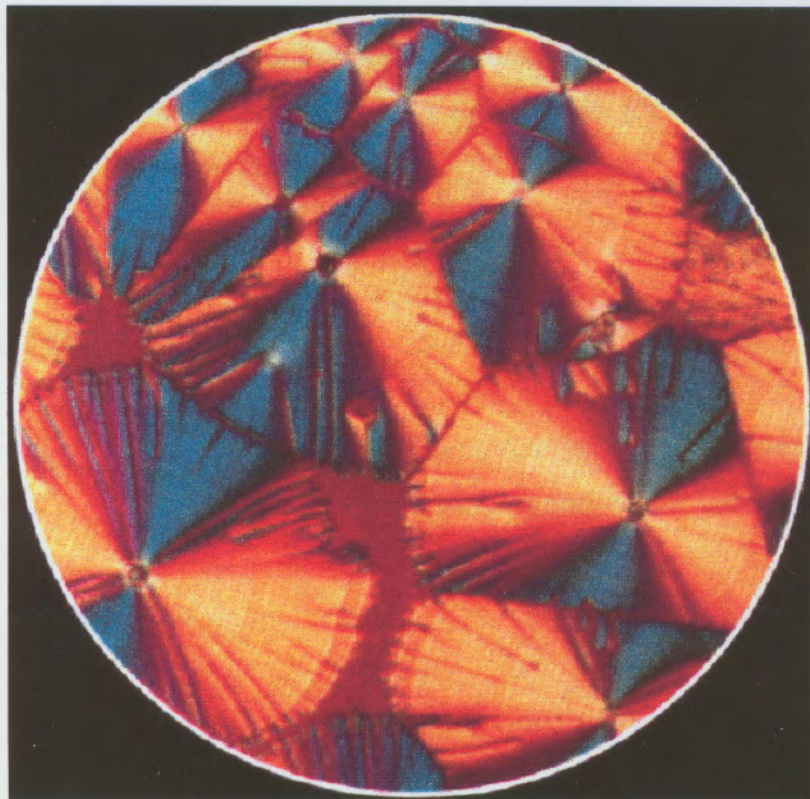




# Georg-Kerschensteiner-Schule Technisches Gymnasium

Christian Rein und Martin Rößler

Die neue Methode zur Reinigung  
und Isolierung von Vitamin C



**jugend**  **forscht 1996**

2<sup>nd</sup> Edition 2008 by Stefan Müller and Otto Schäfer

**30 Jahre**  
**jugend**  **forscht**  
an der Georg-Kerschensteiner Schule **1978-2008**  
Technisches Gymnasium Müllheim

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Theoretische Grundlagen

- 1.1 Vitamine -Definition und Beschreibung-
- 1.2 Das Vitamin C (Ascorbinsäure)
- 1.3 Struktur und Eigenschaften von Vitamin C
- 1.4 Bisherige Isolierung aus Hagebutten

### 2. Hauptteil

- 2.1 Grundlagen eines Ionenaustauschers
- 2.2 Kapazität der Aufnahme von Ascorbinsäure am Anionenaustauscher
- 2.3 Regenerierung von Anionenaustauschern
- 2.4 Neue Entdeckung nach Le Chatelier mit Kohlensäure
- 2.5 Praktische Realisierung

### 3. Ergebnisse

- 3.1 Aufnahme und Regenerierung von Anionenaustauschern
- 3.2 Isolierung von Vitamin C aus Hagebutten mit Anionenaustauschern

### 4. Danksagungen

### 5. Literatur

## **1. Theoretische Grundlagen**

### **1.1 Vitamine -Definition und Beschreibung-**

Vitamine sind lebensnotwendige organische Stoffe, die vom Körper nicht selbst aufgebaut werden können. Sie sind zur Aufrechterhaltung der physiologischen Funktion des Körpers unbedingt erforderlich und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Fehlt ein Vitamin in der Nahrung oder ist es in zu geringer Menge enthalten, kommt es zu Stoffwechselstörungen, die als Vitaminmangelerscheinungen oder Avitaminosen bezeichnet werden. Avitaminosen können bis zu einem gewissen Grade durch Verabreichung entsprechender Vitamine geheilt werden, bei fortdauerndem schweren Mangel entstehen jedoch bleibende Schäden, die bis zum Tode führen können.

Man führte daraufhin den Begriff "Vitamin" ein [1], "...um auszudrücken, daß es sich hier um eine stickstoffhaltige und für das Leben unentbehrliche Substanz handelt.". Vitamine sind keiner einheitlichen Stoffklasse zugeordnet, es gibt für sie keine systematische Nomenklaturregeln. Ihre Bezeichnung wurde durch die IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) verbindlich festgelegt.

Verschiedene chemische Verbindungen von Vitaminen, die ähnlichen Vitamincharakter aufweisen, werden zu Vitaminkomplexen zusammengefaßt, wobei jede einzelne Verbindung denselben Buchstaben erhält, jedoch mit einem Zahlenindex versehen wird. (z.B. Vitamin B1 und Vitamin B12 ). Vitamine entfalten ihre physiologische Wirkung dadurch, daß sie katalytisch oder steuernd in Stoffwechselreaktionen eingreifen. Sie sind verantwortlich für die Produktion einiger Enzyme, d.h. fehlen diese so können Stoffwechselreaktionen nicht mehr oder höchstens vermindert ablaufen.[1]

### **1.2 Das Vitamin C (Ascorbinsäure)**

#### Vorgeschichte zur Entdeckung von Vitamin C

In den letzten Jahrhunderten war bei der Bevölkerung Vitamin C Mangel weit verbreitet. Diese Mangelkrankheit, bekannt als Skorbut mit den verheerenden Folgen für die Bevölkerung und das Wirtschaftswachstum, wurde von den Medizinern und Historikern so beschrieben[2]: "Es besteht übler Geruch aus dem Mund, das Zahnfleisch hebt sich von den Zähnen ab und aus der Nase fließt Blut. Die Haut wird schwarz und dünn. Der Patient ist

schwach und müde." Besonders schlimm war diese Mangelkrankheit bei Belagerungen, in Gefängnissen oder bei Mißernten.

