

Hinweis

Bei dieser Datei handelt es sich um ein Protokoll, das einen Vortrag im Rahmen des Chemielehramtsstudiums an der Uni Marburg referiert. Zur besseren Durchsuchbarkeit wurde zudem eine Texterkennung durchgeführt und hinter das eingescannte Bild gelegt, so dass Copy & Paste möglich ist – aber Vorsicht, die Texterkennung wurde nicht korrigiert und ist gerade bei schlecht leserlichen Dateien mit Fehlern behaftet.

Alle mehr als 700 Protokolle (Anfang 2007) können auf der Seite http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html eingesehen und heruntergeladen werden.

Zudem stehen auf der Seite www.chids.de weitere Versuche, Lernzirkel und Staatsexamensarbeiten bereit.

Dr. Ph. Reiß, im Juli 2007

517

Lehramtsvortrag über

Essig

Vorgelegt von

Annette Hentrich

Marburg

Januar 1995

| | |
|--|-----------|
| 1. ESSIG IN DER KULTURGESCHICHTE | 2 |
| 2.1. ESSIGGÄRUNG | 3 |
| 2.1.1. Nachweis von Acetat in Weinessig | 6 |
| 2.1.2. Nachweis von Acetat durch Zersetzung zu Aceton und anschließender Bildung von Indigo | 7 |
| 2.2. TROCKENE DESTILLATION VON HOLZ | 8 |
| 2.2.1. Trockene Destillation von Holz (vereinfachter Aufbau) | 8 |
| 2.3.1. Oxidation von Acetaldehyd am Kupferkatalysator | 10 |
| 3. EIGENSCHAFTEN DER ESSIGSÄURE | 12 |
| 3.1.1. Bestimmung des Erstarrungspunktes von Eisessig. | 12 |
| 3.1.2. Bestimmung der Konzentration von Essigsäure durch die Bestimmung des Erstarrungspunktes | 12 |
| 3.2. ESSIG ALS SÄURE | 13 |
| 3.2.1. Grad der Dissoziation von substituierten Essigsäuren | 13 |
| 3.3. VERHALTEN DER ESSIGSÄURE GEGENÜBER METALLEN: | 14 |
| 3.3.1. Reaktion mit Metallen | 14 |
| 4. INDUSTRIELLE VERWENDUNG VON ESSIGSÄURE: | 15 |
| 4.1. Herstellung von Essigsäureethylester und Verwendung als Lösungsmittel | 15 |

1. Essig in der Kulturgeschichte

Jeder kennt ihn aus der Küche, den Essig. Er dient dort zu Würzen von Speisen, insbesondere zum Säuern von Salaten, aber auch zum Einmachen, also zum Konservieren von Lebensmitteln. Damit ist aber nur ein sehr kleiner Teil der Essigsäure erfaßt, der größte Teil dient der Industrie als Edukt für Produkte wie Kunstseide, Vinylacetat und Essigsäureethylester.

Essig bzw. Essigsäure kommt in unterschiedlichen Sorten in den Handel.

- als Speise- Essig : z.B. als Weinessig, Obstessig oder Kräuternessig, er ist meist eine etwa 5%ige wäßrige Lösung
- als Essenzessig: etwa 25%ig, mit dem Gefahrenhinweis vor unverdünnten Genuß
- als Essigsäure : im Labor ; chemisch reine , wäßrige Lösung
- als Eisessig: chemisch reine , wasserfreie Essigsäure

Nicht alle diese Artikel sind seit dem Altertum bekannt:, lediglich der aus alkoholischen Getränken durch die sogenannte Gärung gewonnene Essig wird bereits in alten Schriften erwähnt.

Essig diente im Altertum als Erfrischungsgetränk.

Posca, essigsauer gewordener Billigwein mit Kräutern war das Getränk römischer Legionäre und der Soldaten anderer Heere dieser Zeit, sofern sie aus Weinanbaugebieten kamen.

Daher spielt Essig wohl auch eine Rolle in der Geschichte der Felssprengung bei Hannibals Alpenüberquerung. Weitgehend frei von pathogenen Keimen durch den Alkoholgehalt des Ursprungstoffes, bewahrte das Getränk vor vielen Seuchen. Frei von Schadstoffen für Atmungsfermente durch die Art seiner Entstehung, bewahrte es vor mancher Vergiftung. Es enthielt Mineralstoffe, b-Vitamine und die Proteine der Bakterien-substanzen. Posca war in großen Mengen zu haben, da die billigen, alkoholarmen Weine am wenigsten vor dem Sauerwerden zu schützen. (Auch heutige Erfrischungsgetränke enthalten Säuren, z.B. Phosphorsäure, Zitronensäure, Weinsäure)

In der Bibel wurde Essig erwähnt.

