

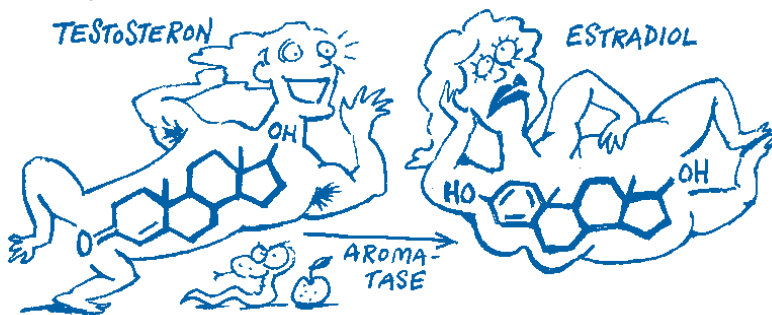
KURT HAIM
ILLUSTRIERT VON KLAUS MÜLLER

Organische CHEMIE macchiato

CARTOONKURS FÜR SCHÜLER UND STUDENTEN



Interessant dabei ist, dass sich die männlichen Sexualhormone von den weiblichen vor allem durch den aromatischen Zustand unterscheiden. Während das männliche Sexualhormon **Testosteron** keinen aromatischen Ring trägt, liegt im weiblichen Hormon **Estradiol** einer vor. Interessanterweise kann der Körper weibliches Sexualhormon nur mit Hilfe des Enzyms **Aromatase** aus dem männlichen Testosteron herstellen.



Spitze Zungen behaupten deswegen, dass sich zuerst die männlichen und dann erst die weiblichen Charaktere ausbilden. Andererseits sind die weiblichen Hormone dafür „aromatischer“.



Substituierte Aromaten

Ein letzter Hinweis für die Vielfalt aromatischer Verbindungen ist die Tatsache, dass die H-Atome aromatischer Kohlenwasserstoffe durch andere substituiert werden können. Wird nur ein H-Atom ausgetauscht, spricht man von **monosubstituierten Aromaten**. In der chemischen Industrie sind vor allem die monosubstituierten Benzene von großer Bedeutung. Erstens sind sie oft nicht so giftig wie das Benzen und zweitens zeigen viele von ihnen ein größeres Reaktionsverhalten.



Reaktionsverhalten

Warum Aromaten doch zu einer Reaktion fähig sind

Bezogen auf ungesättigte Kohlenwasserstoffe verhalten sich die Aromaten in chemischen Reaktionen sehr untypisch.

Trotz der zahlreichen Doppelbindungen sind sie sehr reaktionsträge.

Grund dafür sind die schon erläuterten besonderen Bindungsverhältnisse.

Reaktionsträge Verbindungen sind für Chemiker allerdings kein Hindernis, sondern eine Herausforderung. Möchte man Aromaten einer Reaktion unterziehen, sind zwei Punkte zu beachten:

Bei Reaktionen wird der aromatische Zustand (alternierende Doppelbindungen mit delokalisierten Elektronen) meist beibehalten. Es finden also überwiegend **Substitutionsreaktionen** und keine **Additionsreaktionen** statt.

Für den Angriff auf die schwache Elektronenwolke sind **starke elektrophile Teilchen** notwendig. Verschiedene Katalysatoren können hier die elektronenliebende Wirkung stark erhöhen.

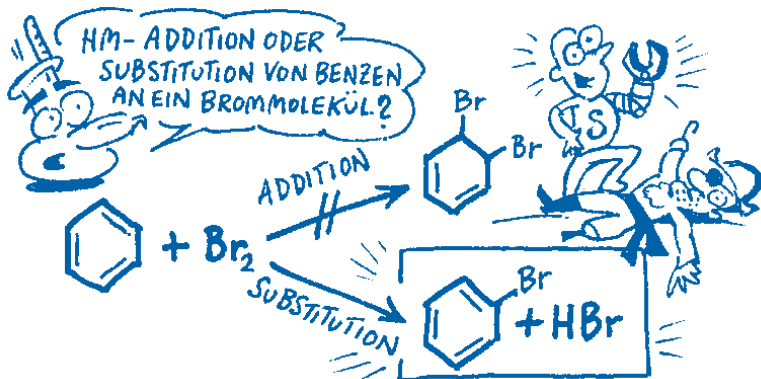
Zum Beispiel kann das schwache elektrophile Brom nur durch den Katalysator Eisenbromid zu einem stark polarisierten Brom umgewandelt werden.



