

INHALTSVERZEICHNIS

I. Vorwort	
I.1 Geschichte der organischen Chemie	3
I.2 Grundlage zum Kohlenstoff und seinen Reaktionen	3
II. Substitution	
II.1 Allgemeine Begriffsklärung	4
II.2 Eigenschaften der Halogenalkane	4
II.3 Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution	4/5
a) Startreaktion	
b) Kettenreaktion	
c) Abbruchreaktion	
II.4 Mehrfachsubstitution	5
II.5 Kondensation - Sonderfall der Substitution	6
III. Addition	
III.1 Allgemeine Begriffsklärung	6
III.2 Reaktionsmechanismus der radikalischen Addition	6/7
a) Startreaktion	
b) Kettenreaktion	
c) Abbruch der Reaktion	
III.3 Eliminierung als Umkehrung der Addition	7
III.4 Hydrierung und Dehydrierung - Sonderfälle der Addition	7
IV. Die drei Polyreaktionen	7
IV.1 Polymerisation	8
a) Allgemeiner Reaktionsverlauf	
b) Taktizität	
IV.2 Polyaddition	8/9
a) Allgemeiner Reaktionsverlauf	
b) Einteilung der Polyaddukte	
IV.3 Polykondensation	9
V. Funktionelle Gruppen und ihre Reaktionen	
V.1 Die Hydroxylgruppe	9/10
a) Bildung von Alkoholaten	
b) Oxidation und Dehydrierung von Alkoholen	
c) Bildung von Ethern	
V.2 Die Aldehydgruppe und die Carbonylgruppe	11

- a) Addition und Substitution der Gruppen
- b) Bildung von Polyaldehyden
- c) Bildung von Acetalen und Ketalen
- d) Oxidation von Aldehyde

V.3 Die Carboxylgruppe

12/13

- a) Dissoziation der Carbonsäure
- b) Salzbildungsreaktionen
- c) Bildung von Estern
- d) Bildung von Anhydriden

V.4 Die Aminogruppe

13

- a) Bildung von Amiden und Peptiden

VI. Anhang

Folie 1) **Experiment - „Substitution“**

Folie 2) **Experiment - „Addition“**

Folie 3) **Experiment - „Oxidation von Alkoholen“**

Folie 4) **Experimente - „Salzbildung“**

VII. Literaturverzeichnis

I. Vorwort

I.1 Geschichte der organischen Chemie

Das Thema, welches ich in meiner Arbeit näher analysieren möchte, heißt „Reaktionsarten in der organischen Chemie“. Dazu gilt es erst einmal zu klären, was denn nun eigentlich organische Chemie ist.

Bis zum Beginn des 19. Jahrhundert wurde dieser besondere Teilzweig der Chemie noch von einer Betrachtungsweise beherrscht, die sich „vis vitalis“ nennt. Sie besagt, daß organische Stoffe, wie zum Beispiel Zucker, Eiweiß und Harnstoff ausschließlich in einem Organismus - in der lebenden Natur - hergestellt werden können, da dieser die besondere Lebenskraft - „vis vitalis“ - in sich trägt. Die Vorstellung, organische Stoffe in Laboratorien aus anorganischen Stoffen herzustellen, galt als unmöglich.

Überzeugt von diesem Grundsatz führte der schwedische Chemiker Berzelius 1806 den Begriff der „Organischen Chemie“ ein. 1928 gelang es dem deutschen Chemiker Wöhler organischen Harnstoff aus anorganischen Stoffen herzustellen. Somit war die Lehre von der „vis vitalis“ grundsätzlich erschüttert und in Frage gestellt worden. Der Begriff der „Organischen Chemie“ mußte erweitert werden und wird bis heute auch als „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ bezeichnet.

I.2 Grundlage zum Kohlenstoff und seinen Reaktionen

Kohlenstoff trägt den Namen „König der Elemente“ schließlich nicht nur, weil Diamanten aus reinem kristallisiertem Kohlenstoff bestehen, sondern auch weil Kohlenstoffverbindungen mit zahllosen Elementen, wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen (z.B. Fluor, Brom, Chlor) eingehen kann. Er ist das Grundelement sämtlicher organischer Verbindungen.

Legentlich Kohlensäure mit ihren Salzen, sowie Kohlenmonoxid und Kohlendioxid zählen zur anorganischen Chemie.

Die organischen Kohlenstoffverbindungen schließen sich in Ketten- oder Ringform zusammen und sind durch Einfachbindungen (bei gesättigten Verbindungen) oder Mehrfachbindungen (bei ungesättigten Verbindungen) miteinander verknüpft. Außerdem sind sie in der Lage, Reaktionen

mit anderen Stoffen und Stoffverbindungen einzugehen. Diese verschiedenen Arten der Reaktion werde ich in dieser Facharbeit entsprechend näher erläutern sowie mit Beispielen und Experimenten belegen, damit die Art und Weise, das Wesen und der Verlauf der Reaktionen verdeutlicht werden. Da man innerhalb organischer Reaktionen noch eine Einteilung nach der Natur der angreifenden Teilchen unterscheidet, habe ich mein Thema hauptsächlich auf die radikalischen Reaktionen ausgerichtet. Radikalische Reaktion heißt, daß das angreifende Teilchen - das Radikal - ein ungepaartes Elektron besitzt, welches eine Bindung anstrebt.

