

**Negative Umwelteinflüsse
auf den Vitamin C-Gehalt
verschiedener Lebensmittel**



Facharbeit 2015
im Grundkurs Chemie

Felix Reichel

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	Vitamine – wichtige Nahrungsbestandteile	5
3	Vitamin C – nicht nur ein Immunstärker?	6
3.1	Allgemeine Fakten	6
3.2	Entdeckung des Antiskorbut-Vitamins	7
3.3	Erste industrielle Herstellungen	7
3.4	Heutiger Anwendungsbereich in der Industrie	8
3.5	Aufgaben im menschlichen Organismus	9
4	Idee zu der Versuchsreihe	10
5	Versuchsreihe	10
5.1	Benötigte Materialien und Chemikalien	10
5.2	Durchführung der Versuchsreihe	11
5.2.1	Vorbereitungen und Titerbestimmung	11
5.2.2	Versuch 1: Umwelteinfluss durch 1 g Kupfersulfat	12
5.2.3	Versuch 2: Umwelteinfluss durch 0,05 g Kupfersulfat	14
5.2.4	Versuch 3: Umwelteinfluss durch mittel große Hitze	15
5.2.5	Versuch 4: Umwelteinfluss durch große Hitze	16
5.2.6	Versuch 5: Umwelteinfluss durch Luft-Sauerstoff	17
5.2.7	Versuch 6: Umwelteinfluss durch Kälteeinwirkung	18
6	Fazit der praktischen Arbeit	19
7	Literatur- und Quellenverzeichnis	22
7.1	Literatur	22
7.2	Internetquellen	23

8	Anhang	25
8.1	Bilder vom Experimentieren	25
8.2	Industrielle Ascorbinsäure-Synthese	27
8.3	Ascorbinsäure-Oxidation	28
8.4	Vitamin-C-Tabelle	28
9	Versicherung der selbstständigen Erarbeitung	29

1 Einführung

In den Zeiten von Fast Food und Fertiggerichten wird der Fokus oftmals kritisch auf die Inhaltsstoffe dieser Produkte gerichtet und es wird hinterfragt, ob diese Lebensmittel den Anspruch an eine „gesunde und nährstoffreiche“ Ernährung erfüllen können. Gerade in der jetzt endenden Winter- und damit verbundenen Kältezeit wird viel Wert auf eine vitaminreiche Ernährung gelegt. Vor allem das angebliche „Wundermittel“ Vitamin C ist jetzt sehr gefragt und es werden viele Nahrungsmittel mit einem hohen Vitamin C-Gehalt beworben und konsumiert. Der Satz „Ein Apfel pro Tag erspart den Arzt!“ ist allgemein verbreitet und weist auf die allgemein bekannte immunstärkende Wirkung des Vitamin C hin. Doch durch falsche Lagerung oder Zubereitung kann sich der Vitamin-C-Gehalt eines Nahrungsmittels stark verringern.

Wie also soll ein Vitamin C-reiches Produkt gelagert bzw. zubereitet werden, um den wertvollen Inhaltsstoff zu bewahren? Welche Faktoren wirken sich negativ auf den Vitamin C-Gehalt eines Nahrungsmittels aus?

Ich bin durch mein letztjähriges Betriebspraktikum in einer örtlichen Apotheke häufiger auch mit Vitaminpräparaten und Medikamenten, welche mit einem Zusatz von Vitaminen beworben werden, in Kontakt gekommen. Im Internet bin ich dann bei einer Recherche für mögliche Facharbeitsthemen auf die Ascorbinsäure gestoßen und mich hat eine intensivere Befassung mit diesem Thema sofort gereizt. Im Alltag stößt man bekanntlich häufig auf die Frage nach einer gesunden und ausgewogenen Ernährung und auch die Industrie wirbt häufig mit besonders vitaminreichen Produkten. So trinken viele Menschen z.B. den *Multivitamin*-Saft, schwören im Winter auf einen „heißen Zitronen-Tee“ oder essen bestimmte Bonbons oder Gummibärchen, da diese angeblich viele Vitamine enthalten. Im Folgenden werde ich den oben genannten Fragestellungen nachgehen und versuchen, durch einige geeignete praktische Untersuchungen Antworten darauf zu finden. Dazu setze ich vorbereitete Proben aus reiner Ascorbinsäure-Lösung (industriell synthetisiertes Vitamin C) und Zitronensaft (frisch gepresster Saft jeweils für eine bestimmte Zeit einem ausgewählten Umweltfaktor aus und versuche mit Hilfe einer bestimmten Titrationsmethode zu ermitteln, welche der erprobten Faktoren den Vitamin C-Gehalt am stärksten negativ beeinflussen. Zuvor werde ich Vitamine im All-

gemeinen und das Vitamin C und seine Geschichte im Besonderen in den Blick nehmen.

2 Vitamine – wichtige Nahrungsbestandteile

Der Begriff „Vitamin“ ist aus den Wörtern „vita“ (lat. für „Leben“) und „amin“ („stickstoffhaltig“) zusammengesetzt (Ahlheim 1983, S. 252). Dieser Ausdruck wurde im Jahr 1912 von dem Biochemiker Casimir Funk geprägt, der das Vitamin Thiamin (B₁) erstmals chemisch isolieren konnte (<http://flexikon.doccheck.com> 01.02.2015). Obwohl man heute weiß, dass die meisten Vitamine chemisch gesehen gar keine Amine sind, hat sich dieser Begriff international durchgesetzt (Beyer & Walter 1984, S. 417).

Vitamine sind lebenswichtige organische Verbindungen, die für den Stoffwechsel des menschlichen Körpers unentbehrlich, also essentiell sind (Gnauer & Muermann 1985, S. 436). Sie werden vor allem von Pflanzen und Bakterien synthetisiert, von manchen Tieren und dem menschlichen Organismus jedoch nicht. Deshalb müssen Vitamine ständig durch die Nahrung aufgenommen werden (Ahlheim 1983, S. 252). Vitamine sind jedoch in zahlreichen pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln enthalten oder als Provitamine (Vorstufe der Vitamine), welche der Körper dann in die wichtigen Vitamine umwandelt, vorhanden (Gnauer & Muermann 1985, S. 436).

Vitamine kann man zwar weder sehen noch schmecken, dennoch können sie schon in kleinsten Dosen ihre große Wirkung (z.B. Energiegewinnung, Immunstärkung, Hormonbildung, Entgifter und Enzymregulator) entfalten (<http://www.planet-wissen.de> 01.02.2015). Fehlen sie oder ist die Menge dieser organischen Katalysatoren in der Nahrung zu gering, dann treten schwere Mangelkrankungen, die sogenannten Avitaminosen, auf (Beyer & Walter 1984, S. 417). Auch Antivitamine können Vitaminmangelkrankungen hervorrufen, da sie die eigentlichen Vitamine zerstören (vitaminspaltende Enzyme), sie durch Bindungen deaktivieren oder die eigentlich aktivierten Enzyme hemmen (Antimetabolite) (Baumann et al. 1974, S. 974).