WIRKUNG DES EISENBROMID-KATALYSATORS



Aus den oben angeführten Punkten unterziehen sich aromatische Verbindungen also bevorzugt einer **elektrophilen aromatischen Substitution**. Bei einer Additionsreaktion müsste der aromatische Zustand aufgegeben werden.



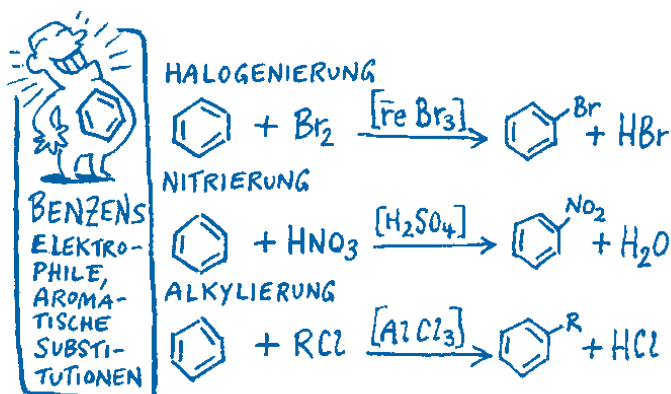
Bei der elektrophilen aromatischen Substitution wird bevorzugt ein H-Atom des Aromaten von einem elektrophilen Reaktionspartner ausgetauscht. Die häufigsten und bedeutendsten elektrophilen Partner sind:

Elektrophile Partnerbörse				
Br, Cl	NO ₂	-SO ₃ H	R-C=O	R-
HALOGENE	NITRO-GRUPPEN	SULFON-SÄURE-GRUPPEN	ACYL-GR.	ALKYL-GRUPPEN

SCHENK MIR DEIN H-ERZ!

H

Und hier nun einige Beispiele für elektrophile aromatische Substitutionen:



Welchen Einfluss die Substituenten auf das weitere Reaktionsverhalten haben, kann auf unserer Website nachgelesen werden.



Vorkommen und Toxikologie von Benzpyren

Eines der giftigsten und im Alltag überall präsenten Verbindungen ist **Benzpyren**, ein **polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff**, kurz **PAK**. Es kommt sowohl in Nahrungsmitteln als auch in der Luft vor, ist für den Körper ein nutzloses Molekül und für viele Krebsarten verantwortlich.

Aus der Formel lassen sich für den geübten Leser einige wichtige Eigenschaften voraussagen:



Als reiner Kohlenwasserstoff ist es eine stark lipophile Substanz und aufgrund des aromatischen Systems eine sehr stabile und somit reaktionssträge Verbindung. Aufgrund der hohen C-Anzahl ist Benzpyren bei Raumtemperatur ein Feststoff.

Wie kann aber nun eine reaktionsträge Substanz einen so großen Schaden anrichten? Irritierend ist die Tatsache, dass Benzpyren selber gar nicht giftig ist. Diesem Rätsel werden wir nun auf den Grund gehen.

Toxikologische Betrachtung des Benzpyrens

Da die **Toxikologie** die Lehre von der Giftigkeit ist, betrachten wir nun all jene Prozesse im Körper, die zu einem Schaden führen können. Wird es vom Körper aufgenommen, gibt es für den Organismus zwei mögliche Alternativen. Entweder lagert er es im Körper irgendwo ab oder er entledigt sich dieses nutzlosen Stoffs.

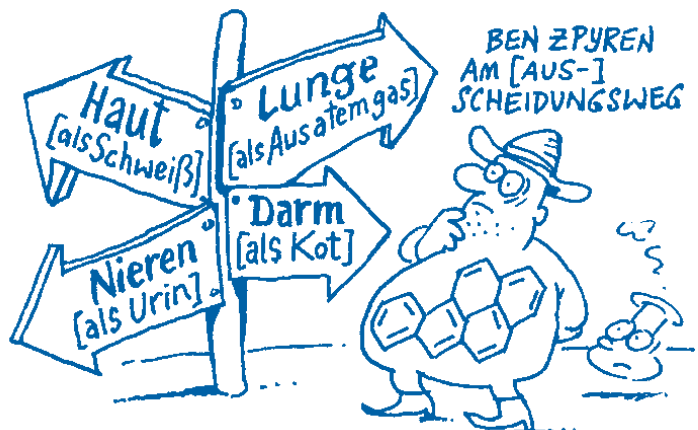


Diese Vorgehensweise mag aus dem Alltag bekannt sein. Hat man ein unnützes Geschenk bekommen, verstaut man es entweder in einem Kästchen oder man entledigt sich dieses Geschenks.

