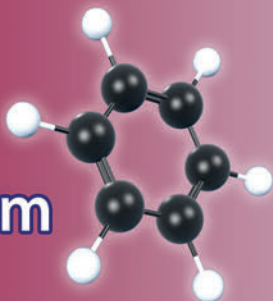


# Benzol & Aromaten I

## Das aromatische System



Sekundarstufe II

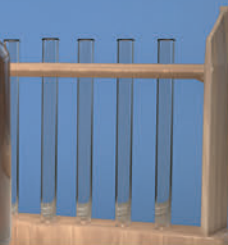
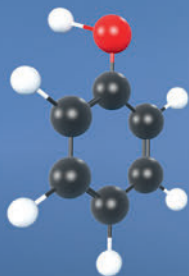
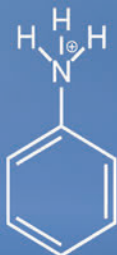
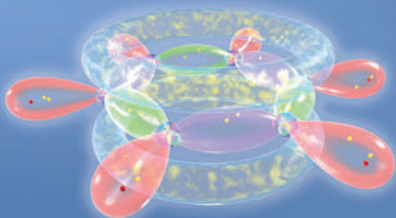
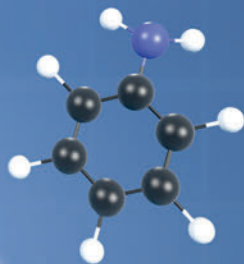
Online-  
Lernumgebung



Test  
Center

auf [www.gida.de](http://www.gida.de)

Filme  Software



Chemie

DVD  
VIDEO

# Inhalt und Einsatz im Unterricht

## "Benzol & Aromaten I - Das aromatische System" (Chemie Sek. II)

Dieses Film-Lernpaket behandelt das Unterrichtsthema „Benzol & Aromaten I - Das aromatische System“ für die Klassen der Sekundarstufe II.

Im Hauptmenü finden Sie insgesamt 4 Filme:

Benzol und das aromatische System	11:00 min
Elektrophile Substitution	5:30 min
Alkylbenzole	6:35 min
Phenol und Anilin	5:25 min

(+ Grafikmenü mit 10 Farbgrafiken)

Die Filme vermitteln mithilfe von aufwändigen und beeindruckenden 3D-Computeranimationen alle wesentlichen Informationen rund um das Thema „Benzol & Aromaten I“.

Der erste Film schildert die Historie der Entdeckung des Benzols und der schrittweisen Erklärung seiner Molekülstruktur. Das aromatische System delokalisierter Elektronen wird detailliert erläutert.

Der zweite Film erklärt die elektrophile Substitution als die für Benzol typische Anlagerungsreaktion, die das Entstehen unzähliger Benzolderivate ermöglicht.

Der dritte Film stellt die Derivat-Familie der Alkylbenzole vor, am Beispiel von Ethylbenzol/Styrol und Toluol bzw. dessen Oxidationsprodukten, von Benzylalkohol bis zur Benzoesäure.

Der vierte Film stellt Phenol als leicht sauer und Anilin als leicht basisch reagierende Benzolderivate vor.

**Ergänzend zu den o.g. 4 Filmen** stehen Ihnen zur Verfügung:

- **10 Farbgrafiken**, die das Unterrichtsgespräch illustrieren (in den Grafik-Menüs)
- **13 ausdrückbare PDF-Arbeitsblätter**, jeweils in Schüler- und Lehrerfassung.

**Im GIDA-Testcenter** (auf [www.gida.de](http://www.gida.de)) finden Sie auch zu diesem Film-Lernpaket interaktive und selbstauswertende Tests zur Bearbeitung am PC. Diese Tests können Sie online bearbeiten oder auch lokal auf Ihren Rechner downloaden, abspeichern und offline bearbeiten, ausdrucken etc.

## Begleitmaterial (PDF) auf DVD

Über den „Windows-Explorer“ Ihres Windows-Betriebssystems können Sie die Dateistruktur einsehen. Sie finden dort u.a. den Ordner „DVD-ROM“. In diesem Ordner befindet sich u.a. die Datei

**index.html.**

Wenn Sie diese Datei doppelklicken, öffnet Ihr Standard-Browser mit einem Menü, das Ihnen noch einmal alle Filme und auch das gesamte Begleitmaterial zur Auswahl anbietet (PDF-Dateien von Arbeitsblättern, Grafiken und Begleitheft, Internetlink zum GIDA-TEST-CENTER etc.).