3 Vitamin C – nicht nur ein Immunstärker?

3.1 Allgemeine Fakten

Vitamin C, auch Ascorbinsäure genannt, ist ein farbloser und sauer schmeckender kristalliner Feststoff. Ascorbinsäure ist eine vinyloge Säure, deren Schmelzpunkt bei ca. 192°C liegt (Zersetzung) (Falbe & Regitz 1989, S. 265). Chemisch ist es ein vom C₆-Gerüst der Hexosen abgeleitetes Vitamin (Abb. 1), das gut in Wasser und Alkohol gelöst werden kann (Sauermost 1991, S. 105). Manchmal wird Vitamin C jedoch auch aufgrund seiner Struktur zu den essentiellen Kohlenhydraten gezählt (Baumann et al. 1974, S. 980). Es ist außerdem wegen seinen beiden Hydroxylgruppen an den C-Atomen mit der Doppelbindung ein Endiol, wirkt als Redukton und seine Salze heißen Ascorbate (Baumann et al. 1974, S. 980).

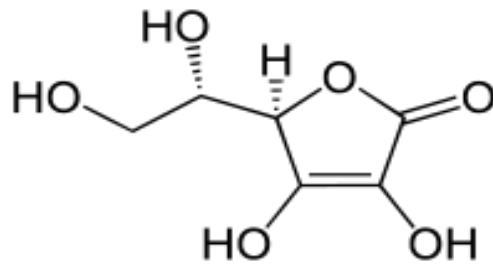


Abb. 2: Vitamin C – Strukturformel

(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ascorbinsäure>)

Des Weiteren ist Ascorbinsäure relativ leicht oxidierbar und wirkt daher als gutes Reduktionsmittel (Sauermost 1991, S. 106). Nur für Menschen, Affen, Meerschweinchen und wenige andere Tiere ist Ascorbinsäure aufgrund eines Defekts des Enzyms L-Gulono- γ -lacton-Oxidase essentiell. Bei anderen Lebewesen geht die etwas komplizierte Biosynthese der Ascorbinsäure von D-Glucose oder D-Galactose (beides Monosaccharide) aus (Falbe & Regitz 1989, S. 265).

Natürlicherweise ist Vitamin C vor allem in roter Paprika, Zitrusfrüchten, Kohl, grünem Salat, Tomaten, der Acerolakirsche und schwarzen Johannisbeeren enthalten (Schütte 2014, S. 46).

3.2 Entdeckung des Antiskorbut-Vitamins

Das Vitamin C wurde eigentlich nur aufgrund des Auftretens der lange Zeit als unheilbar geltenden Krankheit Skorbut entdeckt. Im Jahre 1541 brach diese Krankheit auf einigen Schiffen aus und es wurden später Zusammenhänge zwischen einer gesunden, ausgewogenen Ernährung und dem Auftreten von Skorbut erkannt. „Das Wissen um einen antiskorbutischen Faktor in pflanzlichen Nahrungsmitteln setzte eine intensive Forschung in Gang, wobei im Jahre 1907 wiederum eine Zufallsentdeckung sehr hilfreich war [...]“. Bei einem Ernährungsexperiment mit Meerschweinchen wurde eine zum menschlichen Skorbut sehr ähnliche Krankheit entdeckt und daraufhin konnten weitere Versuche zur Erforschung des antiskorbutischen Faktors, beim bis heute einzigen bekannten „Labortier“ mit einer Skorbutanfälligkeit, durchgeführt werden. Es dauerte jedoch noch, bis im Jahre 1920 Szent-Györgyi den antiskorbutischen Faktor identifizierte und den Begriff „Vitamin C“ bzw. „A-scorbinsäure“ vorschlug und erst 1933 wurde schließlich dann die chemische Strukturformel der Ascorbinsäure ermittelt (Brockhoff 2009). Dem Schweizer Chemiker Reichstein gelang im gleichen Jahr dann auch noch die künstliche Herstellung dieses Stoffes und somit die endgültige Bekämpfung der Skorbut-Krankheit (Wintermeyer o.J., S. 1).

3.3 Erste industrielle Herstellungen

Nach den ersten konkreten Beschreibungen des Vitamin C wurde diese Substanz aus verschiedensten Früchten und Pflanzenteilen in langwierigen Arbeitsschritten gewonnen und die jahreszeitliche Abhängigkeit der Menschen von diesem Stoff wurde weitgehend ausgeschaltet (Wintermeyer o.J., S. 3f.). „Der Schritt zur völligen Unabhängigkeit von Witterungseinflüssen und den damit eventuell verbundenen Missernten Ascorbinsäurehaltiger Pflanzen gelang 1933 Reichstein und Grüssner mit ihrer Ascorbinsäure-Synthese, die auch heute noch Grundlage der industriellen Vitamin-C-Produktion ist.“ (Wintermeyer o.J., S. 4) (Abb. 11). Den zwei noch heute marktführenden Unternehmen Merck (Darmstadt) und Hoffmann La Roche (Basel) gelang zuerst die industrielle Herstellung von Vitamin C, die heute aufgrund von Verfahrensverbesserungen aus D-Glucose, einer der am meisten in der Natur vorkommenden organischen Substanzen, wesentlich preisgünstiger verläuft. In den 1950er Jahren wurde die therapeutische Wirkung von Ascor-

binsäure an fast allen Erkrankungen getestet und es wurden auch einige Erfolge beobachtet. Neben der besonders hohen Wirkung von Vitamin C bei diversen Mangelerkrankungen, ist auch ein unterstützender Effekt der Abwehrkräfte zu verzeichnen (Wintermeyer o.J., S. 4).

3.4 Heutiger Anwendungsbereich in der Industrie

Auch in der Lebensmittelindustrie ist Ascorbinsäure sehr gefragt (Wintermeyer o.J., S. 5). Aufgrund seiner antioxidativen Wirkung nehmen Fruchtsäfte, sowie Obst und Gemüse an der Luft durch die Lichteinwirkung keine Braun- bzw. Grautöne an und die natürlichen Farbstoffe, wie z.B. die Carotinoide, verschwinden nicht so schnell. Auch Fleischwaren behalten ihre frisch wirkende rötliche Färbung durch den Einsatz von Ascorbinsäure länger. Während des Pökelvorgangs wird der Umröteprozess durch das stark reduzierend wirkende Vitamin C beschleunigt und gleichzeitig wird die Bildung physiologisch bedenklicher Stoffe, wie z.B. der Nitrosamine, unterbunden. Die eigentlich unschädliche Ascorbinsäure konnte dadurch auch andere möglicherweise schädliche Stoffe als Antioxidantien, wie z.B. Salze oder schwefelige Säuren, verdrängen (Wintermeyer o.J., S. 5).

Obwohl durch eine ausgewogene Ernährung eigentlich genug Vitamine von den Menschen aufgenommen werden, lassen sich besonders vitaminreiche Produkte immer noch gut vermarkten und es werden auch zahlreiche Nahrungsergänzungsmittel, die eigentlich eine zu geringen Vitaminaufnahme ausgleichen sollen, verkauft. Konsumenten denken, dass sie nur durch die Einnahme von diesen Präparaten ein gesundes und relativ stressfreies Leben verbringen können. Erfolge dürften sich jedoch eigentlich nur bestimmte Risikogruppen, wie z.B. Schwangere oder Hochleistungssportler, und Personen in extremen körperbelastenden Situationen erhoffen. Auch muss zwischen natürlichen und industriell synthetisierten Nahrungsergänzungsmitteln unterschieden werden, da die „Künstlichen“ häufig noch andere, manchmal gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe besitzen und sie vom Körper aufgrund einer „unnatürlichen“ Struktur nicht richtig erkannt bzw. verarbeitet werden (<http://www.zentrum-der-gesundheit.de> 14.03.2015).