Da Benzpyren ein stark lipophiles Molekül ist, kommt für die erste Variante nur der Fettspeicher in Frage. Im Fettgewebe eingelagert, kann es auf jeden Fall nichts anstellen. Problematisch wird diese Variante nur in Zeiten des Fastens. Bei Blitzdiäten zum Beispiel wird in kürzester Zeit eine große Fettmenge abgebaut und dabei können eingelagerte Giftmoleküle freigesetzt werden. Da dies eine enorme Belastung für den Körper darstellt, sollte man auf einen moderaten Fettabbau achten.



Auf jeden Fall muss Benzpyren irgendwann ausgeschieden werden. Und hier kämen grundsätzlich vier Ausscheidungswege in Frage:



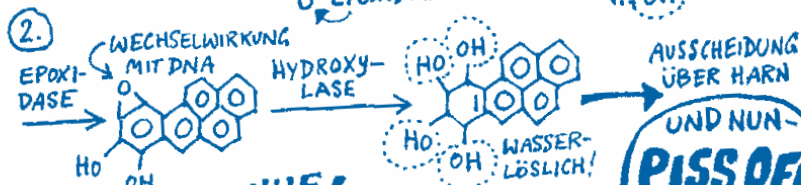
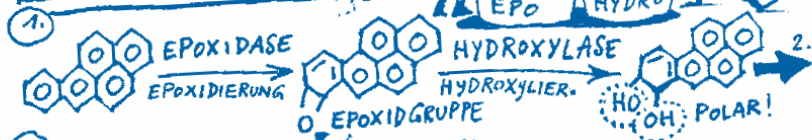
Über den Schweiß geht es nicht, da Benzpyren nicht wasserlöslich ist. Über die Lunge ist auch ein Problem, da Benzpyren aufgrund der starken Van-der-Waals-Kräfte bei Körpertemperatur nicht gasförmig ist. Über den Kot wäre für den Körper zu schwierig und über die Niere geht aufgrund der geringen Wasserlöslichkeit auch nicht.

Dieses Molekül stellt den Organismus also vor eine echte Herausforderung. Im Laufe der Evolution hat der Körper eine Strategie entwickelt, die für viele Giftstoffe eingeschlagen wird.

Mit Hilfe einiger Enzyme führen die Zellen polare Gruppen in unpolare Moleküle ein, damit sie über den Harn ausgeschieden werden können. Zu diesem Zweck erfolgen in bestimmten Zellkörperchen mehrmals eine **Epoxidierung** sowie eine **Hydroxylierung**. Für jede dieser Umwandlungen sind Enzyme namens **Epoxidase** und **Hydroxylase** notwendig. Nach zweimaligem Umwandlungsprozess ist Benzpyren soweit polar und damit wasserlöslich, so dass es über den Harn ausgeschieden werden kann.

Warum ist Benzpyren aber dann giftig, wenn es ausgeschieden werden kann? Benzpyren wird am Weg der Ausscheidung gegiftet. Jenes Zwischenprodukt, das zum zweiten Mal epoxidiert wird, kann mit dem DNA-Strang reagieren und dabei Krebs verursachen.

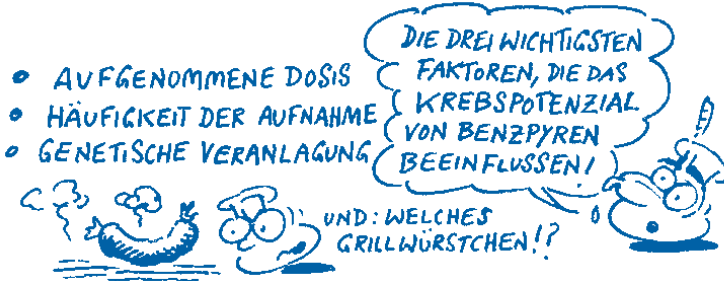
DIE Liquidierung des Schädling Ben Zpyren
durch die ENZYM-BRÜDER EPO & HYDRO



UND NUN-
**PISS OFF,
BENI!**

Die entscheidende Frage ist nun, unter welchen Umständen eine Schädigung erfolgt und wie hoch das Krebsrisiko ist.