II. Substitution

II.1 Allgemeine Begriffsklärung

Substitution ist eine Art der Reaktion in der organischen Chemie. Dabei werden Atome oder Atomgruppen einer Verbindung durch andere Atome oder Atomgruppen ersetzt. Aus diesem Zusammenhang entstammt auch der Name *Substitution*, denn substituieren kommt aus dem Lateinischen und heißt soviel wie ersetzen. Die Substitutionsreaktion ist charakteristisch für gesättigte Kohlenwasserstoffe. Im allgemeinen werden hierbei Wasserstoffatome der Alkane durch reaktionsfreudige Halogenatome ersetzt. Es entstehen Halogenalkane.



Somit ist die Substitution eine der wenigen Möglichkeiten, aus den reaktionsträgen Alkanen verwendbare Produkte herzustellen.

II.2 Eigenschaften der Halogenalkane

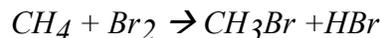
Die bei der Substitution entstehenden Halogenalkane sind nicht nur ineinander und in Alkanen löslich, sie sind auch gute Lösungsmittel für Fette. Mit zunehmender Anzahl der Halogenatome innerhalb einer solchen Verbindung nimmt die Brennbarkeit des jeweiligen Halogenalkans ab, die Dichte aber wird proportional zu Anzahl der Halogenatome größer. Die van-der-Waals-Kräfte zwischen den Halogenalkanmolekülen sind ebenfalls größer als bei vergleichbaren Alkanmolekülen, womit auch die höhere Siedetemperatur begründet ist.

Aus diesen Eigenschaften resultieren vielfältige Verwendungsmöglichkeiten der Halogenalkane als Lösungsmittel (z.B. Trichlormethan), Kühlmittel und Treibgase (z.B. Dichlordifluor-methan), sowie als Feuerlöschmittel (z.B. Bromtrifluormethan).

Jedoch sind nicht alle Halogenalkane nur nützliche Stoffe. Sie weisen zum Teil sehr negative Eigenschaften auf und stellen somit in bestimmten Situationen eine ernstzunehmende Gefährdung für Gesundheit und Umwelt dar. Die häufigste Gefährdung geht dabei von betäubenden und giftigen Eigenschaften aus. Zusätzlich gibt es aber auch noch krebserregende Verbindungen (z.B. Tetrachlormethan) und solche, die wahrscheinlich die Ozonschicht der Erde zerstören (Frigen). Eine zunehmende Umweltgefahr geht von den Lösungsmitteln aus, welche bei unsachgemäßer Entsorgung zu einer Vergiftung des Grund- und Trinkwassers führen.

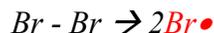
II.3 Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution am Bsp. von Brom und Methan

Wenn man über den Reaktionstyp „Substitution“ spricht, so trifft man dabei nur Aussagen über die Ausgangsmoleküle und die Reaktionsprodukte der betreffenden Reaktion. Der Reaktionsmechanismus hingegen beschäftigt sich mit der gesamten Veränderung der beteiligten Stoffe im Laufe der Reaktion. Der Reaktionsmechanismus gliedert sich in drei Hauptschritte: a) die Startreaktion, b) die Kettenreaktion und c) die Abbruchreaktion. Am Ende müssen wir folgende Reaktionsgleichung erhalten:



a) Startreaktion:

Aufgabe der Startreaktion ist es, die Bindung der Brommoleküle aufzuspalten. Um die dazu erforderliche Energie aufzubringen, wird Licht absorbiert. Das benötigte Licht muß energie-reicher als rotes Licht sein, da es eine Energie freisetzen muß, die stärker ist als die Bindungs-enthalpie der Br - Br Bindung. Die Spaltung der Bindung nennt man auch *Homolyse*. Dieser Begriff kommt aus dem Griechischen und heißt soviel wie Auflösung. Am Ende der Startreaktion liegen dann zwei ungeladene Bromatome mit je einem ungepaarten Elektron (Radikale) vor.



Bedingung: Lichtenergie

b) Kettenreaktion:

Die Kettenreaktion wird in zwei Reaktionsschritte unterteilt. Beim ersten Schritt wird ein Wasserstoffatom vom Methan abgelöst. Dieses abgelöste Wasserstoffatom verbindet sich anschließend mit einem der Bromradikale. Bei der Reaktion von Methan und dem Bromradikal entsteht Bromwasserstoff und Methyl, welches als Zwischenstufe vorliegt.



Im zweiten Schritt der Kettenreaktion wird das entstandene Methylradikal mit einem neuen Brommolekül zusammengeführt. Das Brommolekül wird ebenfalls (wie in a) in zwei Bromradikale aufgespalten. Eines dieser Bromradikale reagiert dann mit dem Methylradikal zu

Brommethan. Das übriggebliebene Radikal wird der ersten Teilreaktion wieder zugeführt. Aus diesem Zusammenhang entstand auch der Begriff „Radikalische Kettenreaktion“.



c) Abbruchreaktion:

Will man die Bromierung des Alkans beenden, so unterbricht man einfach die Belichtung. In folge dessen kommt es zu Zusammenstößen zwischen den Radikalen, welche sich dabei ver-einigen (z.B. zwei Methylradikale verbinden sich zu Ethan) und nicht mehr zur Kettenreaktion beitragen können. Die Reaktion stellt sich nach kurzer Zeit ein.

Als Produkte der Reaktion liegen

- Brommethan CH_3Br und
- Bromwasserstoff HBr vor.