Sprüche 10,26 :

„Wie der Essig den Zähnen und der Rauch den Augen, so tut der Faule denen, die ihn senden.“

Sprüche 25,20 :

„ Wer einem betäubtem Herzen Lieder singt, das ist wie wenn einer das Kleid auszieht an kalten Tage und wie Essig auf die Kreide.“

Ein weiterer Text aus einer alchemistischen Schrift lautet:

„ Azoth und Essig der Weisen weil unser Quecksilber, wenn er in Wasser solvirt worden, alle Körper mit seiner ätzenden Säure zerstört solche corrodirt und zerfrißt.“

Bei diesem Text geht es darum, den Vergleich zu der korrodierenden Wirkung der Quecksilberlösung des Essig zuzeigen. Auch zu dieser Zeit galt der Essig noch als die Säure schlechthin.

Der Geschichte folgend beginne ich nun mit der Herstellung von Gärungsessig, dem ältesten Verfahren

2. Darstellungsmethoden der Essigsäure

2.1. Essiggärung

Dieses Thema gliedere ich in folgende Aspekte

1. Die Mikroorganismen
2. Die Biochemie der Essiggärung
3. Großtechnische Durchführung des Verfahrens

zu Punkt 1:

a) An der Oberfläche alkoholhaltiger Getränke bildet sich beim Stehenlassen eine schleimige Schicht, die sog. Essigmutter. Bereits 1837 vermutete Kützig, daß diese Schicht aus Lebewesen bestehe, hielt sie allerdings für Algen. Um 1864 beschäftigte sich auch Pasteur mit dem Problem der Essiggärung.

b) 1879: Hansen erkennt die Lebewesen als Bakterien und nennt sie Essigbakterien.

c) 1898: BEIJRINCK schlägt die Bezeichnung Acetobacter vor.

d) 1934: ASIA teilt die Essigbakterien in zwei Gruppen:

1. Gluconobacter: Sie produzieren Essigsäure aus Glucose.

2. Acetobacter : Sie verwenden als Rohstoff Ethanol

e) um 1950 : Frateur unterteilt die Acetobacter-Stämme in vier Gruppen.

f) Shinwell stellt nach langjährigen Studien fest, daß fast jeder Acetobacter-Stamm unterschiedliche Kulturformen hervorbringen kann; er führt die Bezeichnung ‘ genetische Variabilität’ ein. Einzelne Bereiche der Erbsubstanzen sind offenbar abnorm hohen Mutationsraten unterworfen. Dies hat zur Folge, daß die verwendeten Stämme von Essigbakterien nie einheitlich sind, sie verändern sich auch hinsichtlich ihrer Essigproduktion. Da aber die Essigindustrie selbstverständlich daran interessiert ist, Stämme zu nutzen , die eine möglichst hohe Gesamtkonzentration an Säure aushalten und gleichzeitig möglichst wenig Nährstoffe bedürfen, kann durch hohe Säurekonzentration und geringe Nährstoffzufuhr erreicht werden, daß Mutanten, die die genannten Eigenschaften nicht aufweisen, nur eine geringe Überlebenschance haben.

g) Aufgrund der unterschiedlichen Gestalt der Bakterien können die Acetobacter erhebliche Größenunterschiede aufweisen:

0,6 -0,8 * 1,0 -3,0 µm.

Sie können mit oder ohne Geißel sein, die Begeißelung kann aller nur denkbaren Formen annehmen. Es handelt sich meist um stäbchenförmige Bakterien, aber auch um gebogene Formen kommen vor.

zu Punkt 2:

Bei der Essiggärung handelt es sich um einen aeroben Vorgang im Gegensatz zu allen anderen Gärungen (z.B. der alkoholischen Gärung oder der Milchsäuregärung)

Die Bruttogleichung lautet:



Diese Gleichung sagt natürlich noch wenig über den tatsächlichen Ablauf der Reaktion aus. Bei den mikrobiologischen Verfahren werden wässrige Lösungen von reinem Ethanol, in vermindertem Umfang auch Wein, vergorener Apfelmost oder vergorene Molke durch Acetobacter umgesetzt. Ethanol wird dabei, wie in der Abb. dargestellt, gestuft zur Essigsäure dehydriert und die entstehende reduzierte Form des Cosubstrates Methoxatin (PQQH₂) wird in der Atmungskette oxidiert. Ein Teil der bei der Oxidation des Ethanols freigesetzten Energie wird als Wärme freigesetzt, die durch Kühlung abgeführt werden muß. Bei ungenügender Versorgung mit Sauerstoff disproportionieren die Mikroorganismen den intermediär entstehenden Acetaldehyd.

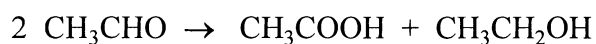
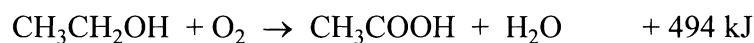


Bild aus Lehrbuch der Lebensmittelchemie, s. Anhang 1

Die Vergärung des Ethanols erfolgt vorwiegend in geeigneten Fermentern im Submersverfahren. Daneben spielt das klassische Oberflächenverfahren noch eine gewisse Rolle, bei dem die Bakterien auf locker geschichteten Trägern (meist Buchenholzspäne) kultiviert werden, die von oben mit alkoholischen Flüssigkeiten und von unten mit Luft durchströmt werden.

Zur Vermeidung von Überoxidation, d.h. einer Oxidation der gebildeten Essigsäure zu CO₂ und Wasser wird die Gärung bei einem Restgehalt von 0,3 Vol.-% Ethanol gestoppt. Der so entstandene Essig ist meist 5 - 12 %ig.