Die drei wichtigsten Faktoren, die das **Krebspotenzial** von Benzpyren beeinflussen, sind folgende:



Im Folgenden soll kurz erläutert werden, wie es zu einer ungünstigen genetischen Veranlagung kommen kann. Aus dem obigen Reaktionsschema geht hervor, dass sowohl für die Entstehung als auch für den Abbau des problematischen Zwischenprodukts zwei Enzyme notwendig sind. Die **Epoxidase** lässt es entstehen und die **Hydroxylase** baut es zu einem wasserlöslichen, ausscheidbaren Molekül ab. Obwohl wir Menschen alle dieselbe Ausstattung von Genen besitzen, unterscheidet uns deren Aktivität. Hat ein Mensch eine **hohe Enzymaktivität der Epoxidase** und eine **niedrige Aktivität der Hydroxylase**, reichert sich das toxische Zwischenprodukt in der Zelle an und es kann den befürchteten Schaden anrichten.

Vorkommen und Entstehung von Benzpyren





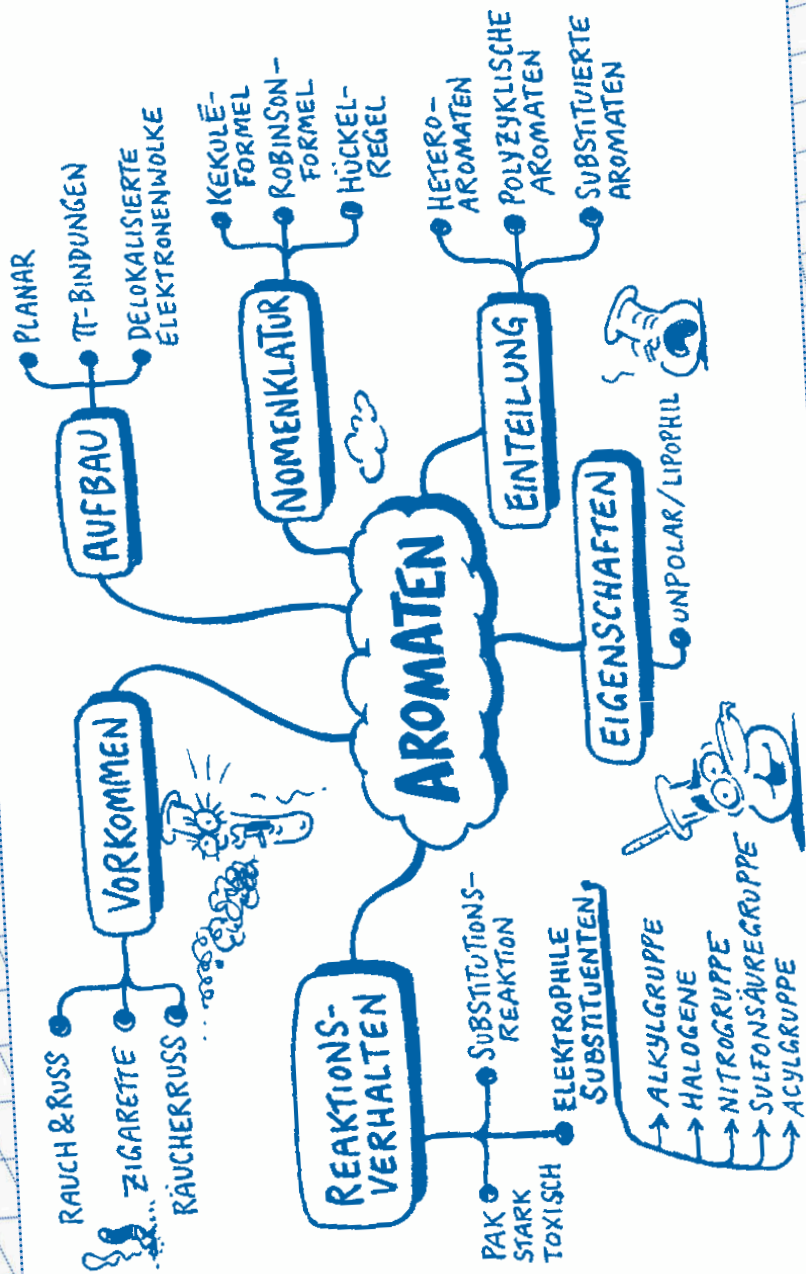
Benzpyren entsteht immer durch anaerobe Verbrennung (Verbrennung bei Sauerstoffmangel) organischer Substanzen. Es tritt also immer in Gegenwart von Ruß auf und ist in jedem Rauch mehr oder weniger enthalten. Die gefährlichste Quelle ist dabei Zigarettenrauch. Wenn das Rauchen von Zigaretten zu Lungenkrebs führt, ist Benzpyren dafür hauptverantwortlich.