3.5 Aufgaben im menschlichen Organismus

Vitamin C ist nach heutigem Kenntnisstand eine lebenswichtige und vielfältige „Wunderwaffe“ und für viele verschiedene Aufgaben im Körper zuständig bzw. hilfreich. Es wird vom menschlichen Organismus über den Darm aufgenommen und unterbindet wegen seiner Redoxeigenschaft z.B. die Wirkung diverser krebserzeugender Stoffe, sofern es in ausreichender Menge durch den Körper aufgenommen wird (<http://www.mydoc.de> 14.03.2015; Wintermeyer o.J., S. 4f.). Auch während einer Schwangerschaft und im Kindesalter ist genügend Ascorbinsäure nötig, da es sich positiv auf das Wachstum und die Ausbildung von Knochen und Zähnen auswirkt (Wintermeyer o.J., S. 5). Des Weiteren benötigt der menschliche Organismus ausreichend Vitamin C, um sein Bindegewebe zu erneuern und körpereigene Botenstoffe sowie Hormone zu produzieren (<http://www.apotheken-umschau.de> 14.03.2015). Ascorbinsäure beeinflusst aber auch die Aufnahme von Eisen im Darm positiv und verbessert die Entgiftung bei einer zu hohen Konzentration an Schwermetallen oder freien Radikalen (<http://www.gesundheit.de> 14.03.2015). Auch steigert es die Konzentrationsfähigkeit, unterstützt die Wundheilung und senkt das Risiko für allergische Reaktionen (<http://www.ipn.at> 14.03.2015). Ein Vitamin C-Mangel, der häufiger bei Schwangeren, Rauchern, Leistungssportlern, Diabetikern und älteren Menschen aufgrund eines größeren Bedarfs auftreten kann, beeinflusst das Immunsystem negativ und die betroffene Person wird vor allem anfälliger gegenüber Erkältungskrankheiten (<http://www.gesundheit.de> 14.03.2015). Deshalb treten besonders in den Vitamin C-ärmeren Teilen eines Jahres (Winter- und Frühjahrsmonate) gehäuft Erkältungen und Grippe auf. In diesem Zusammenhang wurde auch der Chemie- und Friedensnobelpreisträger Linus Pauling berühmt, der in seinem Buch „Vitamin C and the Common Cold“ und in einem späteren Vortrag davon berichtete, dass er aufgrund einer täglich zugeführten Dosis von 1-12 g an Vitamin C nie wieder an Schnupfen erkrankte (Wintermeyer o.J., S. 5). Eine Überdosis an Ascorbinsäure wird eigentlich unverbraucht über den Urin wieder ausgeschieden, doch manchmal werden dadurch auch Nierensteine, Sodbrennen oder Darmprobleme verursacht. Falls man aber trotz des unangenehm sauren Geschmacks als erwachsener Mensch ca. 833g dieser Substanz aufnimmt, könnte diese Dosis auch tödlich wirken (<http://www.mydoc.de> 14.03.2015).

Vitamin C ist noch an vielen weiteren Vorgängen im menschlichen Organismus beteiligt, ich habe mich hier jedoch auf einige ausgewählte beschränkt.

4 Idee zu der Versuchsreihe

Wie zuvor erwähnt ist Vitamin C für den Organismus lebensnotwendig. Häufig wird z.B. für einen erwachsenen Menschen ein durchschnittlicher Tagesbedarf von ca. 100 mg/Tag ausgesprochen, da der Mensch das Vitamin weder selbst synthetisieren noch speichern kann (<http://www.apotheken-umschau.de> 14.03.2015). Daher ist es hilfreich zu wissen, wie man sein Vitamin C-haltiges Obst bzw. Gemüse lagern und zubereiten sollte, um nicht all zu viel dieses wichtigen Stoffes zu verlieren. Aufgrund dieser Überlegungen wurden die im Folgenden beschriebenen Experimente durchgeführt, bei denen jeweils ein konkreter Umweltfaktor ausgewählt worden ist, dessen negative Auswirkungen auf den Vitamin C-Gehalt nach einem Tag bzw. nach einer Woche mittels eines bestimmten Titrationsverfahren ermittelt und dokumentiert wurden.

5 Versuchsreihe

5.1 Benötigte Materialien und Chemikalien

Geräte:

Bürette, 10 ml Pipette, Pipettierhilfe, Magnetrührer, Rührfisch, Rührfischangel, Trichter, Rundfilter, Weithals-Erlenmeyerkolben, Bechergläser, Messkolben, Messzylinder, Chemikalienflaschen, Gaswaschflaschen, Aquariumpumpe, thermostatisiertes Wasserbad, Gasbrenner, Vierfuß mit Ceranfeld, elektrischer Entsafter,

Chemikalien:

Vitamin-C-Pulver („dm - DAS gesunde PLUS“ Char.-Nr. L1561012, MHD: 01/2018) , Ascorbinsäure-Lösung (c = 100mg/L), frisch gepresster Zitronensaft, frisch gepresster und verdünnter Zitronensaft, Iod-Lösung, Stärke-Pulver, Stärke-Lösung, Kupfer(II)-sulfat-5- H₂O, destilliertes Wasser

5.2 Durchführung der Versuchsreihe

5.2.1 Vorbereitungen und Titerbestimmung

Als erster Versuchsschritt muss die leicht verderbliche Stärke-Lösung hergestellt werden, da diese später als Redox-Indikator fungiert. Dazu wird Stärke-Pulver zusammen mit destilliertem Wasser in ein Becherglas gegeben und anschließend auf einem Vierfuß mit einem Gasbrenner erhitzt. Die Stärke löst sich mit der Zeit in dem zugegebenen Wasser, sodass eine klare Flüssigkeit entsteht, welche man anschließend in ein geeignetes Aufbewahrungsgefäß füllt.

Dann wird die benötigte Ascorbinsäure-Lösung angemischt. Dazu verwendet man 100mg reines Vitamin C, welches man in einem 1L Messkolben unter mehrmaligem Schütteln in destilliertem Wasser löst. Diese Flüssigkeit besitzt dann eine Konzentration von 100mg/L Ascorbinsäure, was die nachfolgenden Rechnungen erleichtert.

Für das hier genutzte Titrationsverfahren der „Iodometrie“ muss man nun den Titer der zu verwendenden Iod-Lösung bestimmen. Dazu pipettiert man 10 mL der vorbereiteten Ascorbinsäure-Lösung mit genau bekannter Konzentration in einen Erlenmeyerkolben, gibt drei Tropfen der Stärke-Lösung und einen Rührfisch hinzu und stellt dann alles auf einen Magnetrührer. Des Weiteren befüllt man eine Bürette mit der Iod-Lösung, deren Konzentration nun bestimmt werden soll. Man gibt die Iod-Lösung dann tropfenweise zu der Ascorbinsäure-Lösung hinzu, bis diese einen leichten bleibenden Blaustich annimmt. Die Blaufärbung kommt durch die Reaktion von Iod und Stärke zustande. Sie verläuft jedoch erst nach der Redox-Reaktion von Ascorbinsäure und Iod ab, also erst, sobald alle Ascorbinsäure-Moleküle reagiert haben und somit deren Konzentration durch den Verbrauch an Iod-Lösung bestimmt wurde. Die Berechnung des Titers verläuft dann so:

$$8,75 \text{ mL Iod-Lösung} \quad \triangleq \quad 1 \text{ mg Ascorbinsäure}$$

$$1 \text{ mL Iod-Lösung} \quad \triangleq \quad 0,114 \text{ mg Ascorbinsäure}$$

Nun muss noch der Zitronensaft frisch gewonnen werden. Dieser symbolisiert frisches Gemüse und auch Obst und vermittelt so „alltagsgetreuere“ und realistischere Werte.