Das Ausscheiden der Essigsäure durch aerobe Essigbakterien ist als unvollständige Oxidation im Atmungsstoffwechsel anzusehen.

Wichtig ist, dass der benötigte Sauerstoff nicht direkt zur Oxidation des Acetaldehyds benötigt wird, sondern in der Atmungskette.

Reaktor des Submersverfahrens, s. Anhang 2

Zur Erläuterung der Abbildung

- 1,2: Zu- und Abfluß des Kühlwassers
- 3: Zulauf der alkoholischen Flüssigkeit (Maische)
- 4: Abflußventil für den fertigen Essig
- 5: Abluftöffnung
- 6: Motor für den Luftwirbler

Die Temperatur im Gefäß wird über ein Kühlsystem konstant gehalten. Die Belüftung erfolgt, indem die Luft durch einen motorgetriebene Luftwirbler, der mit 1450- 1750 rpm rotiert, verteilt wird. Nach beendeter Gärung wird 60 % des Inhaltes abgelassen und der verbleibende Rest als Ansatz für den nächsten Durchlauf verwendet.

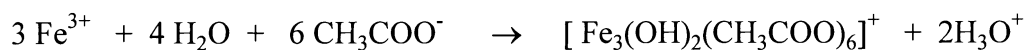
Seit 1976 wurde ein kontinuierliches Verfahren erarbeitet. Es basiert auf dem Prinzip der Ultrafiltration (Frings- stream-filter-Verfahren). Dabei zirkuliert der Gäransatz durch einen 8000 Liter-Bottich und durch angeschlossene Schläuche und Röhren, die mit einer zur Ultrafiltration befähigten Membran ausgestattet sind. Die Filteroberfläche beträgt etwa 18 m², zwei Filter sind vorhanden. Der Tagesausstoß einer solchen Anlage soll 15000 Liter Essig betragen, der völlig frei von Bakterien ist. Die Flüssigkeit wird durch geringen Unterdruck durch den Filter gesaugt. Nach ca. 30 Tagen ist die Bakterienkonzentration allerdings ca. 60 mal höher als normal. Der Prozeß wird dann unterbrochen.

2.1.1. Nachweis von Acetat in Weinessig

Chemikalien: FeCl₃-Lösung
NaOH, 1mol/l
Wein, möglichst farblos
Weinessig
ungf. 5%ige Essigsäure

Durchführung:

Der Wein, der Weinessig und eine Vergleichslösung werden jeweils mit Natronlauge neutralisiert und anschließend wird die Eisenchloridlösung hinzugegeben. Eine Rotfärbung zeigt die Anwesenheit von Acetationen an.



2.1.2. Nachweis von Acetat durch Zersetzung zu Aceton und anschließender Bildung von Indigo

Chemikalien: $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

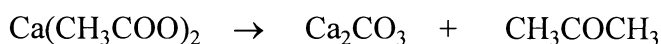
o-Nitrobenzaldehyd

NaOH-Lösung

Durchführung:

Zuerst wird eine gesättigte Lösung von Indigo in Natronlauge hergestellt. In ein Reagenzglas wird etwas $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ gegeben und in die Öffnung ein Filterpapierstreifen, der mit der o-Nitrobenzaldehydlösung getränkt ist, gehangen. Nun wird das Reagenzglas vorsichtig mit der Brennerflamme erhitzt. Nach kurzer Zeit bildet sich auf dem Filterpapier die typische blaugrüne Indigofarbe aus.

Auswertung:



Reaktionsmechanismus, s. Anhang 3

2.1.3. Bestimmung des Säuregehaltes von Speiseessig

Chemikalien:

Speiseessig

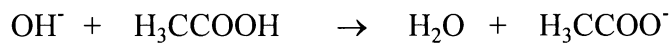
NaOH, Konz. 1 mol/l

Phenolphthalien

Durchführung:

Es werden 10 ml Speiseessig in einem Erlenmeyerkolben vorgelegt, 3 Tropfen Indikator hinzugefügt und unter ständigem Rühren bis zur bleibenden Färbung titriert.

Auswertung:



Berechnung :

$$1 \text{ mol NaOH} = 1 \text{ mol HAc}$$

Verbrauch:

$$8,2 \text{ ml } 1 \text{ mol NaOH-Lösung}$$

$$8,2 \text{ mmol} * 60,5 \text{ mg/mmol} = 4,961 \text{ g HAc in } 10 \text{ ml Speiseessig}$$

Daraus folgt, daß der vergelegte Speiseessig eine Konzentration von 4,96 % an Essigsäure hat.

2.2. Trockene Destillation von Holz

Das zweitälteste Verfahren zur Herstellung von Essigsäure ist die trockene Destillation von Holz.

Hierbei fällt neben der Holzkohle eine nach Phenol und Teer riechende Flüssigkeit an (‘Holzessig ‘genannt), die etwa 6% Essigsäure enthält und vorwiegend für technische Zwecke aufbereitet wird. Gegenwärtig hat dieses Verfahren vorwiegend historische Bedeutung.