#### Die Suche nach den Ursachen von Skorbut

Im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert stellte man fest, daß durch Frischgemüse und Früchte der Skorbut bei Schiffsbesatzungen weitgehend vermieden werden konnte. In der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts machte der Militärarzt Kramer eine bedeutende Entdeckung: Er fand eine Therapie gegen Skorbut. Grundlagen seiner Therapie war die Verabreichung von Zitronen, Limonaden und bestimmten Kräutern. Seine Therapie fand zunächst jedoch keine weite Verbreitung. Erst Jahrzehnte später, als James Cook ein englischer Forschungsreisender bei einer mehrjährigen Weltumsegelung keinerlei Krankheits- oder Todesfälle durch Skorbut beklagen mußte, stellte man fest, daß auch Gerstenmalz und "Sour krout" als Proviant der Krankheit vorbeugt. Dieses über längere Zeit haltbare Proviant, schien antiskorbutische Eigenschaften zu besitzen. Der englische Admiral Lancaster ging 1601 so weit, daß er jedem Matrosen befahl, 3 Teelöffel Zitronensaft pro Tag einzunehmen. Dies führte zu einer allgemeinen Verspottung der Engländer, indem man sie als "limeys" bezeichnete. Erst dem späteren 20. Jahrhundert blieb es vorbehalten, die Ursache wissenschaftlich zu klären.[3]

#### Der Weg zum Ziel, die Entdeckung des Vitamin C

Das Wissen um antiskorbutische Lebensmittel setzte eine intensive Forschung nach dem auslösendem antiskorbutischen Faktor in Gange.

Der hier kurz geschilderte Tierversuch, ein glücklicher Zufall, war ein Meilenstein in der chemischen Identifikation des antiskorbutischen Faktors.

1933 führte man am Hygienischen Institut der Universität Oslo Versuche mit Meerschweinchen durch, die einseitig ernährt wurden. Unter anderem traten bei einer bestimmten Nahrungszusammenstellung Symptome auf, analog denen des menschlichen Skorbut. Der besondere Glücksfall bestand nun darin, daß Meerschweinchen ebenso wie der Mensch, Ascorbinsäure als lebensnotwendiges Vitamin benötigen.

Meerschweinchen ohne Vitamin C -haltiger Fütterung starben nach 25-30 Tagen, nachdem ihr Gewicht rapide abnahm. Ein völlig normales Wachstum erreichte man bei einer Zugabe von mindestens 1,5 ml Vitamin C- haltigem Fruchtsaft.

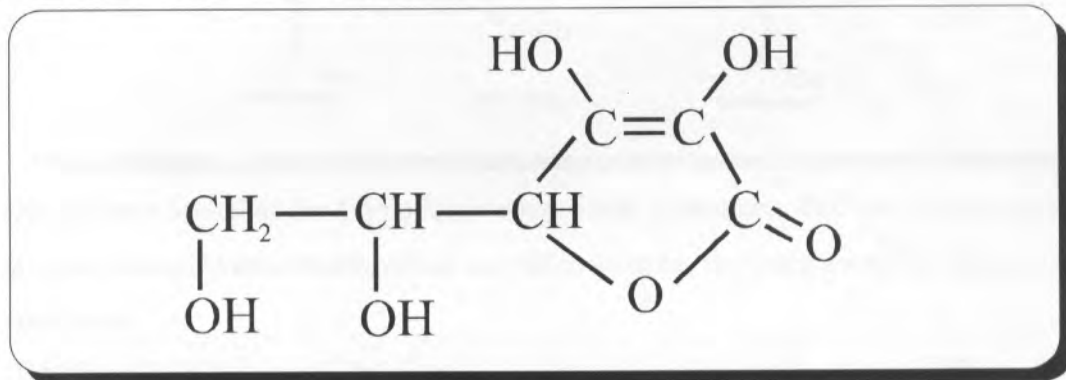
## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

Den Namen "Vitamine" schuf Casimir Funk 1912, der sie wie Eiweiße, Zuckern,... zu den wichtigen vitalen Prozessen zählte. Funk charakterisierte die Vitamine bei einer Veröffentlichung so: " Die Vitamine sind stickstoffhaltige, sehr kompliziert gebaute, kristalline Körper, die chemisch eine neue, unbekannte Gruppe bilden. Der Stickstoff ist in den Vitaminen nicht aminartig gebunden und reagiert nicht mit Säuren, läßt sich auch nicht nach Kjeldahl bestimmen. Es sind lebenswichtige Substanzen, aber pharmakologisch indifferent, und können in beliebiger Menge verabreicht werden." Auch wenn diese Hypothese für das antiskorbutische Vitamin nicht richtig war, so wirkte sie jedoch als Initialzündung für die weitere Entwicklung auf dem Vitaminsektor.

In den 20ern schlug Drummond die Bezeichnung "VITAMIN C" für den antiskorbutischen Faktor vor. Man fing nun an Pflanzenauszüge mit antiskorbutischen Wirkungen herzustellen. Die besten Ergebnisse erzielte man mit Limonen-Saft, dessen Säureanteile man mittels Calciumcarbonat fällte und den Zucker durch Gärung entfernte.[2]

### 1.3 Struktur und Eigenschaften von Vitamin C

#### Der Strukturaufbau von L(+)-Ascorbinsäure



#### Stoffbeschreibung

L(+)-Ascorbinsäure ist ein weißer, monokliner kristallisierender Feststoff. Die Strukturformel hat Ähnlichkeit mit Glucose, aus welcher sie auch in der technischen Synthese hergestellt wird. Der Schmelzpunkt liegt bei 190-192°C, beim Schmelzen tritt gleichzeitig Zersetzung ein. Sie ist sehr gut wasserlöslich (33g/100ml), löslich in polaren organischen Lösungsmitteln wie Methanol und Ethanol (2g/100ml) und nahezu unlöslich in unpolaren Lösungsmitteln wie Benzol, Petrolether, Ölen und Fetten. Der spezifische Drehwinkel  $[\alpha]$  beträgt für das Lösungsmittel Wasser +23°, für Methanol als Lösungsmittel +48°. Vitamin C ist nahezu

## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

geruchlos, besitzt aber einen ausgeprägten sauren Geschmack. Mit der Summenformel  $C_6H_8O_6$  beträgt die Molekülmasse 176,12 u. [1]

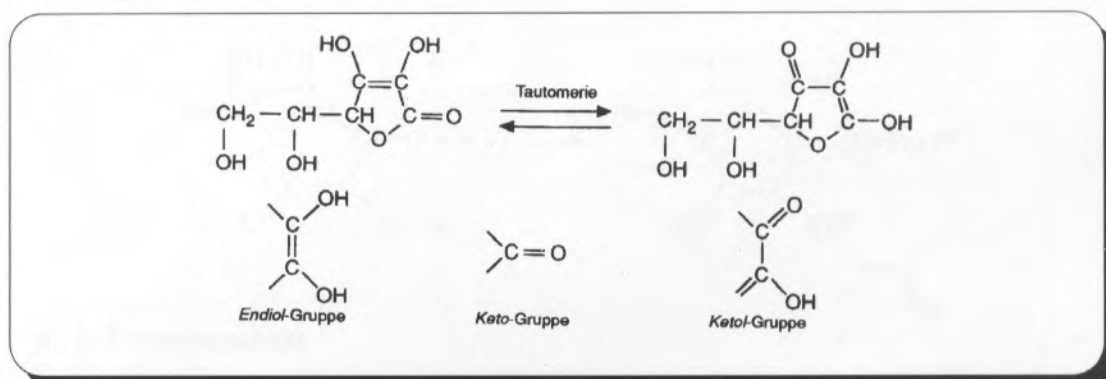
### Chemische Eigenschaften

#### Keto-Enol-Tautomerie

L(+)-Ascorbinsäure kommt in 2 strukturisomeren Formen vor:

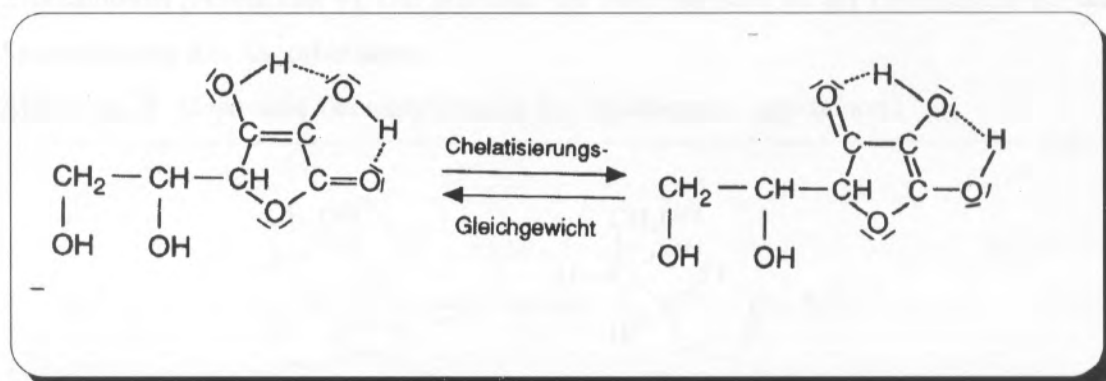
In der bereits erwähnten Endiolform und in der Ketoform. Beide Formen lassen sich durch Umlagerung eines Wasserstoffatoms ineinander überführen. Zwischen beiden Formen besteht ein chemisches Gleichgewicht. Da die Ketoform weniger stabil ist als die Endiolform, liegt im Gleichgewicht hauptsächlich diese Form der L(+)-Ascorbinsäure vor. Die Tatsache, daß 2 strukturisomere Verbindungen in einem Gleichgewichtszustand zueinander stehen, bezeichnet man als Tautomerie.

Abbildung 1: Tautomeres Gleichgewicht



Die größere Stabilität der Endiolform hängt damit zusammen, daß die Hydroxylgruppen hier intramolekulare Wasserstoffbrücken ausbilden können, wodurch zwei Fünfringsysteme entstehen:

Abbildung 2: Wasserstoff-Brücken

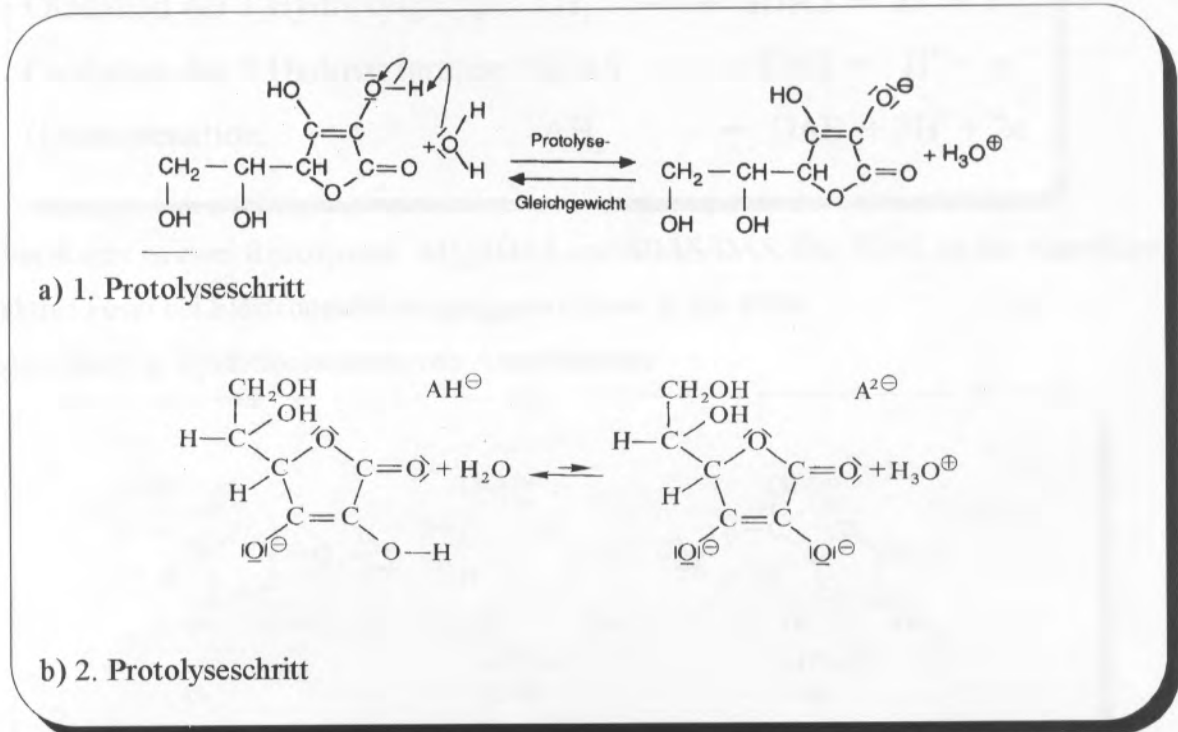


## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

### Vitamin C als Säure

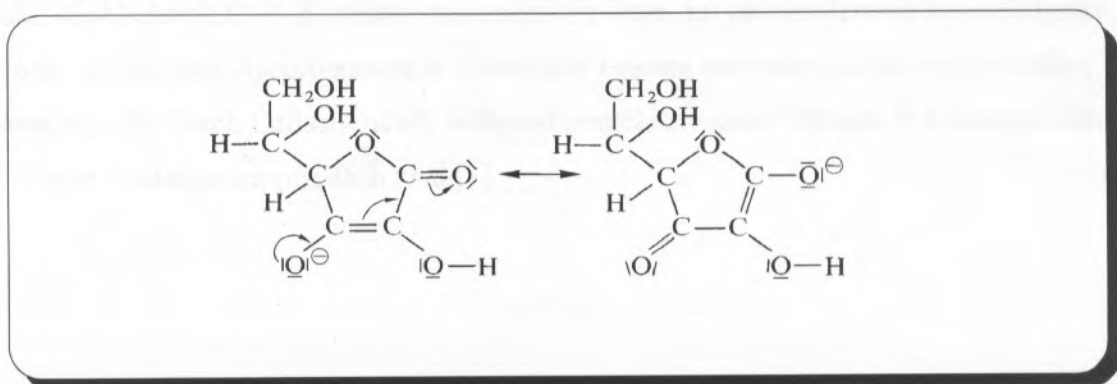
Die Hydroxylgruppen der Endiolstruktur sind in der Lage, nacheinander je ein Proton abzuspalten. Für die Hydroxylgruppen der Seitenketten trifft dies nicht zu. Durch Protonabgabe entsteht somit aus dem Ascorbinsäuremolekül ( $AH_2$ ) zunächst ein Hydrogenascorbatanion ( $AH^-$ ) (Abbildung 3a), welches durch Protonenabgabe in das Ascobatnanion ( $A^{2-}$ ) übergeht (Abbildung 3b).

Abbildung 3: Protolyseschritte



Eine Erklärung für das unterschiedliche Verhalten der Hydroxylgruppen liegt in der Tatsache begründet, daß sich für die Säureanionen im Falle der Endiolform mesomere Grenzstrukturen formulieren lassen. Mesomerie erhöht stets die Stabilität eines Teilchens, in diesem Falle der Säureanionen (Abbildung 4). Die Stabilität der Säureanionen ist der Hauptgrund für die Säurewirkung der Ascorbinsäure.

Abbildung 4: Mesomere Grenzstrukturen des Hydrogenascorbatanions



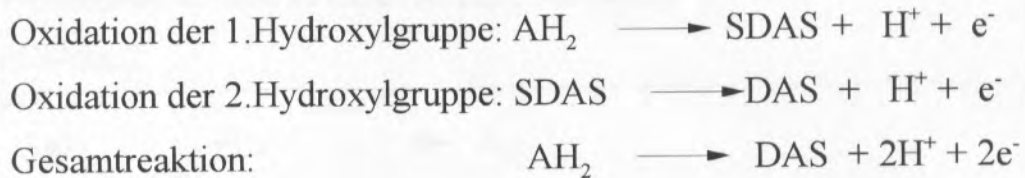


## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

### *Vitamin als Reduktionsmittel*

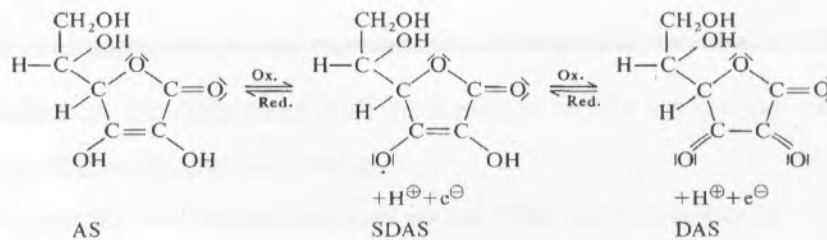
Vitamin C wirkt stark reduzierend. Bei pH 5 beträgt das Redox-Potential +127mV, bei pH 3,3 +200mV. Bei der Reaktion werden die beiden Hydroxylgruppen der Endiolstruktur zu Ketogruppen oxidiert, wobei über Semidehydroascorbinsäure (SDAS) Dehydroascorbinsäure (DAS) entsteht (Abbildung 5).