Dazu presst man frisch gekaufte Zitronen in einer elektrischen Saftpresse und filtriert den Saft anschließend, um nur den reinen Saft zu erhalten und die benutzten Pipetten nicht zu verstopfen. Dieser Saft wird zunächst einer „orientierenden Titration“ unterzogen, wobei eine Konzentration von 450 mg/L an Ascorbinsäure bestimmt wurde. Da dieser Wert jedoch im Vergleich zu der vorbereiteten Ascorbinsäurelösung deutlich zu hoch ist (10 mL Zitronensaft $\triangleq$ 39,8 mL Iod-Lösung), wird der Saft im Verhältnis 1:4 mit destilliertem Wasser verdünnt. Bei einer erneuten Titration werden dann nur noch 6,8 mL Iod-Lösung für 10 mL des verdünnten Zitronensaftes verbraucht.

Tab. 1: Vergleichsbestimmungen auf den Ascorbinsäure-Gehalt der zu untersuchenden Lösung

zu titrierende ascorbinsäurehaltige Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Far- bumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)
10 mL Ascorbinsäure-Lösung	8,75 mL
10 mL reiner Zitronensaft	39,80 mL
10 mL mit Wasser verdünnter Zitronensaft (1:4)	6,80 mL

Quelle: eigene Messungen

Dann werden die zu untersuchenden Proben aus der Ascorbinsäure-Lösung und dem verdünnten Zitronensaft fertig gestellt.

5.2.2 Versuch 1: Umwelteinfluss durch ca. 0,254g Kupfer-Ionen

Es werden jeweils 110 mL Ascorbinsäure-Lösung bzw. Zitronensaft in ein Gefäß mit 0,254g Kupfer-Ionen gegeben. Praktisch wurde 1g Kupfer(II)-sulfat-5-H₂O in die zu untersuchenden Gemische gegeben, das entspricht ca. 0,245g Kupfer-Ionen, die für den Versuch relevant sind. Die Lösung wird mehrfach geschwenkt, damit sich die Kupfer-Ionen in der jeweiligen Lösung vermischen. Das Gefäß wird randvoll befüllt, um den Einfluss von Luftsauerstoff auszuschließen, und wird verschlossen für einen Tag bei Zimmertemperatur gelagert.

Idee: Auf den Schiffen mancher Seefahrer brach früher trotz des ausreichenden Verzehr von Sauerkraut Skorbut aus. Das Sauerkraut wurde auf diesen Schiffen in Kupferkesseln gegart, in denen die Milchsäure das Kupfer während des Garprozesses angriff, und die Kupfer-Ionen wirkten sich dann möglicherweise negativ auf den Vitamin-C-Gehalt des Sauerkrautes aus (<http://www.chemieunterricht.de>. 14.03.2015).

Tab. 2: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit 0,254g Kupfer-Ionen

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	0,50 mL	- 8,70 mL	ca. - 94,29%
10 mL Zittr-Saft	1,20 mL	- 5,60 mL	ca. - 82,35%

Quelle: eigene Messungen

In Anwesenheit von Kupfer-Ionen reagieren die Ascorbinsäure-Moleküle als gutes Reduktionsmittel zu Dehydroascorbinsäure. Dabei gibt das Ascorbinsäure-Molekül zwei Wasserstoff-Ionen (H^+) sowie zwei Elektronen (e^-) ab und geht so in seine biologisch inaktive Form über (<http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de>. 15.03.2015) (Abb. 12). Aufgrund der relativ hohen Zugabe von 0,254 g Kupfer-Ionen gegenüber ca. 1 mg enthaltener Ascorbinsäure in 10ml der vorbereiteten Lösung ($c = 100 \text{ mg/L}$ Ascorbinsäure) reagieren in diesem Versuch (1a) beinahe alle Ascorbinsäure-Moleküle (ca. 94 %). Im zweiten Versuch (1b) gehen dagegen nur ca. 82 % der Vitamin-C-Moleküle in ihre biologisch inaktive Form über, obwohl der verdünnte Zitronensaft weniger Ascorbinsäure-Moleküle enthält, als die reine Ascorbinsäure-Lösung (vgl. Tab. 1). Diese Beobachtung könnte aufgrund der noch im Zitronensaft enthaltenen sekundären Pflanzenstoffe oder Fruchtfleischzellen zustande kommen, welche möglicherweise die Ascorbinsäure-Moleküle „schützen“ oder selbst mit den Kupfer-Ionen reagieren. Die Dehydroascorbinsäure-Moleküle reagieren in beiden Titrationen dann natürlich nicht mehr mit der Iod-Lösung, wodurch der Stärke-Indikator das Gemisch früher verfärbt. Die letzten beiden Spalten der Tabelle 2 geben dann indirekt den Anteil der Dehydroascorbinsäure-Moleküle in der titrierten Lösung an.

5.2.3 Versuch 2: Umwelteinfluss durch ca. 0,013g Kupfer-Ionen

Nun werden nur 0,013 g Kupfer-Ionen (vgl. Versuch 1, S. 12) zu den jeweils 110 mL Ascorbinsäure-Lösung bzw. Zitronensaft gegeben. Die Gemische werden wieder einen Tag bei Zimmertemperatur verschlossen gelagert.

Idee: Aufgrund der deutlichen Abnahme des Vitamin C-Gehaltes aus dem Versuch 1, wurde dieser mit einem geringeren und realistischeren Zusatz an Kupfer-Ionen wiederholt.

Tab. 3: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit 0,013g Kupfer-Ionen

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	0,75 mL	- 8,00 mL	ca. - 91,43%
10 mL Zitr-Saft	5,90 mL	- 0,90 mL	ca. - 13,24%

Quelle: eigene Messungen

Wie bei Versuch 1 wurden auch hier wieder Kupfer-Ionen zu den vorbereiteten Ascorbinsäure- bzw. Zitronensaft-Lösungen gegeben. Die deutlich verringerte Menge an zugegebenen Kupfer-Ionen im Vergleich zum ersten Versuch zeigte jedoch bei der Ascorbinsäure-Lösung aus industriell synthetisierter Ascorbinsäure und Wasser keine großen positiven Auswirkungen, da in der titrierten Lösung nachher nur ca. 3 % Vitamin C-Moleküle mehr vorhanden sind als im ersten Versuch. Der Zitronensaft ist dagegen deutlich beständiger in Anwesenheit der Kupfer-Ionen gewesen, da nun nur ca. 13 % der Ascorbinsäure-Moleküle zu Dehydroascorbinsäure-Molekülen reagiert haben. Dies könnte daran liegen, dass die Ascorbinsäure-Moleküle im Zitronensaft nicht so frei in der Lösung vorliegen wie in der Vitamin C-Lösung, die nur aus reiner Ascorbinsäure besteht. Die Pflanzeninhaltsstoffe, Stoffe aus den Fruchtfleischzellen und möglicherweise auch die Zitronensäure schützen die Ascorbinsäure im Zitronensaft so gut vor den Kupfer-Io-

nen, dass nur ein geringer Teil mit diesen reagiert hat.