Denkbar wäre aber eine Bedeutung in der Zukunft, da es sich um einen nachwachsenden Rohstoff handelt.

2.2.1. Trockene Destillation von Holz (vereinfachter Aufbau)

Chemikalien:

Holz, zerkleinert

Universalindikator, Bereich pH 2- 7

Durchführung:

Das Holz wird in ein schwerschmelzbares Reagenzglas gegeben. Mit dem Gasbrenner wird das Holz langsam erhitzt und das dabei anfallende Destillat wird über ein gebogenes Glasrohr in die Indikatorlösung geleitet. An dem Farbumschlag erkennt man die saurer Reaktion des entstandenen Produkts.

Auswertung:

In der Abhängigkeit des verwendeten Holzes setzt sich das Destillat wie folgt zusammen:

Holzkohle : ca. 35%

Holzgas : ca. 21% (CO, CO₂, Alkane)

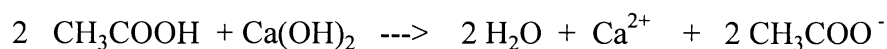
Holzteer : ca. 9% wurde früher als wichtiges Produkt betrachtet und diente z. B. der Herstellung von Farb- und Arzneistoffe

Holzessig: ca. 6%

Holzgeist :2%

Wasser, daneben andere Stoffe, deren Anteil unter 1 % liegt

In der Industrie wird das Destillat dann weiter in Kalkmilch eingeleitet. Während Methanol und Propanon keine weitere Reaktion mit der Lauge eingehen, setzt mit den Alkansäuren eine Neutralisation ein.



(analog: Formiatbildung)

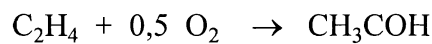
Weiterhin werden die vorhandene Ester verseift.

In der Industrie wird das Gemisch zu Befreiung von Schwebstoffen filtriert und dann eingedampft. Durch Zugabe von Schwefelsäure wird dann die Essigsäure freigesetzt und kann abdestilliert werden.

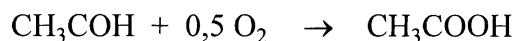
2.3. SYNTHETISCHE ESSIGSÄURE

Als Rohstoff dient nun das Erdöl oder andere fossile Ausgangsmaterialien, heute wird fast ausschließlich Ethen eingesetzt. In einem älterem Verfahren wurde als Ausgangssubstanz Acetylen (Ethin) verwendet.

Bei der Oxidation von Ethen entsteht im erstem Schritt Acetaldehyd.



Daran schließt sich eine weitere Oxidation an und man erhält als Produkt Essigsäure.



2.3.1. Oxidation von Acetaldehyd am Kupferkatalysator

Chemikalien:

Kupferspirale

Ethanal

Durchführung:

Eine dicke Kupferspirale wird in einen Erlenmeyerkolben gehängt. Der Kolben ist am Boden mit Ethanalgefüllt, der Flüssigkeitsspiegel sollte sich 2-3 mm unter der Spirale aus Kupfer befinden. Die Kupferspirale wird nun gut durchgeglüht und in den Gasraum des Erlenmeyerkolbens gehängt. Sollte sich der Ethanaldampf entzünden, so wird die Flamme durch Auflegen eines Keramiknetzes erstickt. Man kann nun beobachten, wie die Spirale zunächst wieder die glänzenden Farbe des Kupfers annimmt und sich dann an verschiedenen

Stellen mit schwarzem Kupferoxid überzieht. Dies wiederholt sich eine Weile, ohne das erneut Energie zugeführt werden müßte. Weiterhin beobachtet man, das die Spirale glüht.

Auswertung:

Das Acetaldehyd wird durch den Luftsauerstoff oxidiert, als Redoxkatalysator wird die Kupferspirale verwendet.

Mechanismus und Reaktionsgleichung s. Anhang 4 und 5

In der Industrie wird als Katalysator eine Legierung aus Co und MN- Acetat verwendet, der bis zu 0,5gew.% im Gemisch enthalten ist.

Weitere Verfahren :

1. Alkan- und Alkenoxidation

Edukte: C4 -C8 Kohlenwasserstoffe, z.B. n-Butan, n-Butene, Leichtbenzin

2. Carbonylierung von Methanol zu Essigsäure

(Entdeckung bereits 1913)



Bei diesem Verfahren traten bis Ende der 50er Jahre Korrosionsprobleme auf, die aber dann durch Mo-Ni-Legierungen in den Griff bekommen wurden.

1960 : BASF erste Anlage mit CrI₂-KAT

ab 1965 Rhodium/Iod- Kats

Heute: Temperaturen von 150 - 200 °C, Druck bis 30 bar

=====> Selektivität : 99% MeOH , 90% CO

Nebenprodukte: CO₂, H₂ (Konvertierungsreaktion)

Weiterhin wird heute nach Alternativen zu den teuren Rhodium-Kat. gesucht.

3. Eigenschaften der Essigsäure

Über 98%ige Essigsäure nennt man Eisessig. Reiner Eisessig siedet bei 118 °C und schmilzt bei 16,5°C.