II.4 Mehrfachsubstitution

Bei der bis jetzt betrachteten Art der Substitutionsreaktion wurde immer nur ein Wasserstoff-atom durch ein Halogenatom ersetzt. Am Beispiel der Bromierung von Methan betrachtet, bildete sich dabei neben dem Halogenalkan Brommethan auch noch Bromwasserstoff. Wendet man für dasselbe Beispiel die Mehrfachsubstitution an, so findet am gleichen Molekül ein mehrfacher Reaktionsverlauf statt. Dieser mehrfache Reaktionsverlauf am selben Molekül führt dazu, daß nicht nur ein Wasserstoffmolekül des Alkans durch ein Halogenatom ersetzt wird, sondern daß das Alkan mehrere Halogenatome aufnimmt.

Somit bilden Methan und Brom nicht nur die Verbindung *Brommethan* sondern auch:

- *Dibrommethan* CH_2Br_2
- *Tribrommethan* CHBr_3 und
- *Tetrabrommethan* CBr_4 .

II.5 Kondensation - Sonderfall der Substitution

Eine besondere Form der Substitution ist die *Kondensation*, bei der sich zwei Verbindungen unter Abgabe einfacher Moleküle - meist Wasser - verbinden. Die Kondensation ist eine grundlegende Reaktionsart zur Herstellung bestimmter Gruppen von Kunststoffen, sowie zur natürlichen Bildung von Zucker, Stärke, Zellulose und Eiweiß.

Die Umkehrung der Kondensationsreaktion ist die *Hydrolyse*, die die Spaltung einer Verbindung unter Wasseraufnahme anstrebt.

III. Addition

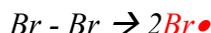
III.1 Allgemeine Begriffsklärung

Neben der Substitution ist die Addition eine der wichtigsten Reaktionstypen der organischen Chemie. Im Gegensatz zur Substitution ist die Addition eine typische Reaktion für ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene, Alkine). Die bei ungesättigten Kohlenwasserstoffen vorhandenen Mehrfachbindungen werden im Laufe der Reaktion aufgespalten, um andere Atome oder Atomgruppen anzulagern. Der Name *Additionsreaktion* läßt sich darin begründen, daß hierbei keine Wasserstoffatome ersetzt werden, sondern daß andere Atome durch Aufspalten der Mehrfachbindung zusätzlich gebunden bzw. *addiert* werden. Daher entstehen auch keinerlei Nebenprodukte. Als Reaktionspartner kommen nicht nur die Halogene in Frage. Es können auch eine Vielzahl anderer Stoffe, wie z.B. Chlorwasserstoff, Ammoniak und Wasser addiert werden.

III.2 Reaktionsmechanismus der radikalischen Addition am Bsp. von Brom und Ethen

a) Startreaktion:

Wie bei der Substitution findet auch bei der Additionsreaktion im ersten Schritt die Aufspaltung (Homolyse) der Br - Br Bindung statt. Bei der Startreaktion der Addition können die Radikale jedoch auch ohne Lichteinfluß gewonnen werden. Am Ende der Startreaktion sind aus dem Brommolekül wieder zwei ungeladene Bromatome mit je einem ungepaarten Elektron entstanden.

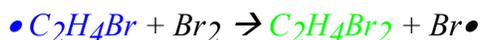


b) Kettenreaktion:

Im ersten Schritt der Kettenreaktion wird die Doppelbindung des Ethens aufgespalten. Danach verbindet sich eines der Bromradikale aus der Startreaktion mit der entstandenen Verbindung. Es bildet sich eine Zwischenstufe, die aus einem Bromethylradikal besteht, welches wiederum ein ungepaartes Elektron enthält.



Das entstandene Bromethylradikal wird nun im zweiten Schritt mit einem neuen Brommolekül zusammengeführt. Wie in der Startreaktion wird das Brommolekül wieder in Bromradikale gespalten. Eines dieser Radikale reagiert jetzt mit dem Bromethylradikal zu *1,2-Dibromethan*. Das andere ungepaarte Bromradikal wird, so wie es für die Kettenreaktion typisch ist, der ersten Teilreaktion zugeführt, um den Reaktionsvorgang aufrecht zu erhalten.



c) Abbruch der Reaktion:

Bei der Addition ist das Einleiten einer Abbruchreaktion nicht nötig, da die Energie im Laufe der Reaktion so weit abnimmt, daß sich die Reaktion von selbst einstellt, wenn alle Mehrfachbindungen aufgespalten sind.

Als Produkt der Reaktion liegt nach Beendigung nur noch 1,2-Dibromethan $C_2H_4 Br_2$ vor.

III.3 Eliminierung als Umkehrung der Addition

Die Eliminierung ist der Reaktionstyp, den man als Umkehrung der Additionsreaktion bezeichnen kann. Hierbei werden von gesättigten Molekülen Atome oder Atomgruppen ab-gespalten, so daß ungesättigte Moleküle mit Zweifach- oder Dreifachbindungen entstehen.

Die dabei entstandenen ungesättigten Moleküle sind weitaus reaktionsfähiger als gleichwertige gesättigte Verbindungen.