Abbildung 5: Oxidationschritte von AS zu DAS



Somit gibt es zwei Redoxpaare:  $\text{AH}_2/\text{SDAS}$  und  $\text{SDAS}/\text{DAS}$ . Die SDAS ist die eigentliche aktive Form bei Elektronenübertragungsreaktionen in der Zelle.

Abbildung 6: Oxidationsschritte von Ascorbinsäure



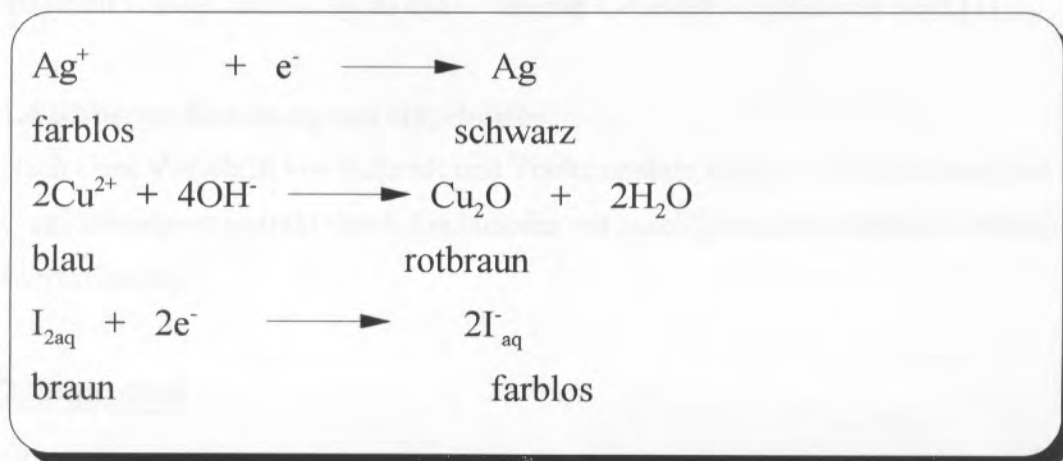
Bei beiden Reaktionsschritten sind Protonen an der Reaktion beteiligt. Deshalb ist nach dem Massenwirkungsgesetz die Lage des Gleichgewichtes jeweils auch von der Hydroniumionenkonzentration und damit vom pH-Wert abhängig. Bei einer bestimmten AS-Konzentration verschiebt sich die Lage des Gleichgewichtes mit abnehmender Hydroniumkonzentration immer mehr in Richtung der DAS, d.h. im alkalischen pH-Bereich sind die höchsten DAS-Konzentrationen zu erwarten, im sauren Bereich die niedrigsten. Als Folge davon kann Ascorbinsäure in alkalischer Lösung besonders leicht weiteroxidiert werden, z.B. durch Luftsauerstoff, während umgekehrt saure Vitamin C Lösungen deutlich weniger oxidationsempfindlich sind.[1]

### Qualitativer und quantitativer Nachweis von Vitamin C

Die meisten Nachweise und Bestimmungsmethoden beruhen auf der reduzierenden Wirkung des Vitamin C:

- Aus Silbersalzlösungen wird elementares Silber ausgeschieden (Abbildung 7)
- Die Fehlingsche Reaktion verläuft positiv, es bildet sich ein Niederschlag von Kupfer(I)-oxid (Abbildung 7)
- Elementares Iod wird zu Iodid reduziert. (Abbildung 7)

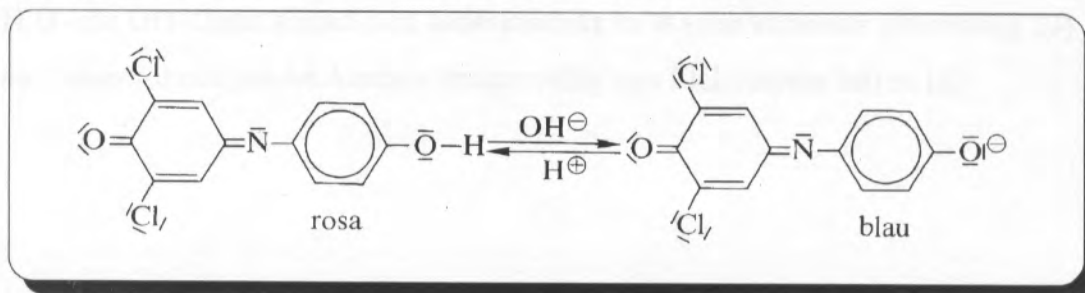
Abbildung 7:



Im Gegensatz zu den Aldehyden läuft die Reaktion bereits bei Zimmertemperatur ab: bei Aldehyden ist Erwärmung notwendig.

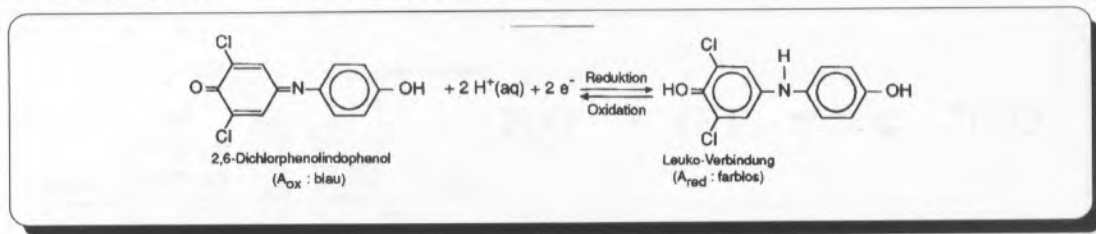
- Ein halbquantitativer Schnellnachweis ist mit Hilfe der Teststäbchen "Ascorbinsäure-Test; Merkoquant 10023" der Firma Merck mit dem Meßbereich 0-2000 mg/l möglich.
- Als besonders empfindlich und relativ spezifisch gilt die Reaktion mit dem Redoxindikator 2,6-Dichlorphenolindophenol (DCPIP, TILLMANS Reagenz) DCPIP-Lösungen sind im neutralen und im alkalischen Bereich blau, im sauren Bereich rosa (Abbildung 8).