5.2.4 Versuch 3: Umwelteinfluss durch mittel große Hitze

Die 110 mL Vitamin C-Lösung bzw. Zitronensaft werden in geschlossenen Gefäßen 24 Stunden lang bei 60°C in einem thermostatisierten Wasserbad aufbewahrt. Es sollte wieder darauf geachtet werden, dass noch so wenig Luft wie möglich im Gefäß vorhanden ist. Bevor jedoch jeweils eine Probe titriert werden kann, müssen die warmen Flüssigkeiten erst abkühlen, da sonst die Reaktivität der Stärke und des daraus resultierenden Farbumschlages verändert ist.

Idee: Allgemein ist die Ansicht verbreitet, dass es gesünder ist, vitaminhaltiges Gemüse bei niedrigen Temperaturen zu garen, um die wichtigen Inhaltsstoffe zu schützen.

Tab. 4: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit mittel großer Hitze

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	0,95 mL	- 6,80 mL	ca. - 89,14%
10 mL Zitr-Saft	1,95 mL	- 4,85 mL	ca. - 71,32%

Quelle: eigene Messungen

Durch die Einwirkung von Hitze auf die Vitamin C- haltigen Lösungen sinkt deren Vitamin-Gehalt drastisch. In beiden Lösungen werden die Ascorbinsäure-Moleküle durch die Wärmezufuhr zerstört, jedoch ist wieder die Ascorbinsäure in dem Zitronensaft beständiger als das reine Vitamin C in der Ascorbinsäure-Lösung, was wiederum auf die weiteren Inhaltsstoffe des natürlichen Zitronensaftes zurückgeführt werden kann.

5.2.5 Versuch 4: Umwelteinfluss durch große Hitze

30 mL der vorbereiteten Proben werden dieses Mal in Bechergläsern mit einem Gas-

brenner zum Sieden gebracht. Dann werden die Lösungen unter Rühren weitere fünf Minuten lang erhitzt. Vor dem Titrieren müssen die Flüssigkeiten wieder abkühlen.

Idee: Im Winter trinken viele Personen einen heißen Zitronen-Tee und viele Menschen kochen ihr vitaminhaltiges Gemüse. Hat dies entscheidende negative Auswirkungen auf den Vitamin C-Gehalt?

Tab. 5: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit großer Hitze

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	4,95 mL	- 3,80 mL	ca. - 43,43%
10 mL Zitr-Saft	3,78 mL	- 3,12 mL	ca. - 44,41%

Quelle: eigene Messungen

Wie im dritten Versuch bereits erklärt werden auch durch das kurzzeitige starke Erhitzen der Ascorbinsäure-Lösung und des Zitronensaftes die Vitamin C-Moleküle zerstört. Dieses Mal zeigt sich jedoch, dass die Ascorbinsäure-Lösung prozentual minimal beständiger als der Zitronensaft gegenüber der starken Erhitzung ist, jedoch verliert sie faktisch mehr Ascorbinsäure-Moleküle. Da sich jedoch schon nach 5-minütigem Erhitzen bzw. Kochen der Flüssigkeiten der Vitamin C-Gehalt beinahe halbiert hat, ist also dringend von einem Kochen des Gemüse und Obstes abzuraten. Wie Versuch 3 beweist, ist das Dünsten bei geringerer Hitze viel vitaminschonender, da auch nach einem Tag noch mindestens 10-20 % des ursprünglichen Ascorbinsäure-Gehaltes in den Lösungen vorhanden ist. Auch der heiße Zitronen-Tee, den viele im Winter trinken um ihr Immunsystem zu stärken, ist gar nicht mehr so Vitamin C-reich, wie man eigentlich vermuten würde, was der vierte Versuch beweist.

5.2.6 Versuch 5: Umwelteinfluss durch Luft-Sauerstoff

Der Ascorbinsäure-Lösung bzw. dem Zitronensaft (jeweils abgefüllt in Gaswaschflaschen) wird in diesem Fall für einen Tag lang kontinuierlich mittels einer Aquariumpumpe Luft-Sauerstoff zugeführt.

Idee: Vitaminhaltiges Obst und Gemüse verliert nach längerer Lagerung an der Luft einen Teil seines Ascorbinsäure-Gehalts.

Tab. 6: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit Luft-Sauerstoff

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	3,35 mL	- 5,40 mL	ca. - 61,71%
10 mL Zitr-Saft	2,25 mL	- 4,55 mL	ca. - 66,91%

Quelle: eigene Messungen

Durch die ständige Zufuhr von Sauerstoff zu der Ascorbinsäure-Lösung reagieren die Ascorbinsäure-Moleküle erneut während des Oxidationsprozesses, unter Abgabe zweier Wasserstoff-Ionen (H^+) und zweier Elektronen (e^-), reversibel zu Dehydroascorbinsäure (Vgl. Abb. 12, S. 27). Dieses Mal sind die Ascorbinsäure-Moleküle im Zitronensaft proportional wieder anfälliger als die in der Vitamin C-Lösung, faktisch jedoch hat die Ascorbinsäure-Lösung mehr des Vitamins eingebüßt. Offensichtlich schützen die weiteren Inhaltsstoffe des Zitronensaftes, wie z.B. sekundäre Pflanzenstoffe und die Zitronensäure, die Ascorbinsäure-Moleküle wieder ein wenig vor einer Oxidation durch Sauerstoff.

5.2.7 Versuch 6: Umwelteinfluss durch Kälteeinwirkung

Dieses Mal werden die 110 ml Ascorbinsäure-Lösung und Zitronensaft für ungefähr eine Woche in einem Gefrierfach gelagert und somit „eingefroren“. Vor dem Titrieren müssen die Proben jedoch zunächst für einige Zeit bei Zimmertemperatur aufgetaut werden.

Idee: Allgemein ist die Ansicht verbreitet, dass z.B. tiefgekühltes Gemüse noch relativ viel Vitamin C enthält und dieser Gehalt den von frischem, länger gelagerten Gemüse sogar übersteigen kann. „Um Vitamin-Verluste bei Transport, Verarbeitung und Zubereitung zu minimieren, setzen wir auf unser "iglo Schnellfrost-Verfahren". [...] Wenn der iglo Spinat den Höhepunkt seines Geschmacks erreicht hat, sorgen wir dafür, dass nur rund 360 Minuten von der frischen Ernte bis zum vitaminerhaltenden Tiefgefrieren vergehen..“ (<http://www.iglo.de> 10.03.2015)

Tab. 7: Messergebnisse nach der Behandlung der Proben mit Kälteeinwirkung

Volumen der zu titrierenden Lösung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsänderung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
10 mL Asc-Lsg.	3,40 mL	- 5,35 mL	ca. - 62,14%
10 mL Zitr-Saft	9,70 mL	+ 2,90 mL	ca. + 42,65%

Quelle: eigene Messungen

Die Ergebnisse des sechsten und letzten Versuches sind durchaus überraschend, da der Zitronensaft beim titrieren nach einer Woche in einem Tiefkühlfach sogar einen fast um die Hälfte gesteigerten Vitamin C-Gehalt im Vergleich zu der unbehandelten Probe aufweist. Dies könnte daran liegen, dass durch das Einfrieren und danach erfolgende ca. 5-stündige Auftauen einige Fruchtfleischzellen geöffnet wurden und dadurch weiteres Vitamin C freigesetzt haben. Durch das Einfrieren entstehen bekanntlich relativ spitze Eis-

kristalle, die diese Zellen dann beschädigt haben könnten.