III.4 Hydrierung und Dehydrierung - Sonderfälle der Addition

Als *Hydrierung* bezeichnet man speziell die Addition von Wasserstoff. Dabei werden ebenfalls Mehrfachbindungen aufgespalten.



oder



Wie bei der allgemeinen Additionsreaktion, gibt es auch bei der Hydrierung eine Umkehrreaktion. Sie heißt *Dehydrierung* und ist vergleichbar mit der Eliminierung. Der Unterschied besteht darin, daß nur Wasserstoff abgespalten wird, um die ungesättigten Verbindungen mit den Mehrfachbindungen herzustellen.



oder



IV. Die drei Polyreaktionen

Zur Synthese von Kunststoffen unterscheidet man drei Polyreaktionen. Sie heißen *Polymerisation*, *Polyaddition* und *Polykondensation*. Im allgemeinen geht man bei allen drei Reaktionen von kleinen Molekülen als Grundbausteine - den Monomeren - aus, die im Laufe der Reaktion ketten- oder netzförmige Makromoleküle bzw. Polymere bilden. Ihr Unterschied besteht

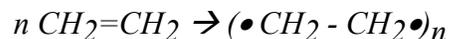
in der Art der Verknüpfung der Monomere zu den besagten Polymeren. Die Art der Verknüpfung richtet sich dabei nach den Monomeren, die Mehrfachbindungen oder mindestens zwei funktionelle Gruppen besitzen müssen.

IV.1 Polymerisation

a) Allgemeiner Reaktionsverlauf:

Die Polymerisation ist eine Art der Addition, denn sie ist ebenfalls eine Reaktion ungesättigter Kohlenwasserstoffe, bei der Zwei- oder Dreifachbindungen aufgespalten werden. Jedoch bilden sich hierbei aus den einfachen Grundbausteinen nach Aufspaltung ihrer Bindungen unendlich lange Kohlenstoffketten bzw. Makromoleküle. Reagiert ein Monomer dabei mit einem Radikal, bildet sich als Reaktionsprodukt immer wieder ein Radikal.

Bsp. Polymerisation von Ethen: (Monomer: Ethen → Polymer: **Polyethen**)



Die einzelnen Polymerisationsreaktionen laufen unterschiedlich ab und benötigen in den meisten Fällen Katalysatoren (z.B. organische Sauerstoffverbindungen oder den Ziegler-Katalysator), die ausschließlich dazu dienen, die Reaktion zu beschleunigen.

Bei einer Polymerisation gebildeten Makromoleküle nennt man *Polymerisate*.

Bsp. für Polymerisate: - Polystyrol (Styropor)
- Polymethylacrylsäuremethylester (Plexiglas)

b) Taktizität

Als Taktizität bezeichnet man die Anordnung der Seitengruppen der entstehenden Polymerisate, die die Eigenschaften des Kunststoffs empfindlich beeinflussen. Wir unterscheiden nach der Taktizität vier verschiedene Polymerisate.

Isotaktische Polymerisate - alle Reste zeigen in dieselbe Richtung

Ataktische Polymerisate - unregelmäßig angeordnete Reste

Syndiotaktische Polymerisate - die Lage der Seitengruppen ist amorph

Daraus ergibt sich, daß die Kunststoffe mit einer isotaktischen Struktur, in der die Makromoleküle parallel angeordnet sind und kristalline Bereiche bilden, sehr hart sind. Ataktische Stoffe mit ihrer unregelmäßigen Struktur dagegen haben eher weiche Eigenschaften. Bei den syndiotaktischen Polymerisaten verursachen die langen, wirt verknäulten Moleküle eine gewisse Durchsichtigkeit des Materials.

IV.2 Polyaddition

a) Allgemeiner Reaktionsverlauf:

Auch die Polyaddition ist, wie aus dem Namen zu erfahren ist, eine Art der Additionsreaktion. Hierbei werden die Endgruppen addiert, falls die funktionelle Gruppe einer Molekülsorte eine Zweifachbindung besitzt, die es ermöglicht ein zweites bifunktionelles Molekül anzulagern. Die Reaktionsprodukte der Polyaddition nennt man *Polyaddukte*.

Bsp. für Polyaddukte: - Polyurethane (Moltopren)

- Epoxidharze (Epikote)

b) Einteilung der Polyaddukte:

Will man die Polyaddukte unterteilen, so kann man dies nach der Art ihrer Monomere. Zum einen gibt es die bifunktionellen Monomere, welche zur Bildung von *Thermoplasten* führen. Thermoplasten sind Kunststoffe, die sich bei höherer Temperatur - im weichen Zustand - gut verformen lassen und nach ihrer Abkühlung als festes Formteil erhalten bleiben.

Ein weiterer Kunststoff ist das *Duroplaste*, welches aus trifunktionellen Monomeren hervor-geht. Duroplastische Kunststoffe lassen sich nicht wie Thermoplasten verformen. Sie müssen bereits bei der Herstellung in die richtige Form gebracht werden. Nach dem Aushärten können Duroplaste nur noch mechanisch bearbeitet werden. Eine starke Temperaturerhöhung würde zum Verkohlen des Kunststoffes führen.

IV.3 Polykondensation

Die Polykondensation als dritte Polyreaktion hat eine gewisse Beziehung zur Substitutions-reaktion. Bedingung für die Polykondensation sind Monomere mit zwei funktionellen Gruppen in ihrem Molekül, wobei sich als funktionelle Gruppen besonders die Hydroxyl-, Carboxyl- und Amino- Gruppen eignen.

Die eigentliche Reaktion erfolgt in zwei Stufen. Zuerst erfolgt eine Verknüpfung von jeweils zwei Monomeren. Als Zwischenstufe liegen die sogenannten *Dimere* vor, die sich in der weiteren Kondensation zu Makromolekülen zusammenschließen. In jedem Reaktionsschritt spalten zwei miteinander reagierende funktionelle Gruppen kleinere Moleküle ab.