Man kann Benzpyren aber auch über die Nahrung aufnehmen. Und zwar bei allen Lebensmitteln, die schlecht gegrillt oder zu stark geräuchert wurden. Echte Barbecue-Freaks wissen, dass beim Grillen Rauch vermieden werden soll. Mit Grilltassen kann das Abtropfen von Fett auf die heiße Kohle vermieden und so die Bildung von Benzpyren deutlich vermindert werden.

Bei stark geräucherten Lebensmitteln wie zum Beispiel Speck befindet sich das Benzpyren aufgrund seines lipophilen Verhaltens vor allem im Fettanteil. Da Benzpyren ein gelber Stoff ist, kann man über die Farbe eine Aussage über die Höhe des Benzpyrengehalts abgeben. Wegschneiden des stark gefärbten Fetts reduziert den Gehalt von Benzpyren erheblich. Mit chemischem Grundwissen können also auch gegrillte bzw. geräucherte Lebensmittel unbedenklich genossen werden.



Aromaten zeigen also durch ihre delokalisierten Elektronenwolken ein auffallendes Reaktionsverhalten. Trotz Doppelbindungen sind sie reaktionsträge und neigen eher zu einer Substitution als zu einer Additionsreaktion.



Organische CHEMIE macchiato



macchiato Piktogramme

Diese Symbole sind Hinweise, die Ihnen beim Lesen und Lernen helfen sollen, sich schneller zu orientieren.



Lampe – verweist auf eine kurze und knappe Zusammenfassung der im Kapitel näher beleuchteten Inhalte.



Rufzeichen – kennzeichnet wichtige Inhalte, die Ihnen mittels eines Aha-Moments dazu verhelfen, dass Sie sich den Stoff leichter einprägen können.



Hantel – markiert schwierige Abschnitte, zu denen weiteres Training notwendig ist. Die Übungen finden Sie im Anhang des Buchs, die Lösungen auf der Website zum Buch unter www.pearson-studium.de.



Auge – weist auf einen wichtigen Abschnitt hin, der grundlegende Zusammenhänge aufzeigt und das Verständnis erleichtert.



Buch – macht auf weiterführende Informationen aufmerksam, die für eine Vertiefung des Stoffes interessant sind.



Internet – markiert Inhalte, zu denen Informationen auf der Website zum Buch unter www.pearson-studium.de zur Verfügung stehen. Das wären z.B. Lösungen zu den Übungsaufgaben, zusätzliche Vertiefungen des Stoffes oder alle Titelcartoons der Kapitel.



Organische CHEMIE macchiato

Lernen mit Genuss!

Die **macchiato**-Reihe steht mit über 100.000 verkauften Exemplaren für ein erfolgreiches pädagogisches Konzept, mit Cartoons und Humor wertvolle Einsichten und Aha-Momente auszulösen. Dadurch wird aus frustrierendem Büffeln ein Lernen mit Verständnis und Spaß. Die Bücher sind unentbehrliche Begleiter und Ratgeber für ein erfolgreiches Abitur und eignen sich ideal für einen reibungslosen Einstieg ins Studium.

Organische Chemie macchiato präsentiert auf ungewöhnliche Weise den grundlegenden Lehrstoff der organischen Chemie. Chemische Alltagsphänomene werden aufgegriffen und mit theoretischem Wissen verknüpft. Dies erleichtert den Zugang zur Theorie und lässt das Gelernte anwenden. Analogien, Cartoons und Mind maps ermöglichen das Verstehen komplexer chemischer Zusammenhänge. In Übungen kann sich der Leser vergewissern, ob das Gelernte auch verstanden wurde.

Die Autoren

Kurt Haim lehrt an der pädagogischen Hochschule in Oberösterreich Chemie, leitet das Fachdidaktikzentrum der Naturwissenschaften und ist Gründer des Zentrums für Kreativitätsforschung.

Klaus Müller, Illustrator von bislang 40 Büchern, hat durch seine Cartoons einen humorvollen Zugang zu chemischem Wissen geschaffen. **Univ. Prof. Dr. Gatterer** der TU Graz hat das Buch als Fachlektor unterstützt.

Aus dem Inhalt



Alkane
Zum Verbrennen gern
Alkene
Früchte in der Reifeprüfung
Aromaten
Elektronen beim Lokalwechsel
Farbstoffe
Farbenspiele in der Natur
Alkohole
Geschichten eines Katers
Aldehyde
Oh Gott, riecht das himmlisch
Carbonsäuren
Rechtsruck in der Molkerei
Lipide
Über das Sattsein
Kohlenhydrate
Geheimnis süßen Geschmacks
Proteine
Moleküle, die Leben schufen

ISBN 978-3-86894-059-6



9 783868 940596