Die reine Ascorbinsäure-Lösung dagegen hat ihren Vitamin C-Gehalt dagegen wieder mehr als halbiert, was möglicherweise auf die Reaktionen während des Einfrierprozesses oder Auftauens mit in der Flasche gering befindlichen Sauerstoff zurückzuführen ist. Auch könnte sich ein Großteil der Ascorbinsäure-Moleküle noch in den in dieser Lösung befindlichen Eisstückchen befunden haben, die sich auch nach achtstündigem Auftauen nicht vollständig gelöst hatten. Die festen Eisstückchen in den Proben könnte man mit denen in einem Frucht-Eis oder einem Frucht-Sorbet vergleichen, welches dann wahrscheinlich auch einen Teil seines Vitamin-C-Gehaltes in diesen Stückchen gebunden hat.

6 Fazit der praktischen Arbeit

In den sechs Versuchen meiner praktischen Versuchsreihe habe ich versucht, die Einflüsse verschiedener ausgewählter Umweltfaktoren auf den Vitamin C-Gehalt zweier ascorbinsäurehaltiger Lösungen zu untersuchen. Jedoch können meine Titrationsergebnisse nur die prinzipiellen Auswirkungen beschreiben, da bekanntlich die Möglichkeiten eines Schullabors begrenzt sind. Auch ist das Verfahren der Iodometrie mit dem Farbumschlag durch die Iod-Stärke-Reaktion nicht so genau wie manch andere physikalische Messmethoden, die in modernen Labors genutzt werden können.

Durch die Experimente konnte gezeigt werden, dass industriell synthetisiertes Vitamin C empfindlicher gegenüber den ausgewählten Umwelteinflüssen ist als natürlich vorkommende Ascorbinsäure in Zitronensaft. Vermutlich verringern die sekundären Pflanzenstoffe, eventuell auch die Zitronensäure und andere Bestandteile aus den Fruchtfleischzellen die schädigenden Wirkungen der Umweltfaktoren. Diese Inhaltsstoffe im Zitronensaft schützten die Ascorbinsäure-Moleküle vor der Oxidation in allen sechs

Versuchen, was in der alltäglichen Praxis durch eben diese Umwelteinflüsse bedingt wird.

Tab. 8: Vergleichende tabellarische Übersicht aller Messergebnisse

Ver- suchs Nr.	Volumen der zu titrierenden Lö- sung	Verbrauch an Iod-Lösung bis zum Farbumschlag (Mittelwert aus zwei Messungen)	Verbrauchsände- rung zum Versuch mit den unbehandelten Lösungen	Minderung des Vitamin C-Gehalts
1	10 mL Asc-Lsg.	0,50 mL	- 8,70 mL	ca. - 94,29 %
	10 mL Zitr-Saft	1,20 mL	- 5,60 mL	ca. - 82,35 %
2	10 mL Asc-Lsg.	0,75 mL	- 8,00 mL	ca. - 91,43 %
	10 mL Zitr-Saft	5,90 mL	- 0,90 mL	ca. - 13,24 %
3	10 mL Asc-Lsg.	0,95 mL	- 6,80 mL	ca. - 89,14 %
	10 mL Zitr-Saft	1,95 mL	- 4,85 mL	ca. - 71,32 %
4	10 mL Asc-Lsg.	4,95 mL	- 3,80 mL	ca. - 43,44 %
	10 mL Zitr-Saft	3,78 mL	- 3,12 mL	ca. - 44,41 %
5	10 mL Asc-Lsg.	3,35 mL	- 5,40 mL	ca. - 61,71 %
	10 mL Zitr-Saft	2,25 mL	- 4,55 mL	ca. - 66,91 %
6	10 mL Asc-Lsg.	3,40 mL	- 5,35 mL	ca. - 62,14 %
	10 mL Zitr-Saft	9,70 mL	+ 2,90 mL	ca. + 42,65 %

Quelle: eigene Messungen

Es konnte bewiesen werden, dass z.B. das Dünsten von Gemüse deutlich vitaminschonender ist als das Kochen (vgl. Versuche 3 u. 4). Obwohl die Proben sogar einen Tag lang in einem Wasserbad gegart haben, konnte noch ein Anteil an Ascorbinsäure ermittelt werden. Die 5 Minuten lang gekochten Proben, wiesen dagegen schon einen um ca. die Hälfte reduzierten Vitamin C-Gehalt auf. Auch sollte man Vitamin C-haltiges Gemüse nicht in Kupfergefäßen zubereiten oder lagern, da die möglicherweise durch Reaktionen entstehenden Kupfer-Ionen den biologisch aktiven Anteil an Ascorbinsäure-Molekülen stark verringern (vgl. Versuche 1 u. 2). Des Weiteren sollte das Gemüse und Obst nicht zu lange an der Luft gelagert werden, da sich sonst ebenfalls der Vitamin-Gehalt senkt (vgl. Versuch 5). Auf das Waschen von Gemüse und Obst sollte am besten

ebenfalls verzichtet werden, da Vitamin C, wie oben bereits erläutert, wasserlöslich ist und es sich somit bei Waschvorgängen in dem benutzten Wasser löst und dann weggespült wird. Eingefrorenes Obst und Gemüse ist dagegen eine sehr gute Alternative zu frischen Produkten, da es noch immer einen hohen Anteil an Vitamin C aufweist oder diesen sogar noch vergrößert hat (vgl. Versuch 6).

Ich habe mich bei meiner Versuchsreihe auf einige ausgewählte und nahe liegende Umweltfaktoren beschränkt. Es hat sich gezeigt, dass Vitamin C, als gutes Reduktionsmittel, anfällig gegenüber vielen Umwelteinflüssen, wie Luft, Sauerstoff und Metallsalzen (hier Kupfersalz) ist. Kälte dagegen hatte in meinen Versuchen keinen negativen Einfluss auf den Ascorbinsäure-Gehalt von Lebensmitteln (hier Zitronensaft). Sicherlich gibt es noch weitere Umwelteinflüsse, die den Vitamin C-Gehalt von Obst und Gemüse senken, jedoch habe ich mich im Rahmen einer Grundkursfacharbeit auf einige wenige und relativ leicht durchführbare beschränkt.

Abschließend lässt sich sagen, dass man, um seinen täglichen Vitamin C-Bedarf zu decken am Besten immer frisch einkaufen oder auf tiefgekühlte Waren zurückgreifen sollte. Das Waschen und Kochen sollte gänzlich vermieden werden, dagegen sind Schmutzabbürsten und Dünsten bessere Alternativen. Vitaminpräparate sind, falls diese Empfehlungen berücksichtigt werden, für den „normalen“ Verbraucher auch nicht notwendig, da man in der Regel genug Vitamin C durch die Nahrung aufnimmt. Und falls man einmal an einem Tag zu wenig Vitamin C aufnimmt, muss man nicht gleich Angst haben, an Vitamin C-Mangelercheinungen leiden zu müssen, da eine ausreichende Zufuhr an anderen Tagen diesen Mangel ausgleicht.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