Die durch Polykondensation gewonnenen Kunststoffe tragen den Namen *Polykondensate*.

Bsp. für Polykondensate: - Polyamid 6,6 (Nylon)
- Polyamid 6 (Perlon)

Bei diesem Reaktionstyp entstehen wiederum thermoplastische Makromoleküle aus den bifunktionellen Monomeren und Duroplaste aus den trifunktionellen Grundbausteinen.
(Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste vergleiche mit IV.2 b)

V. Funktionelle Gruppen und ihre Reaktionen

V.1 Die Hydroxylgruppe

Eine wichtige funktionelle Gruppe in der organischen Chemie ist die Hydroxylgruppe (- OH), die zur Bildung von *Alkoholen* führt. Dabei werden Wasserstoffatome der Kohlenwasserstoffe durch Hydroxylgruppen ersetzt.

Zur Bezeichnung des Alkohols wird dem Namen des Kohlenwasserstoffs die Endung *-ol* ange-fügt. Die Stellung der Hydroxylgruppe wird durch die Nummer des Kohlenstoffatoms, mit dem sie verbunden ist, gekennzeichnet.



Bsp. Ethanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Je nachdem, ob die entstandenen Alkohole eine oder mehrere Hydroxylgruppen besitzen, unter-scheidet man sie nach ihrer Wertigkeit. Eine weitere Einteilung richtet sich danach, wieviel Alkylgruppen das Kohlenstoffatom trägt, welches auch die Hydroxylgruppe bindet. Je nach Anzahl der Alkylgruppen unterteilt man in primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole.

a) Bildung von Alkoholaten:

Alkohole können mit Metallen zu Alkoholaten reagieren. Dabei kann das Metallatom nur mit dem Wasserstoffatom der Hydroxylgruppe reagieren, da dieses nicht direkt am Kohlenstoff ge-bunden ist. Die Bildung der Alkoholate verläuft unter Wasserstoffentwicklung.



Bsp. Natriumethanolat: $2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Na} \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$

b) Oxidation und Dehydrierung von Alkoholen:

Alkohole sind ebenfalls in der Lage Metalloxide zu reduzieren, das heißt ihnen den Sauerstoff zu entziehen. Das Sauerstoffatom wiederum entzieht dem Alkohol zwei Wasserstoffatome und bildet mit diesen ein Wassermolekül. Durch diese Reaktion erzeugt man aus primären Alkoholen *Aldehyde* bzw. *Alkanale*. Diese haben als funktionelle Gruppe die *Aldehydgruppe* (- CHO) und werden im Namen durch die Endung *-al* gekennzeichnet.

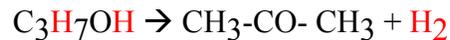
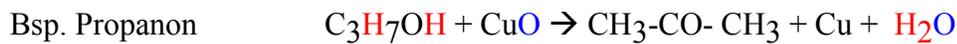




Zur Bildung der Aldehyde ist aber nicht immer eine Oxidation von Nöten. Man kann das selbe Ergebnis auch durch eine katalytische Dehydrierung erreichen. Hierbei wird mit Hilfe eines Katalysators nur das Wasserstoffmolekül abgespalten.



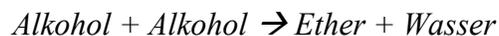
Führt man die selben Reaktionen mit sekundären Alkoholen durch, erhält man *Ketone* bzw. *Alkanone* mit der *Carbonylgruppe* (= CO) als funktionelle Gruppe. Diese neuen Verbindungen werden im Namen durch die Endung *-on* benannt.



Alkohole der tertiären Untergruppe können weder oxidiert noch dehydriert werden, da am tertiären Kohlenstoffatom kein Wasserstoffatom mehr gebunden ist.

c) Bildung von Ethern:

Reagieren zwei Alkoholmoleküle miteinander, so kommt es zur Bildung von Ethern. Da bei der Bildung von Ethern ein Wassermolekül abgespalten wird, kann man diese Reaktion formal auch als Kondensationsreaktion bezeichnen. Das abgespaltene Wassermolekül stammt dabei aus den Hydroxylgruppen der beiden Alkoholmoleküle.



Im Namen der Ether müssen Namen und Anzahl der Alkylreste zu erkennen sein. Am Ende des Namens wird dann die Endung *-ether* angefügt.

Ether lösen Fette, sind brennbar und bilden mit Luft ein explosives Gemisch.

V.2 Die Aldehydgruppe und die Carbonylgruppe

Die Aldehydgruppe und die Carbonylgruppe sind die funktionellen Gruppen der Aldehyde bzw. der Ketone, die in V.1.b) schon zur Sprache kamen. Sie werden durch Oxidation oder Dehydrierung von Alkoholen gewonnen.

a) Substitution und Addition der Gruppen:

Aldehyde und Ketone sind ungesättigte Verbindungen, daß heißt daß sie auf Grund ihrer C=O-Doppelbindung in der Lage sind Teilchen zu addieren. Bei der Additionsreaktion dieser Verbindungen handelt es sich jedoch um eine *nukleophile Addition*, die in zwei Schritten verläuft. „Nukleophile“ sind negativ geladene Ionen oder polare bzw. polarisierte Teilchen, die stets positive Ladungszentren angreifen.

Reaktionspartner können also Ammoniak, Wasser und Anionen sein. Als Katalysatoren für die Reaktion kommen Säuren in Frage, welche das Kohlenstoffatom stärker positivieren.