3.1. Essigsäurekonzentrationsbestimmung

3.1.1. Bestimmung des Erstarrungspunktespunktes von Eisessig.

Chemikalien:

Eisessig

Durchführung:

Dazu brint man eine unterkühlte Essigsäure durch Reiben eines Glasstabes am Rand des RG zum Erstarren. Das Thermometer zeigt nun die Erstarrungstemperatur an.

Anhand des Erstarrungspunktes läßt sich die Konzentration von Essigsäure gut bestimmen, was im nächsten Versuch gezeigt wird.

3.1.2. Bestimmung der Konzentration von Essigsäure durch die Bestimmung des Erstarrungspunktes

Durchführung:

In einem Geagenglas befindet sich unterkühlter Eisessig, zu dem man etwas dest. Wasser gibt. Mit einem Glasstab reibt man an dem Reagenzglas und mißt die Temperatur, bei der sich die feste und flüssige Phase im Gleichgewicht befinden.

Auswertung:

Der nachfolgenden Tabelle entnimmt man den zu der gemessenen Temperatur gehörende Konzentration.

Tabelle aus Ullmann mit Diagramm, s. Anhang 7

3.2. Essig als Säure

Im Vergleich zu den Mineralsäuren ist die Essigsäure nur eine schwache Säure.

Der saure Charakter der Hydroxylgruppe in der Carbonylgruppe kann durch Substitution beeinflusst werden.

3.2.1. Grad der Dissoziation von substituierten Essigsäuren

Durchführung:

Dazu habe ich gleichkonzentrierte Lösungen (ungefähr 0,5 mol/l) hergestellt und werde nun mit Hilfe eines Universalindikators die unterschiedlichen Grade der Dissoziation an der Farbveränderung zeigen.

| | Ks |
|---------------------|------------------------|
| Essigsäure | $1,75 \cdot 10^{-5}$ |
| Monochloressigsäure | $155 \cdot 10^{-5}$ |
| Dichloressigsäure | $5130 \cdot 10^{-5}$ |
| Trichloressigsäure | $121000 \cdot 10^{-5}$ |

Trichloressigsäure ist über 100 000 mal stärker als Essigsäure.

Auswertung:

Die Essigsäure dissoziiert durch Abspaltung des Wasserstoffs als Proton vom Hydroxyl-Sauerstoff.

Das Elektronenpaar bleibt also beim Sauerstoff. Jede Kraft, die in der Essigsäure Elektronen vom Wasserstoff wegzieht, wird die Abspaltung erleichtern.

Die Dissoziation ist begünstigt durch die Polarität der O-H - Gruppe und die Mesomeriestabilisierung des entstehenden Carboxylations. Durch Substitution am C - Atom können diese beiden Ursachen beeinflusst werden. Reste mit einem + - Effekt, z.B.

Methylgruppen, verringern die Polarität der O - H Bindung und damit die

Dissoziationsfähigkeit. Elektronenanziehende Reste, z.B. Cl , haben die umgekehrte Wirkung.

3.3. Verhalten der Essigsäure gegenüber Metallen

Metallen gegenüber verhält sich Essigsäure wie Mineralsäuren, nicht ohne Grund wurde Essig lange Zeit als die Säure schlechthin angesehen. Essig war die einzige in größeren Mengen verfügbare Säure und folgende Begriffe deuten den engen Zusammenhang zwischen Säuren allgemein und der Essigsäure an:

acer (lat.) : spitzig-scharf, schneident, beißend

acetum (lat.) : Essig

Acetat : Salz der Essigsäure

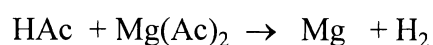
acid (engl.) : Säure

acidum (lat.) : Säure

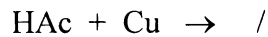
acidum aceticum : Essigsäure

3.3.1. Reaktion mit Metallen

I. Reaktion mit Magnesium - Späne:



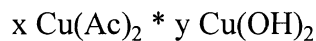
II. Reaktion mit Kupfer



Allerdings sieht man, dass die Münzen blank werden. Die Säure löst die Oxidhaut auf.



Kommt Kupfer dagegen in Gegenwart von Sauerstoff mit Essigsäure einige Zeit in Berührung, so entsteht Grünspan (bas. Kupferacetat):



Als Folge der Reaktion mit Metallen ist es durch das Lebensmittelgesetz verboten, Essigsäure in Metallgefäßen zu lagern.

4. Industrielle Verwendung von Essigsäure

Wie schon aus der Übersicht zu entnehmen war, wird 94,5 % der Essigsäure in der Industrie als Edukt für industrielle Produkte verwendet.

4.1. Herstellung von Essigsäureethylester und Verwendung als Lösungsmittel

Chemikalien: Eisessig

Ethanol

Schwefelsäure, konz.

Styropor

Durchführung:

Im Rundkolben werden je 100 ml Essigsäure und Ethanol miteinander vermischt. Nach Zugabe von 20 ml konz. Schwefelsäure und einigen Siedesteinchen erhitzt man das Gemisch 10 Minuten lang am Rückfluß und destilliert dabei die entstehenden Produkte ab. Diese werden in einem Rundkolben gesammelt, in dem sich Methylblau befindet, der die wäßrige

Phase färbt. Dem Kolben entnimmt man eine Probe, gibt diese in ein Reagenzglas und fügt Styropor hinzu.