Abbildung 8: Reaktion von DCPIP bei unterschiedlichem pH



Durch AS wird DCPIP zu einer farblosen Leuko-Verbindung reduziert (Abbildung 9)

Abbildung 9: Reaktion von As auf DCPIP



Ein generelles Problem dieser Bestimmungsmethode besteht darin, daß bei Anwesenheit von Reduktionsmitteln mit mindestens genauso starkem Reduktionsvermögen wie Vitamin C diese miterfaßt werden und so ein zu hoher Vitamin C-Gehalt vorgetäuscht wird.[1]

#### 1.4 Bisherige Isolierung aus Hagebutten

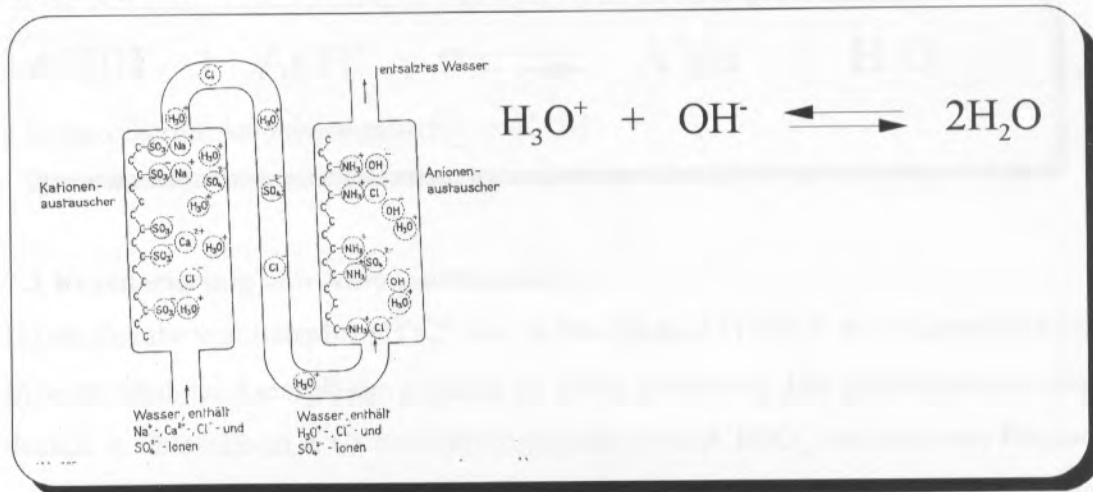
Nach einer Vorschrift von Schmidt und Toulchinskaja erfolgt die Abtrennung von Vitamin C aus wässrigem Extrakt durch Eindampfen mit anschließender mehrfachen Alkohol-Ether Extraktion.[4]

## 2. Hauptteil

### 2.1 Grundlagen des Ionenaustauscher

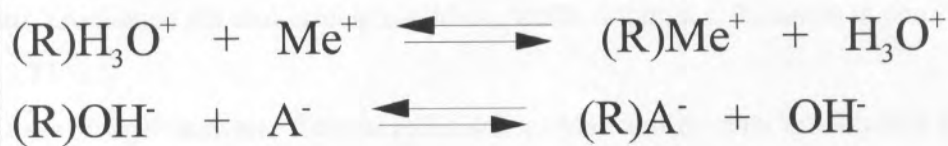
Ionenaustauscher sind Kunstharze aus einem riesigen organischen Netzwerk mit zahlreichen sauren (-SO<sub>3</sub>H)- oder basischen (-NH<sub>2</sub>)-Gruppen. Läßt man einen sauren Austauscher in Wasser quellen, so bilden sich H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-Ionen, welche aber infolge ihrer Ladung an das (negativ geladene) Gerüst gebunden bleiben. In basischen Austauschern entstehen in entsprechender Weise OH<sup>-</sup>-Ionen. Läßt man nun eine Lösung mit verschiedenen Kationen und Anionen zuerst durch einen sauren, dann durch einen basischen Austauscher strömen, so bleiben die Kationen an Stelle der H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-Ionen im sauren Austauscher, während H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-Ionen an die Lösung abgegeben werden (*Kationaustauscher*); im basischen Austauscher (*Anionenaustauscher*) werden umgekehrt Anionen gegen OH<sup>-</sup>-Ionen ausgetauscht. Da sich H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-mit OH<sup>-</sup>-Ionen gemäß dem Ionenprodukt zu Wasser verbindet (Abbildung 10), wird das Wasser durch solche Austauschharze völlig von Elektrolyten befreit.[5]

**Abbildung 10:** Entsalzung von Wasser durch Ionenaustauscher



Der Austausch ist umkehrbar; d.h. "erschöpfte", vollkommen mit Kationen ( $\text{Me}^+$ ) bzw. Anionen ( $\text{A}^-$ ) beladene Austauscher können durch konzentrierte Säure oder Lauge wieder "regeneriert" werden:

**Abbildung 11:** Regenerierung von Ionenaustauschern

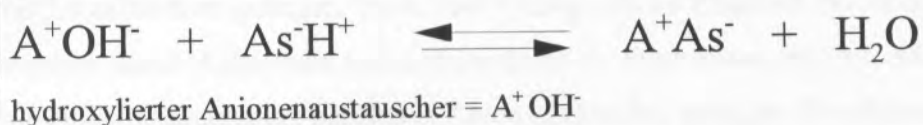


### 2.2 Kapazität der Aufnahme von Ascorbinsäure am Anionenaustauscher

Aufgrund der Tatsache, daß es sich beim Vitamin C um eine Säure handelt, kamen wir auf die Idee das Säureanion an einen hydroxylierten Anionenaustauscher zu binden und so von den anderen Begleitstoffen - vornehmlich den ebenfalls stark polaren Zuckern - abzutrennen. Die maximale Aufnahme von Ascorbinsäure an einer bestimmten Menge Anionenaustauscher bestimmten wir über einen Reihenversuch:

Wir gingen von einer bestimmten Menge hydroxylierten Anionenaustauscher aus und beschickten ihn mit einer immer größer werdenden Menge von Vitamin C, um so an die maximale Aufnahme an Vitamin C zu kommen. Die quantitative Bestimmung von Vitamin C erhielten wir durch Titrierung mit einer Kaliumiodatlösung.