7.1 Literatur

- Ahlheim, Karl-Heinz (1983): Meyers Taschenlexikon. Biologie in 3 Bänden. Band 3 („Re – Zz“). Artikel: Vitamine. Mannheim, Wien, Zürich: Meyers Lexikonverlag. Seite 252, linke und rechte Spalte
- Gnauer, Helga; Muermann, Bettina (1985): Das große Lebensmittellexikon. Mit Prof. Dr. W. Wirths' kleiner Nährwerttabelle der Deutschen Gesellschaft für Ernährung. 3. Auflage. Artikel: Vitamine. Innsbruck, Frankfurt am Main: Pinguin-Verlag, Umschau-Verlag. Seite 436-437
- Falbe, Jürgen; Regitz, Manfred (1989): Römpp Chemie Lexikon. Band 1 („A – Cl“). Artikel: L-Ascorbinsäure. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. Seite 265-266.
- Sauermost, Rolf (1991): Lexikon der Biochemie und Molekularbiologie. In drei Bänden mit einem Vorwort von Nobelpreisträger Prof. Dr. Manfred Eigen. Band 1 („A – Flechtenstoffe“). Artikel: Ascorbinsäure. Breisgau: Herder Verlag. Seite 105-106
- Beyer, Prof. Dr. Hans; Walter, Prof. Dr. Wolfgang (1984): Lehrbuch der organischen Chemie. 20. ergänzte und überarbeitete Auflage. Artikel: 1) L(+)-Ascorbinsäure, Vitamin C. Stuttgart: Hirzel Verlag. Seite 417-419
- Baumann, Kurt; Fricke, Heinz; Wissing, Heinz (1974): Mehr Wissen über Chemie. Band 2 (I – Z). Artikel: Vitamine. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG. Seite 974 – 980
- Schütte, S. (2014): Diese **13 Vitamine** bringen uns Power. Klar, sind sie wichtig – lebenswichtig. Aber warum?. In: Vital. ISSN 0507-1747. 04/2014. S. 46-47
- Wintermeyer, Dr. U. (o.J.): Menschen forschen für Menschen – Molekül mit vielen Möglichkeiten. 50 Jahre fabrikmäßig hergestelltes Vitamin C. Darmstadt: Roetherdruck.
- Brockhoff, J. (2009): Die Suche nach den Ursachen von Skorbut Teil 1 & 2. In:

Brockhoff, J. (Hrsg.): Fächerverbindender naturwissenschaftlicher Förderkurs im Wahlpflichtbereich der Jahrgangsstufe 10 am Freiherr-vom-Stein-Gymnasium Kleve mit den Schwerpunktfächern Chemie und Biologie. Ausgewählte chemische und biologische Aspekte der Medizin. Kleve

7.2 Internetquellen

- <http://flexikon.doccheck.com> (01.02.2015). Clanner, M.Sc. B.; Messner, P.; Antwerpes, Dr. F.; Sutter, Cand. Med. D. O.; Beutler, B.; Bröse, Stud. Med. Dent. S. A.; Hoffmann, L.; Merz, S.; Prinz, D.; Nicolay, N.; Hircin, E. (02.01. 2015): Ascorbinsäure. <http://flexikon.doccheck.com/de/Ascorbinsäure>
- <http://www.planet-wissen.de> (01.02.2015). Zielke, J.(11.12.2014): Vitamine. http://www.planet-wissen.de/alltag_gesundheit/essen/vitamine/
- <http://www.chemieunterricht.de> (07.03.2015). Wiechoczek, D.; Blume, Prof. R. (07.02.2002): Warum gerade Sauerkraut? <http://www.chemieunterricht.de/dc2/asch2/sauerkra.htm>
- <http://www.iglo.de> (10.03.2015). Iglo GmbH (Promoter und Verantwortlicher) (2014): Vom Feld in die Packung. http://www.iglo.de/de-DE/Nachhaltigkeit_Qualitaet/Qualitaet_Herkunft_Regionalitaet_Uebersicht/Herkunft_Regionalitaet_Ubersicht/Woher_Kommt_ihr_Gemuese/Spinatherstellung
- <http://www.apotheken-umschau.de> (14.03.2015). Melzer, Dr. M. (19.12.2012): Vitamin C (Ascorbinsäure). <http://www.apotheken-umschau.de/Ernaehrung/Vitamin-C-Ascorbinsaeure-169155.html>
- <http://www.gesundheit.de> (14.03.2015). Blanck, N. (23.05.2012): Vitamin C (Ascorbinsäure). <http://www.gesundheit.de/ernaehrung/naehrstoffe/vitamine/vitamin-c-ascorbinsaeure>
- <http://www.ipn.at> (14.03.2015). Caban, S. (2014): Einige Fakten über Vitamin C. <http://www.ipn.at/ipn.asp?AEP>

- <http://www.mydoc.de> (14.03.2015). Richter, J. (18.12.2014): Licht- und Schattenseiten von Vitamin C.
<http://www.mydoc.de/ernaehrung/vitamine/licht-schattenseiten-vitamin-c-1228>
- <http://www.zentrum-der-gesundheit.de> (14.03.2015). Neosmart AG (Copyright) (16.02.2015): Gefährliche künstliche Vitamine. <http://www.zentrum-der-gesundheit.de/vitamine-kuenstliche-gefaehrlich-ia.html>
- <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de> (15.03.2015). Zeitler, S. (2003): Ascorbinsäure (Vitamin C).
http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/vitamin-c_1/vitamin-c.htm#5

8 Anhang

8.1 Bilder vom Experimentieren



Abb. 3: Herstellung des Zitronensaftes

Quelle: eigene Aufnahme

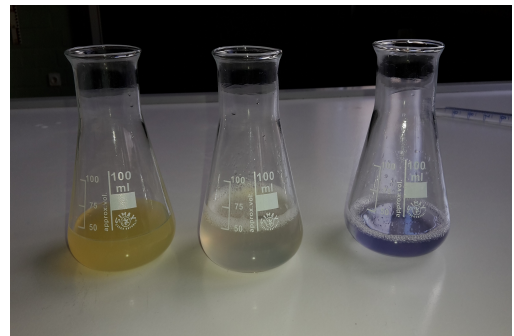


Abb. 4: purer (li.), verdünnter (mi.) und titrierter Zitronensaft (re.) zum Vergleich

Quelle: eigene Aufnahme



Abb. 5: verwendetes industrielles Vitamin C

Quelle: eigene Aufnahme



Abb. 6: Abwiegen des Kupfersulfat

Quelle: eigene Aufnahme



Abb. 7: Fertige Proben: mit Kupfersulfat (li.), nach dem Wasserbad (mi.), nach der Sauerstoffzufuhr (re.)