Da die Aldehyd- und Carbonylgruppen durch ihre Polarität auch benachbarte Gruppen beeinflussen, kommt die Substitution ebenfalls als Reaktionsart für diese Verbindungen in Frage. So kann z.B. durch Ersetzen von Wasserstoffatomen am Aceton durch Bromatome Bromaceton entstehen.

b) Bildung von Polyaldehyden:

Kurzkettige Aldehyde sind außerdem in der Lage sich mit sich selbst zu addieren (Selbst-addition = Polymerisation), wobei sich oligomere oder polymere Aldehyde bilden.

Bsp. Paraformaldehyd (Polyoxymethylen)

Durch Erhitzen lassen sich die Additionsverbindungen wieder depolymerisieren.

c) Bildung von Acetalen und Ketalen:

Die Addition von Alkoholen an Aldehyde bezeichnet man als Acetalbildung. Diese Acetalbildung erfolgt in mehreren Stufen. Zuerst wird hierbei ein Proton an das Sauerstoffatom der funktionellen Gruppe angelagert. Danach kommt es zur Addition des Alkoholmoleküls, welches mit einem freien Elektronenpaar seines Sauerstoffatoms angreift. Durch Abgabe eines Protons wird anschließend eine Stabilisierung angestrebt. Die entstandene Zwischenstufe bezeichnet man als *Halbacetal*. Dieses Halbacetal reagiert sofort weiter.

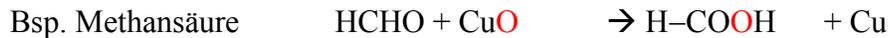
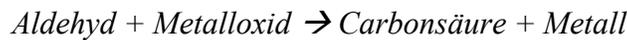
Dazu wird seine OH- Gruppe protoniert. In Folge dessen kommt es zur Abspaltung eines Wassermoleküls. Nachdem dann ein zweites Alkoholmolekül addiert worden ist und erneut ein Proton abgespalten wurde, erhält man das angestrebte Acetal.

Als Katalysatoren der Reaktion kommen Säuren in Betracht. Die Umkehrung der Acetalbildung wird als Acetalspaltung bezeichnet.

Die Bildung und Spaltung von Ketalen erfolgt nach gleichem Muster mit den Ketonen.

d) Oxidation von Aldehyden:

Aldehyde, die durch Oxidation von primären Alkoholen entstehen, können durch eine erneute Redoxreaktion mit Metalloxiden zu *Alkansäuren* bzw. *Carbonsäuren* reagieren. Das Sauerstoffatom des Metalloxides wird an das Wasserstoffatom der Aldehydgruppe angelagert. Die neu entstandene funktionelle Gruppe ist die *Carboxylgruppe* (-COOH). Der Name der Alkansäure erhält auch die Endung *-säure*.



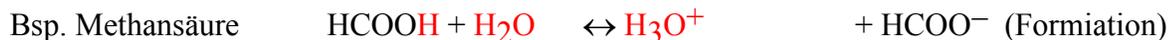
V.3 Die Carboxylgruppe

Die Carboxylgruppe, die schon aus V.2d) bekannt ist, ist die funktionelle Gruppe der Carbon-säuren, welche durch Oxidation von Aldehyden gewonnen werden. Höher molekulare Alkan-säuren werden auch als *Fettsäuren* (z.B. 9-12-Octadecadiensäure → Linolsäure) bezeichnet.

a) Dissoziation der Carbonsäure:

Laut der Definition von Brönsted, die besagt, daß eine Verbindung dann eine Säure ist, wenn sie Protonen (H^+ -Ionen) abgeben kann bzw. Protonendonator ist, sind auch Verbindungen mit der Carboxylgruppe als funktionelle Gruppe Säuren.

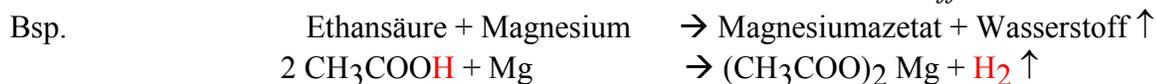
Für Säuren gilt, daß sie in wäßriger Lösung in *Oxoniumionen* und *Säurerestionen* dissoziieren. Also gilt auch für Carbonsäuren:



b) Salzbildungsreaktionen:

Wie andere Säuren kann Carbonsäure auch Salze bilden. Dies geschieht durch Reaktion mit unedlen Metallen, Metalloxiden oder Basen.

Reagiert Carbonsäure mit einem unedlen Metall, so spaltet die Carboxylgruppe immer ein Proton in Form eines H^+ - Iones ab. Das Säurerestion verbindet sich mit dem Metallatom zu dem Salz.



Ähnlich läuft auch die Reaktion zwischen Carbonsäure und Metalloxid ab. Jedoch verbindet sich der Wasserstoff hierbei mit dem Sauerstoff des Metalloxides.



Zum Dritten ist auch eine Reaktion zwischen Carbonsäure und Base möglich. Es entsteht eben dem Salz wiederum Wasser. Das Wasser besteht diesmal aber neben dem Proton der Carboxyl-gruppe (H^+ - Ion) noch aus dem Hydroxidion der Base (OH^- -Ion).





c) Bildung von Estern:

Als Esterbildung bezeichnet man die Kondensationsreaktion zwischen Alkoholen und Carbon-säuren. Da die Reaktionsgeschwindigkeit dieser typischen Gleichgewichtsreaktion sehr gering ist, wird oftmals mit starken Säurekatalysatoren gearbeitet. Neben den schwer wasserlöslichen Estern entsteht bei dieser Reaktion auch Wasser.