Abbildung 12: Die Bindung von Vitamin C am Anionenaustauscher



### 2.3 Regenerierung von Anionenaustauschern

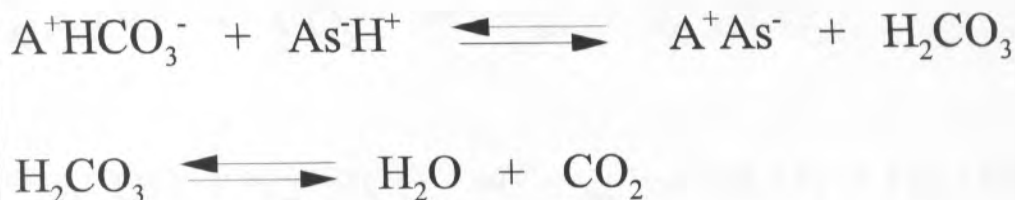
Durch Zugabe von Salzsäure  $\text{H}^+\text{Cl}^-$  oder Schwefelsäure  $\text{H}^+\text{HSO}_4^-$  in stöchiometrischen Mengen wird die Ascorbinsäure wieder zu 100% freigesetzt. Der Anionenaustauscher liegt danach in Chloridform  $\text{A}^+\text{Cl}^-$  bzw. Hydrogensulfatform  $\text{A}^+\text{HSO}_4^-$  vor, was eine Regenerierung mit NaOH erforderlich macht. Ein weiterer Nachteil dieser Reinigungsmethode ist der, daß sich das empfindliche Vitamin C beim Trocknen, bei Überschuß an Säure, dunkel verfärbt. Wir versuchten nun durch kontrollierte Zugabe von Säure, bis zum Anfangs-pH-Wert von reinem Vitamin C, das Vitamin farblos zu erhalten. Mit dieser Methode wird garantiert, daß nicht zuviel Säure in der Lösung vorhanden ist. Wir dampften diese Lösung im Vakuum bis zur Trockenen ein und erhielten schöne, weiße Vitamin C-Kristalle in einer Ausbeute von ca. 75%.

Diese Vorgehensweise führt in technischem Maßstab zu einer erheblichen Umweltbelastung und nicht unerheblichen Kostensteigerung.

### 2.4 Neue Entdeckung nach Le Chatelier mit Kohlensäure

Auf der Suche nach anderen Regenerierungsmethoden kamen wir auf die Idee statt Salz- oder Schwefelsäure, Kohlensäure zu verwenden. Geht man dann noch von einem Anionenaustauscher aus, der statt  $\text{Cl}^-$   $\text{HCO}_3^-$ -Anion gebunden hat, sollte eine absolute umweltfreundliche Abtrennung oder Reinigung von Vitamin C möglich werden.

Abbildung 13: Beladung des kohlensauren Anionenaustauschers mit Vitamin C



Die Kohlensäure zerfällt zu Kohlendioxid und Wasser, wodurch eine Gleichgewichtsverschiebung zur Produktseite hin erfolgt (Abbildung 13).

## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

Nach Abtrennung der Begleitstoffe müßte durch Umkehrung der Reaktion die Freisetzung von Ascorbinsäure gelingen. Nach dem Prinzip von Le Chatelier müßte die Umkehrung der Reaktion durch Aufpressen von Kohlendioxid zu einer wässrigen Aufschlammung des mit dem Ascorbinsäureanion beladenen Anionenaustauscher erfolgen. Das System kann den aufgezwungenen Druck dadurch abbauen, daß sich Kohlendioxid im Wasser löst.

Abbildung 14: Das Lösen von CO<sub>2</sub> in Wasser



Die gelöste Kohlensäure ist nur zu einem sehr geringen Teil protolysiert.

Abbildung 15: Protolysereaktion von Kohlensäure



Durch Herausnahme des HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Anions durch den Austausch gegen das Ascorbatanion sollte es jedoch zu einer Gleichgewichtsverschiebung im gewünschten Sinne kommen. Zur Überprüfung unserer Hypothese füllten wir in eine Waschflasche mit Fritte den beladenen Anionenaustauscher und Wasser und ließen unter geringfügigem Druck Kohlendioxid durchsprudeln. Mit Hilfe der Merck-Teststäbchen konnten wir tatsächlich Ascorbinsäure im Wasser nachweisen.

### **2.5 Praktische Realisierung**

Läßt man den mit demineralisiertem Wasser gewaschenen käuflichen hydroxylierten Anionenaustauscher an der Luft trocknen und wochenlang liegen, geht er durch Reaktion mit dem CO<sub>2</sub> der Luft in die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Form über. (Abbildung 16a)

Abbildung 16:



Besser und schneller gelingt die Reaktion durch Umsetzung mit einer wässrigen Natriumhydrogencarbonatlösung Na<sup>+</sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. (Abbildung 16b)

## Die neue Methode zur Reinigung und Isolierung von Ascorbinsäure

Der Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch die Belastung des Spülwassers mit NaOH. Besser sollte eine direkte Einwirkung von Kohlendioxid auf den hydroxylierten Anionenaustauscher sein. Wie theoretisch erwartet entweicht Kohlendioxid, sobald der mit  $\text{HCO}_3^-$  - Anion beladene Anionenaustauscher mit Ascorbinsäurelösung in Berührung kommt.

Zur Reaktionsumkehr war es erforderlich einen Hochdruckbehälter zu konstruieren, der es erlaubt unter einem Druck von ca. 60-70 bar, eine Filtration durchzuführen. Wegen des hohen Drucks entschlossen wir uns den Behälter möglichst klein auszulegen. Durch Unterstützung eines technischen Lehrers war es möglich, einen geeigneten Druckbehälter zu erhalten.