Quelle: eigene Aufnahme



Abb. 8: Fertige eingefrorene Proben

Quelle: eigene Aufnahme

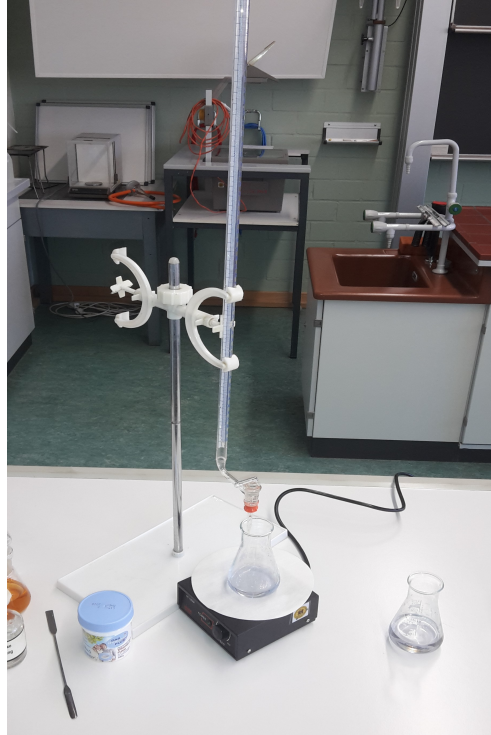


Abb. 9: Beispiel einer Titration

Quelle: eigene Aufnahme



Abb. 10: Erhitzen der Proben

Quelle: eigene Aufnahme

8.2 Industrielle Ascorbinsäure-Synthese

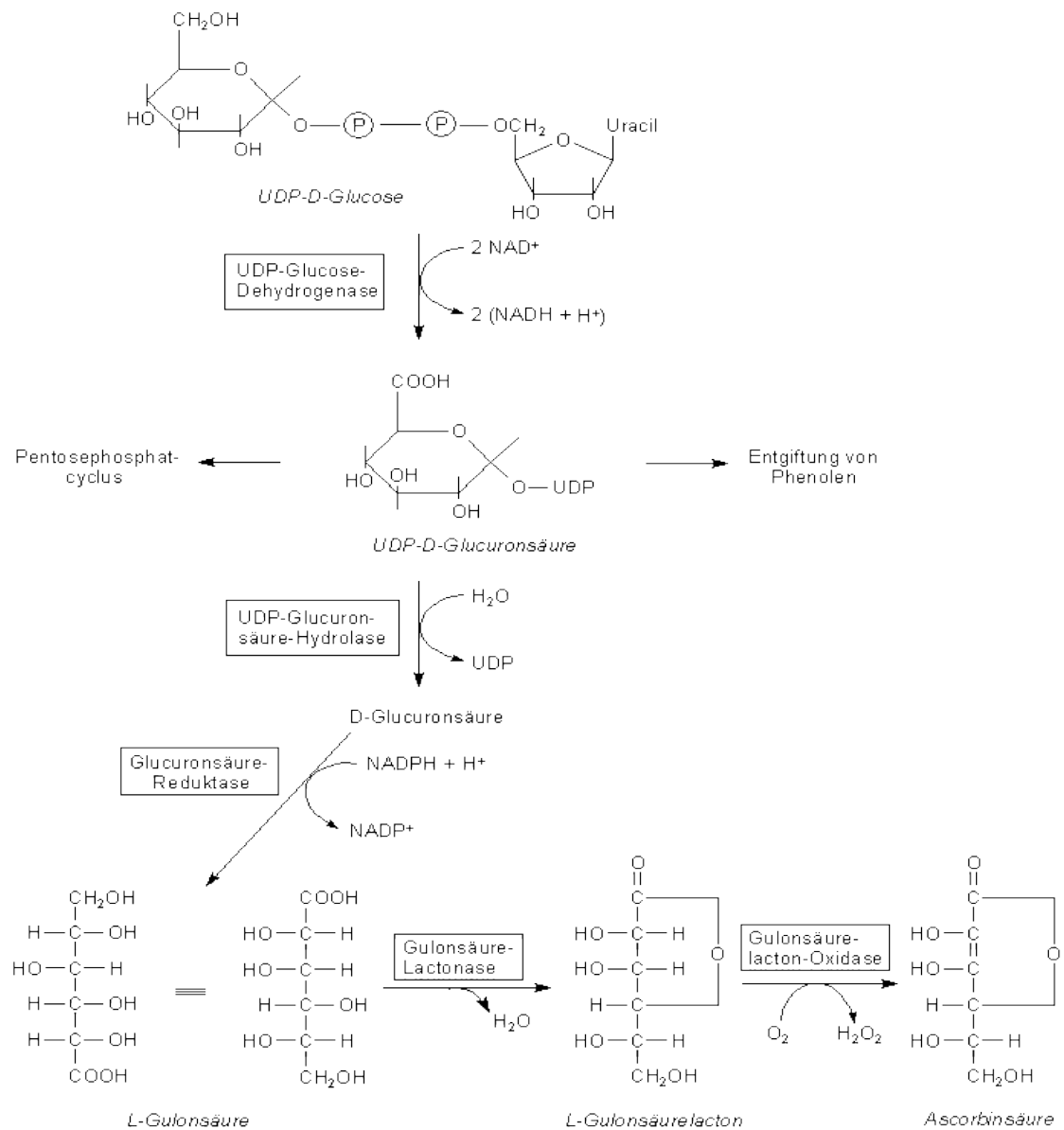


Abb 11: Industrielle Ascorbinsäure-Synthese

Quelle: <http://www.chemieunterricht.de/>

8.3 Ascorbinsäure-Oxidation

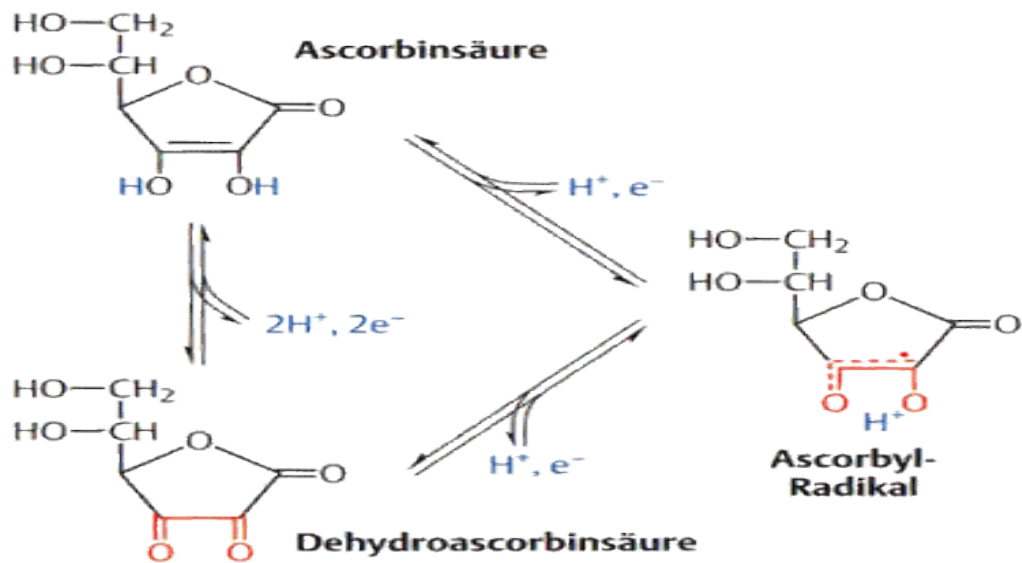


Abb. 12: Ascorbinsäure-Oxidation

Quelle: <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/>

8.4 Vitamin-C-Tabelle

Vitamin C
Quellen und Verluste bei der Zubereitung von Lebensmitteln

TOP 10	Gehalt/100g
Acerola	1700 mg
Hagebutte	1250 mg
Sanddornbeere	450 mg
Guave	273 mg
Schwarze Johannisbeere	177 mg
Paprika	120 mg
Brokkoli	115 mg
Rosenkohl	112 mg
Grünkohl	105 mg
Vogelbeere (Ebereschenfrucht)	100 mg
Weitere gute Quellen	Gehalt/100g
Erdbeere	62 mg
Zitrone	53 mg
Orange (Apfelsine)	50 mg
Rotkohl	50 mg
Spinat	51 mg
Weißkohl	47 mg
Kiwi	46 mg
Heidelbeere	22 mg
Ananas	20 mg
Sauerkraut	20 mg

Quelle: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle 2006/07

Abb 13: Vitamin-C-Tabelle

Quelle: <http://blog.kulinaru.de/>

9 Versicherung der selbständigen Erarbeitung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit einschließlich evtl. beigelegter Zeichnungen, Kartenskizzen, Darstellungen u. ä. m. selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem Fall unter genauer Angabe der Quelle deutlich als Entlehnung kenntlich gemacht.

_____, den _____

_____ (Unterschrift)