Auswertung:

Es entsteht Essigsäureethylester nach folgendem Mechanismus, s. Anhang 8.

In der Industrie wird Essigsäureethylester als Lösungsmittel für Kunststoffe, Fette, Harze und andere hochmolekulare Stoffe verwendet, was durch das Lösen von Styropor gezeigt wurde.

Literaturliste

Belitz/Grosch , Lehrbuch der Lebensmittelchemie

Schuler, Peter , Essigsäure, Material für Unterrichtsplanung

Römpp/Raaf , Org. Chemie im Probierglas

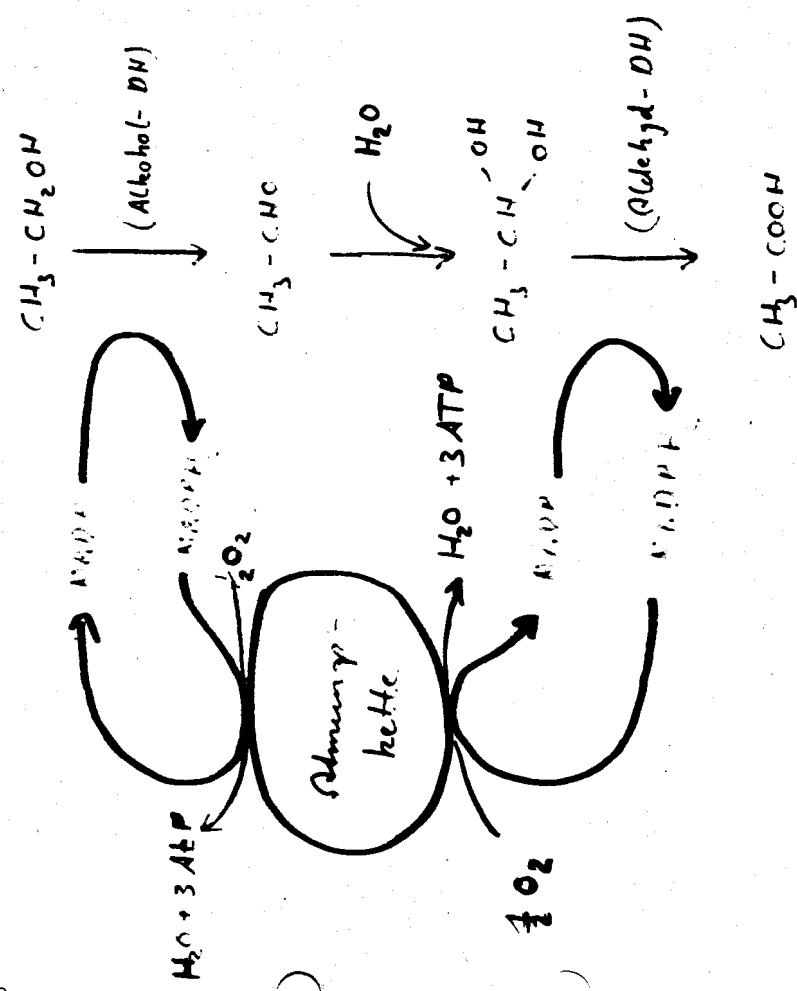
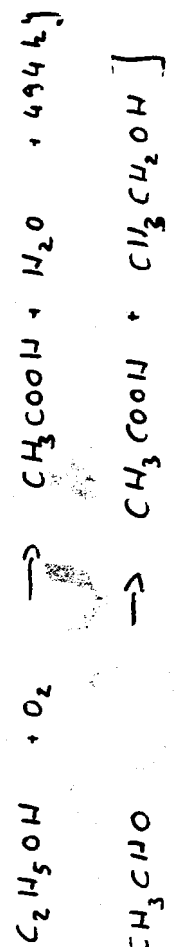
Römpp, Chemie des Alltags

Handbuch der Lebensmittelchemie

Just, Manfred , Chemische Schulexperimente, Band 4, Thun-Franfurt/M. 1978

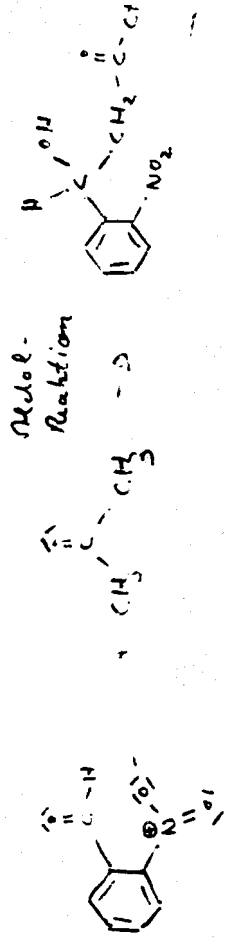
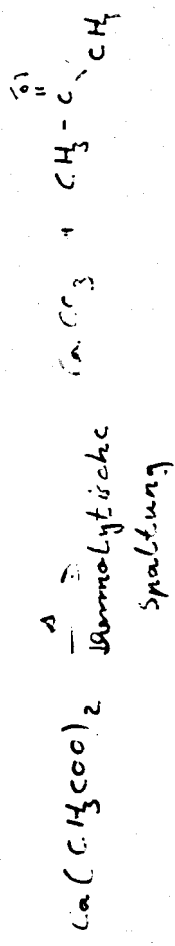
1. Die Biochemie der Essiggärung