Die Veresterung erfolgt in mehreren Schritten. Zu Beginn der Reaktion wird ein Proton an das Sauerstoffatom der Carboxylgruppe angelagert, wodurch das Kohlenstoffatom der Gruppe positiv geladen wird. Im weiteren Verlauf kommt es dann zur Addition des Alkoholmoleküls, welches an das aktivierte Kohlenstoffatom angreift. Nach einer Protonenumlagerung innerhalb des Moleküls, wird zum Abschluß der Reaktion das Wassermolekül und ein Proton abgespalten. Der Name der Ester setzt sich aus dem Säurenamen, dem Namen der Alkylgruppe und der Endung *-ester* zusammen.



Bsp. Butansäurepropylester



Die Umkehrung der Veresterung ist eine Hydrolysereaktion die in diesem speziellen Fall *Esterspaltung* oder *Verseifung* genannt wird.

Läßt man Glycerin mit Fettsäuren reagieren, so entstehen *Fettsäureglycerinester*, die auch einfach als Fette bezeichnet werden.

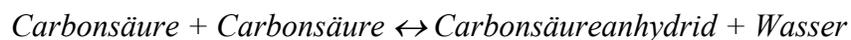


Bsp. 1-Stearinsäure-2-Ölsäure-3-Palmitinsäureglycerinester

d) Bildung von Anhydriden:

Der Begriff „Anhydrid“ kommt aus dem Griechischen und heißt soviel wie „ohne Wasser“. Zur Bildung von *Säureanhydriden* kommt es, wenn Säuren mit stark wasserentziehenden Stoffen reagieren.

Dabei reagieren Säuren mit einer funktionellen Gruppe *intermolekular*:



Bsp. Ethansäure + Ethansäure ↔ Ethansäureanhydrid + Wasser

Säuren mit zwei Carboxylgruppen reagieren *intramolekular*:



Bsp. 1,2-Benzoldisäure ↔ 1,2-Benzoldisäureanhydrid + Wasser

Die Benennung erfolgt nach dem Säurenamen und der Endung *-anhydrid*. Mit Hilfe von Wasser können die Anhydride wieder in die entsprechenden Carbonsäuren gespalten werden.

V.4 Die Aminogruppe

Die Aminogruppe (-NH₂) dient zur Darstellung von *Aminen*. Zur Bezeichnung wird an den Namen des Alkylrestes einfach die Endung *-amin* oder die Vorsilbe *Amino-* angehängt. Zusammen mit Carbonsäuren bildet die Aminogruppe *Aminocarbonsäuren*, welche als Bausteine der Eiweißmoleküle von großer biologischer Bedeutung sind.

a) Bildung von Amiden und Peptiden:

Findet eine Kondensationsreaktion zwischen Carbonsäuren und Aminen statt, werden Amide gebildet. Das abgespaltene Wasser setzt sich dabei aus der OH- Gruppe der Carboxylgruppe und einem Wasserstoffatom der Aminogruppe zusammen. Danach entsteht das Amid mit Hilfe einer *Amidbindung* (R-CO-NH-R) zwischen den Resten der Carboxyl- und der Aminogruppe. Peptide werden aus Aminocarbonsäuren gebildet. Haben die reagierenden Moleküle Mehr-fachbindungen, können sich auch Polymere (Polyamide/Polypeptide) bilden.

Experiment - „Substitution“

Definition:

Die *Substitution* ist eine Reaktion, bei der Atome oder Atomgruppen einer Verbindung durch andere Atome oder Atomgruppen (Radikale) *ersetzt* werden.

- Schülerexperiment: Reaktion von Hexan und Brom •

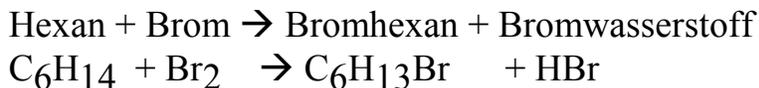
Durchführung:

Zuerst wird etwas Hexan in ein Becherglas gegeben. Danach gibt man noch einige Tropfen Brom dazu. Um eine Reaktion zu ermöglichen muß man das Becherglas auf den Polylux stellen und belichten. Sobald die Reaktion abläuft, soll man ein angefeuchtetes Unitest-Papier über das Becherglas halten.

Beobachtung:

Zu Beginn der Reaktion entsteht ein braunes Gemisch, das später heller wird. Das feuchte Unitest-Papier färbt sich rosa. Es entsteht außerdem ein stechender Geruch, den ein aufsteigendes Gas verursacht.

Auswertung:



Das Brommolekül wird in zwei Radikale aufgespalten. Eines der Bromradikale lagert sich an Stelle einer Wasserstoffatome an das Hexanmolekül. Das abgespaltene Wasserstoffatom verbindet sich dann ebenfalls mit einem Bromradikal zu Bromwasserstoff.

Experiment - „Addition“

Definition:

Bei der *Addition* werden unter Aufspaltung einer Mehrfachbindung Atome und Atomgruppen angelagert.

- Schülerexperiment: Reaktion von Ethen und Brom•

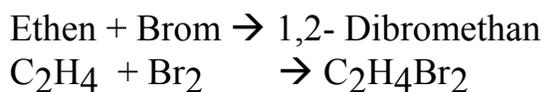
Durchführung:

Im Rahmen dieses Experimentes wird gasförmiges Ethen in Bromdämpfe geleitet.

