaftlichen Fächer in der Absicht als Arzt zu arbeiten. Von 1738 an praktizierte LINNÉ in Stockholm und hielt Vorlesungen in Mineralogie und Botanik. 1741 wurde er als Professor für Anatomie und Medizin nach Uppsala berufen, mit dem Titel eines Königlichen Leibarztes.

*Jetzt aber wieder zu den bekannten, **guten** Eigenschaften des Apfels.*

## **2. Der Abwehrkampf des Apfels**

### 2.1. Phenoloxidasen

Phenoloxidasen sind Enzyme, also Proteine, welche Phenole, also Benzolabkömmlinge mit Hydroxylgruppen, weiter oxidieren. Von den Phenolstoffen gibt es tausende von Varianten in Pflanzen und viele davon gehören zu den sog. „Phytoalexinen“. So nennt man die „Schutzstoffe“ in der Pflanzenpathologie. Diese Schutzstoffe liegen in der Pflanze entweder schon als solche vor, dann sind es eben „Gifte“ für ihre Pathogene und dienen in ähnlicher Weise, wie auch bei Tieren (Insekten, Schlangen). Wir kennen und schätzen sie in der

Naturheilkunde. Werden Schutzstoffe erst durch, oder nach Pathogenbefall gebildet (wie unsere Antikörper), so werden die Mechanismen zu ihrer Synthese durch Verletzung oder mechanische Reizung der Zellwände im betroffenen Gewebe induziert.

Phenoloxidasen liegen in den meisten Pflanzen latent vor, d.h. sie werden erst messbar, wenn man mazerierten Blattbrei „altern“ lässt. Das heißt, sie werden (aus den Zellwänden, u.a. Kompartimenten) erst langsam freigesetzt oder aktiviert um mit „Phenolen“ und Sauerstoff zu reagieren um schließlich einen (meist braunen) und ziemlich dichten „Wundverschluss“ aus hochpolymeren, braunen „**Melaninen**“ zu bilden.

Dabei passieren ein paar hochinteressante Dinge:

a) Durch die Verletzung des Apfelgewebes werden Zellmembranen zerstört und es entsteht erst einmal Chaos, das Zellinnere samt Inhalt der Vacuole mischen sich. Es kommen Moleküle zusammen, die zur Sicherung eines geregelten Stoffwechsels eigentlich getrennt sein müssen.

b) Enzyme wie Phenoloxidasen treffen auf den Inhalt der Vacuolen und die Phenoloxidasen treffen dann ihre Substrate: Phenole wie Dopamin.

c) Eine Oxidations- und Verknüpfungskaskade mit z. B. Dopamin führt über das Dopachinon zum Dopachrom und weiter zum „vernetzten Melanin“, welches dann eine chemische Barriere für Mikroben darstellt („Ur-Hansaplast“?).

d) Während der Apfel bräunt, schlagen „Reaktive Sauerstofftypen“ zu und schädigen die angreifenden Mikroben.

## 2.2. Chinone und Semichinone

Wenn die Phenoloxidasen auf ihre Substrate, Ortho-Diphenole wie das Dopamin treffen, so oxidieren sie diese zu Orthochinonen, welchen dann zwei Wasserstoffatome an diesen zwei Sauerstoffatomen (O) fehlen. Ohne ihren Wasserstoff (H) sind diese aber sehr unzufrieden: sie wollen ihren beruhigenden Wasserstoff zurück. Und weil dieser Prozess normalerweise nur biochemisch, d.h. von bestimmten Enzymen katalysiert in Zwei-Elektronenschritten passiert, machen die ungeduldigen Orthochinone folgendes: sie klauen einem benachbarten Hydrochinon einen Wasserstoff samt Elektron und hinterlassen in

dieser „Disproportionierung“ ein „Semichinon“, d.h. ein freies, unbeständiges Radikal. Und dieser chaotische Prozess setzt sich dann (wie aus vielen chaotischen Vorgängen in der Geschichte, in der Politik oder anderen „Entzündungen“ jedweder Art bestens bekannt), rasend schnell fort, bis hin zum molekularen Kannibalismus: sie nagen auch an ihren Geschwistern!

Und dann kommt obendrauf:

Es sind ja nicht nur die Semichinone, welche als „Freie Radikale“ Raubbau an anderen potentiellen Wasserstoffträgern treiben: Die „unzufriedenen“ Produkte, die Chinone, können es fast ebenso, obwohl sie in der Auswahl der „Beute“ schon wesentlich selektiver sind:

Die in der organischen Chemie als „Pseudo Michael-Reaktion“ bekannte Addition“ von Amino- (NH<sub>2</sub>-) oder Sulfhydryl- (SH-) Gruppen (von Aminosäuren oder Proteinen) an Chinone ist eine andere Reaktion, die diese Stoffgruppe betreffen. Dadurch greifen sie auch noch die „Außenposten“ von Zellorganellen an und bilden „inaktive Additive“.

### 2.3 Vitamin C: Erst wenn die Munition (Diphenole) ausgeht?

Abwehr ist der Kampf des Angegriffenen und hält nur an, solange die Vorräte reichen. Zu Beispiel an Munition und Nahrung. Das gilt auch für den Apfel: wenn die Munition, sprich die Diphenole, alle zum braunen Melanin oder zum „Michael-Additionsprodukt“ umgewandelt wurden, dann ginge der „Phenoloxidase- Artillerie“ eigentlich die Munition aus.

Kapitulation?

Nein! Der Apfel hat ja ein Depot, gefüllt mit Phenolen, die Vacuole. Und einen Reparaturservice, das Vitamin C. Das Vitamin C ist selbst ein sog. „En-diol“, d.h. besitzt in seinem Molekül zwei „eng sauerstoffgebundene“ Wasserstoffatome, die jederzeit an einen dankbaren Empfänger wie Chinone abgegeben werden können. Diese „Reduktion“, macht den Apfel fast autark, denn er hat dadurch seine eingebaute Apotheke.

Unser verehrter Linus Pauling, der mutige „Ascorbo-Phage“ und Nobel-Laureat, hat „Endwerte dieser Reaktion“ am eigenen Leib ausgetestet, auch ohne Apfel (5g/Tag?).

## **Abwehrstrategie und Trost für Äpfel und Fußballtrainer**

Letztendlich ist es immer das Gleiche, quasi eine „End-Zündung“: Gewebe von Pflanzen wie Tieren reagieren in erster Reaktion auf Angriffe mit einer Oxidation. Diese geschieht bei Pflanzen im Gewebe, diffus direkt unter der Epidermis (Außenhaut), beim Tier aber im Phagosom der Leukozyten. Im ersten Schritt werden, eingeleitet durch ein Enzymsystem, sehr reaktive, zelltoxische Moleküle erzeugt. Diese Chemie ist abhängig von Sauerstoff, verläuft aber nicht wie unsere Atmung, wohl dosiert und kontrolliert, in den isolierten Bahnen der Mitochondrien: Nein, es ist ein rein chemischer Folgeprozess, ausgelöst von einer physikalisch-mechanischen Verwundung. Nur der erste Schritt ist reine Biochemie. Im Phagosom ist außerdem noch Chlor beteiligt, wobei die Myeloperoxidase aus Wasserstoffperoxid und Chlorid die Unterchlorige Säure als „Bakterienkiller“ bildet. Der Rest ist (auch hier) „radikales“ Chaos.

Die Heilung der Gewebe ist dann wieder eine andere Geschichte.

**Ist nicht der Apfel (irgendwie),  
verwandt zum sturzverletzten Knie?**

## **Dieter Treutter (1956-2016)**