Abbildung 5: Photo des Autoklaven



Der Behälter besteht aus einem Edelstahlrohr von 13cm Länge und 12mm Durchmesser mit 2 Hochdruckventilen auf beiden Seiten. Vor den Ventilen liegen zwei Edelstahl-fritten, die so fein sind, daß die Ionenaustauscherkügelchen nicht hindurchgehen können. Der Behälter wird über ein Reduzierventil an eine mit 55-60 bar gefüllte Stahlflasche angeschlossen.

In unseren ersten Versuchen mit Kohlendioxid im Autoklaven bestückten wir den Anionenaustauscher mit einer Menge Vitamin C, die er 100% aufnehmen würde. Wir gaben dann den bestückten Anionenaustauscher mit Wasser in den Autoklaven und setzten ihn einen Tag lang einem  $\text{CO}_2$  -Druck aus. Wir testeten dann einen Tropfen der im Autoklave befindlichen Flüssigkeit mit einem Teststäbchen von MERCK und stellten eine hohe Konzentration an Ascorbinsäure fest.

Die exakte Bestimmung durch Titrierung mit der Kaliumjodatlösung ergab jedoch eine sehr schwache Ausbeute von nur 0,5-1,6%.

Wir folgerten daraus, daß das Kohlendioxid nur sehr langsam absorbiert wird und ein höherer Druck für die gewünschte Gleichgewichtsverschiebung nach Le Chatelier benötigt wird.

### 3. Ergebnisse

#### **3.1 Aufnahme und Regenerierung von Anionenaustauschern**

- ♦ Wir konnten nachweisen, daß sich Vitamin C an Anionenaustauschern binden läßt.
- ♦ Der stark basische Anionenaustauscher III, Art. Nr 4767 der Firma Merck, bindet das Vitamin C im Verhältnis 5:1.
- ♦ Der schwach basische Anionenaustauscher, Amberlite IRA SP93 Röhm und Haas, bindet das Vitamin C im Verhältnis 17:1.
- ♦ In Gegenwart von Zuckern sinkt die Fähigkeit des stark basischen hydroxylierten Anionenaustauscher um ca.8% und braucht erheblich länger um das Vitamin C zu binden.
- ♦ Bei einem schwach basischem hydroxylierten Anionenaustauscher stören die Zucker nur sehr gering (ca 2%), brauchen jedoch sehr lange um das Vitamin C zu binden.
- ♦ Wir nehmen an, daß die Wasserstoffbrücken der Zucker ebenfalls mit den OH-Gruppen des hydroxylierten Anionenaustauschers Wasserstoffbrückenbindungen eingehen und dadurch gebunden werden.
- ♦ Zuckerhaltige Vitamin C Lösungen stören die Absorbtion von Vitamin C am stark basischen Anionenaustauscher nicht, wenn er in der Hydrogencarbonatform vorliegt.
- ♦ Das Ablösen des Vitamin C vom Anion gelingt praktisch vollständig mit Salz-oder Schwefelsäure.
- ♦ Mit Hilfe anderer Anionen wie  $\text{Cl}^-$  oder  $\text{HCO}_3^-$  kann Vitamin C ebenfalls ausgetauscht werden.
- ♦ Die Ablösung von Vitamin C und gleichzeitige Regenerierung des Austauschers gelingt prinzipiell mit Kohlendioxid.
- ♦ Bei einem Kohlendioxiddruck von 7,5 bar werden 1,6% der gebundenen Ascorbinsäure wieder freigesetzt.
- ♦ Bei höheren Drucken ist nach der Regel von Le Chatelier mit einer höheren Ausbeute zu rechnen. (Versuche in dieser Richtung waren aus Sicherheitsgründen mit unseren Mitteln nicht durchführbar)



### **3.2 Isolierung von Vitamin C aus Hagebutten mit Anionenaustauschern**

- ♦ Aus einem wässrigen Hagebuttenextrakt läßt sich Ascorbinsäure mit Hilfe der Anionenaustauscher nicht isolieren. Bessere Ergebnisse erzielten wir mit dem Anionenaustauscher in der Hydrogencarbonatform, den wir mit einem Ethanolextrakt der Hagebutten beschickten. 56% des Vitamin C wurden gebunden. Die restlichen 44% sind extrem polare und stark saure Verbindungen, die vermutlich Carbonsäuren mit mehreren Carboxylgruppen sind, von denen ein Teil, der etwas unpolarer ist, im langwelligen UV-Licht sichtbar ist.
- ♦ Bei einem Methanolextrakt der Hagebutten fällt ein Kaliumsalz von diesen stark polaren und sauren organischen Säuren aus, die man mit Hilfe eines Kationenaustauschers freisetzen kann.

### **4. Danksagung**

Wir danken:

- unserem betreuenden Lehrer Herrn Schäfer
- den Techniklehrern Herrn Ruh und Herrn Kunstmann  
zur Realisierung des Autoklaven am Technischen Gymnasium Müllheim
- für die Spende eines CO<sub>2</sub>-Stahldruckbehälters Herrn Morath  
aus Bad Krozingen
- sowie der Firma Hoffmann La Roche AG in Grenzach-Wyhlen  
für Ihre Unterstützung.

### **5. Literatur**

- [1] Haseloff H.-P.: Das Vitamin C-Projekt, Arbeitsbücher Chemie. Moritz Diesterweg GmbH & Co. Verlag Frankfurt a.M., 1.Auflage 1989
- [2] Wintermeyer, U.: Vitamin C. Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart 1981
- [3] Böttcher, H.M.: Aus der Geschichte des Skorbutus. Hippokrates 37 (19):783-786, 1966
- [4] Schmidt, Toultschinskaja, Bl. Soc.Chim.biol. 19 (1937) 1200
- [5] H.R. Christen: Chemie. Otto Salle Verlag Frankfurt a.M., 4.Auflage 1966