Beobachtung:

Während der Reaktion kommt es zur raschen Entfärbung der Bromdämpfe.

Auswertung:



Die Doppelbindung von Ethen wird gelöst. Dabei entsteht aus dem ungesättigten Kohlenwasserstoff ein gesättigter mit Einfachbindung. Die Bromatome lagern sich an die freien Elektronen, die bei der Aufspaltung der Mehrfachbindung entstanden sind.

Folie 3)

Experiment - „Oxidation von Alkoholen“

Definition:

Als *Oxidation* bezeichnet man die Reaktion, die unter Erhöhung der Oxidationszahl abläuft.

•Schülerexperiment: Oxidation von Ethanol •

Durchführung:

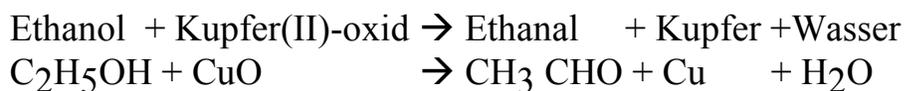
Zuerst wird ein Kupferdraht in einer Flamme zum Glühen gebracht. Anschließend wird dieser aus der Flamme genommen und dann in Ethanol gehalten. Der Vorgang wird mehrmals wiederholt.

Beobachtung:

Beim Abkühlen wird der Kupferdraht schwarz. Taucht man den Draht in Ethanol, wird er wieder kupferfarbend. Die neue entstandene Lösung weist nicht mehr den typischen Alkoholgeruch auf.

Auswertung:

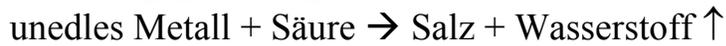
Das Kupfer oxidiert in der Flamme zu Kupfer(II)-oxid.



Dem Ethanol werden zwei Wasserstoffatome entzogen, die mit dem Sauerstoff des CuO zu Wasser reagieren. Neben Wasser und reinem Kupfer liegt als neue Lösung Ethanal vor.

Experimente - „Salzbildung“

Salzbildungsgleichungen:



- Schülerexperiment: Reaktion von Magnesium und Essigsäure •

Durchführung:

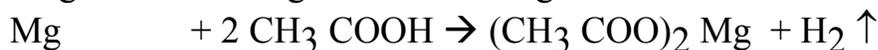
Man gibt Essigsäure auf etwas Magnesium. Das Reaktionsprodukt wird dann filtriert und eingedampft.

Beobachtung:

Die Reaktion verläuft unter Abgabe von einem Gas (Bläschenbildung). Nach dem Eindampfen bleibt ein weißer, kristalliner Stoff zurück.

Auswertung:

Der weiße Stoff ist ein Salz. Das entwichene Gas ist Wasserstoff.



- Schülerexperiment: Reaktion von Natriumhydroxid und Essigsäure •

Durchführung:

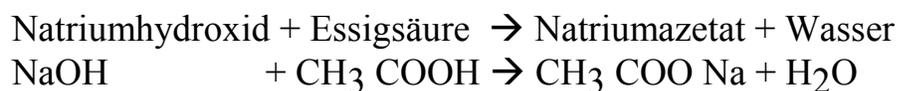
Die beiden Lösungen werden mit Unitest-Lösung versetzt. Danach wird das Natriumhydroxid tropfenweise zur Essigsäure gegeben.

Beobachtung:

Während vor der Reaktion die Säure rot und die Base blau gefärbt waren, zeigt das Gemisch eine Grünfärbung.

Auswertung:

Aus Säure und Base ist ein neutrales Salz entstanden.



Literaturverzeichnis

- Asselborn, Wolfgang/ Cerny, Robert/ Claus, Ulrich/ Dehnert, Klaus/ Franke, Dietmar/ Giar, Hubert/ Hafner, Lutz/ Krug, Günter/ Oehr, Horst/ Pastille, Reinhard/ Rehbein, Uwe/ Schmidt, Horst/ Schulte-Coerne, Rolf/ Schwahn, Manfred: Chemie heute - Sekundarbereich II. Hannover 1988.
- Christen, Hans Rudolf: Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie. Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg 1988.
- Eisner, Werner/ Fladt, Rüdiger/ Gietz, Paul/ Justus, Axel/ Laitenberger, Klaus/ Schierle, Werner: Elemente Chemie I - Unterrichtswerk für Gymnasium. Stuttgart 1986.
- Gondrom Verlag GmbH & Co. KG: WISSEN - Das große Lese- und Nachschlagewerk, Band I. Bindlach 1991.
- Heußler, Peter/ Wolf, Hans: DUDEN Abiturhilfen - Grundlagen der organischen Chemie (12./ 13. Schuljahr). Mannheim 1989.
- Keune, Hans/ Augustin, Manfred/ Demus, Dietrich/ Taeger, Eberhard: Chimica - ein Wissensspeicher, Band I - Anorganische Chemie - Organische Chemie. Leipzig 1972.
- Scheipers, Paul (Hrsg.)/ Biese, Volkher/ Bleyer, Uwe/ Bosse, Manfred: Chemie - Grundlagen, Anwendungen, Versuche. Braunschweig/ Wiesbaden 1993.
- Sommer, Klaus: Chemie in Übersichten - Wissensspeicher für die Klassen 9 und 10. Berlin 1978.