Bruttogleichung

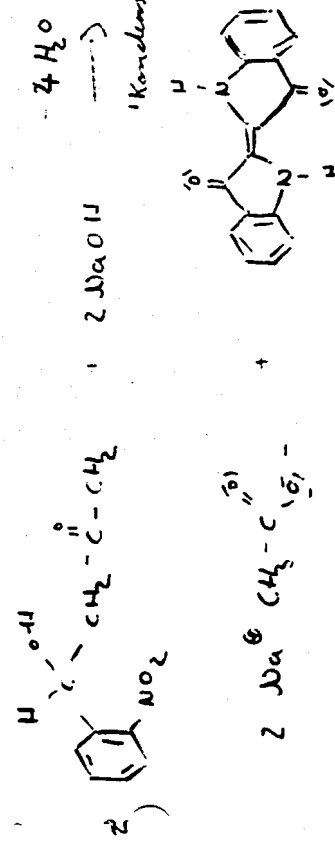


Oxidation von Ethanol durch Acetabakterien Arten zu Essigsäure

3 V Nachweis von Acetat



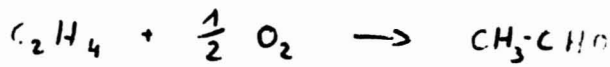
o-Dihydrobenzylmilchsäuremethylketol
Aceton



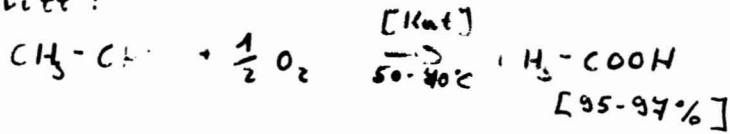
Indigosynthese nach

Herstellung von synthetischer Essigsäure

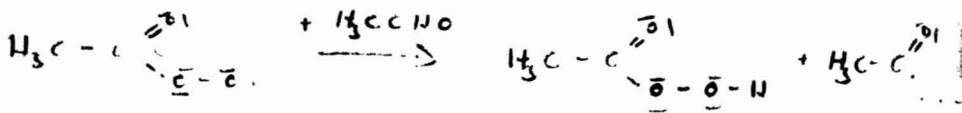
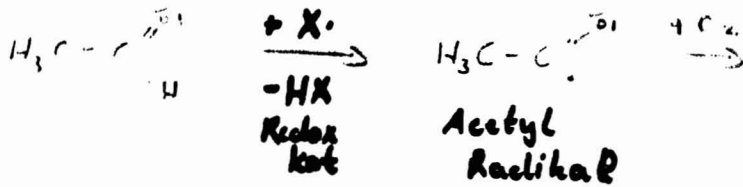
4. 1. Schritt:



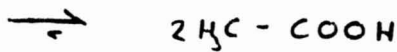
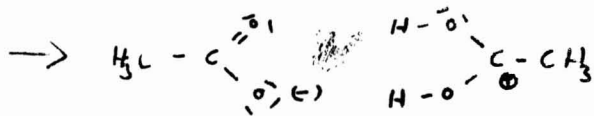
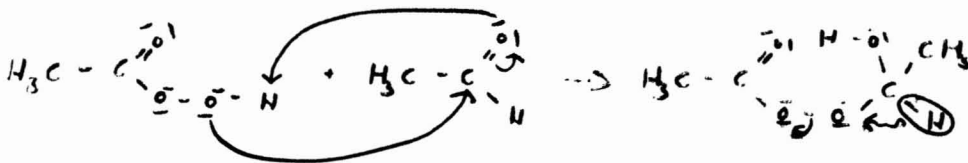
2. Schritt:



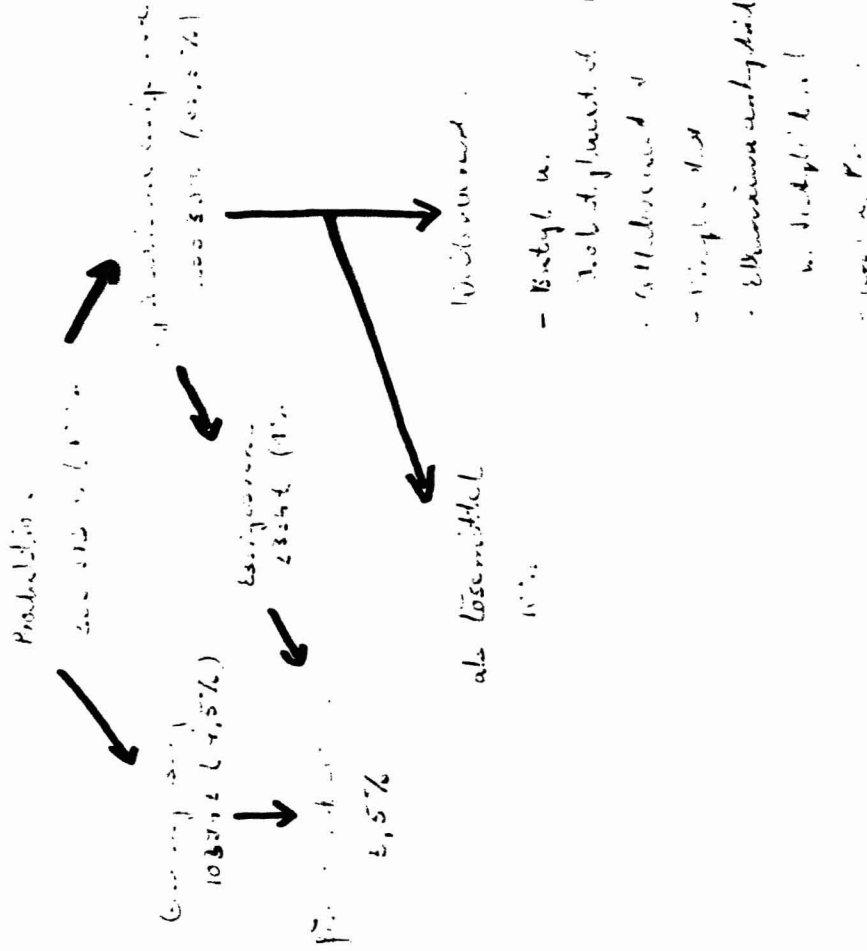
Mechanismus: Bayer-Villiger-Oxidation



Kettenreaktion

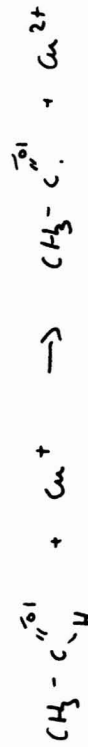
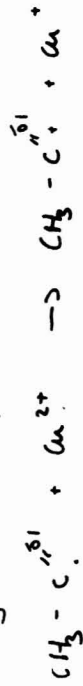


6 Die Veränderung der ... (1975)



5.V Oxidation von Acetaldehyd am Cu-Katalysator

Wirkung des Kupfers

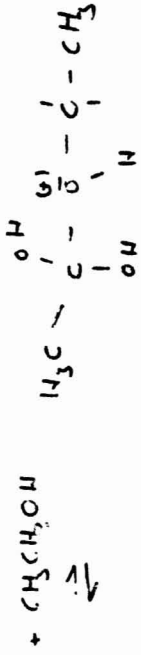
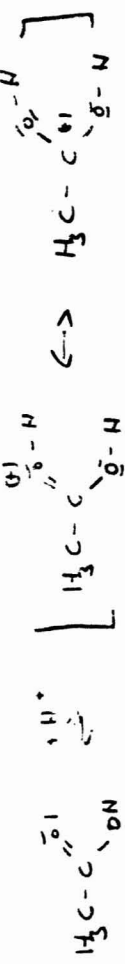


8. Industrielle Verwendung von Essigsäure

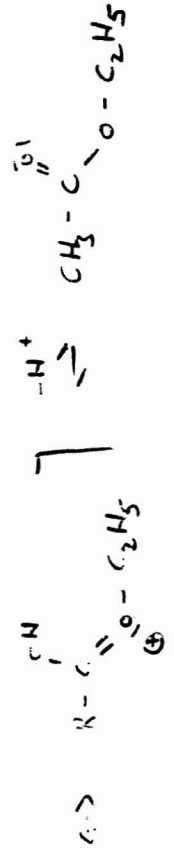
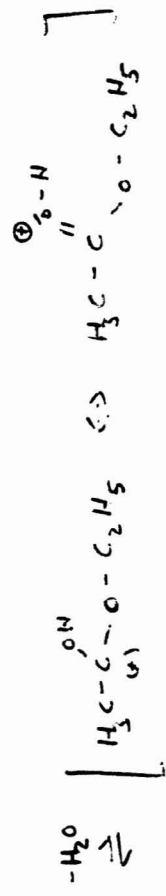
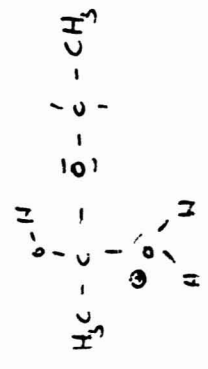
V: Herstellung von Essigsäureethylester



Mechanismus:



↕



7. V Bestimmung des Schmelzpunktes von Eisennig

Bestimmung der Konzentration von Essigsäure

| % CH ₃ COOH | fp °C |
|------------------------|-------|
| 100 | 16,75 |
| 99,6 | 15,94 |
| 99,2 | 15,42 |
| 98,8 | 14,49 |
| 98,4 | 13,80 |
| 98,0 | 13,25 |
| 97,6 | 12,66 |
| 97,2 | 12,03 |
| 96,8 | 11,48 |
| 96,4 | 10,83 |
| 96,0 | 10,19 |
| 95,6 | 9,51 |
| 80,6 | -2,14 |
| 50,6 | -19,8 |
| 18,41 | -6,3 |