Durch einfaches Anklicken der gewünschten Begleitmaterial-Datei öffnet sich automatisch der Adobe Reader mit dem entsprechenden Inhalt (sofern Sie den Adobe Reader auf Ihrem Rechner installiert haben).

Die Arbeitsblätter ermöglichen Lernerfolgskontrollen bezüglich der Kerninhalte der Filme. Einige Arbeitsblätter sind am PC elektronisch ausfüllbar, soweit die Arbeitsblattstruktur und die Aufgabenstellung dies erlauben. Über die Druckfunktion des Adobe Reader können Sie auch einzelne oder alle Arbeitsblätter für Ihren Unterricht vervielfältigen.

---

**Fachberatung** bei der inhaltlichen Konzeption und Gestaltung:

Frau Erika Doenhardt-Klein, Studiendirektorin  
(Biologie, Chemie und Physik, Lehrbefähigung Sek. I + II)

**Unser Dank** für die Unterstützung unserer Produktion geht an:

Pond5, Shutterstock Inc.

---

## Inhaltsverzeichnis

**Seite:**

Inhalt – Strukturdiagramm

4

### Die Filme

Benzol und das aromatische System

5

Elektrophile Substitution

7

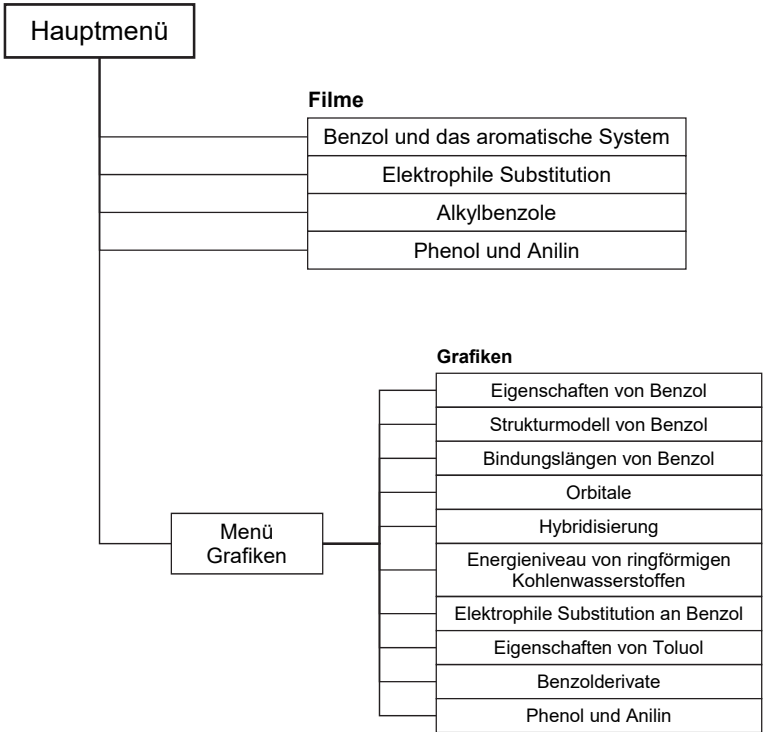
Alkylbenzole

8

Phenol und Anilin

10

# Inhalt – Strukturdiagramm



# Benzol und das aromatische System

Laufzeit: 11:00 min, 2022

## Lernziele:

- Eigenschaften und Strukturformel des Benzols kennenlernen;
- Den Aufbau des Benzols aus  $sp^2$ -hybridisierten C-Atomen verstehen;
- Die besonderen Eigenschaften des aromatischen Systems erkennen.

## Inhalt:

Der Film startet mit dem Bild eines Kirmes-Kettenkarussells, das im weiteren Film modellhaft für die Struktur des Benzolmoleküls steht. Den Grund für die Wahl dieses Bildes lässt der Film zunächst offen.

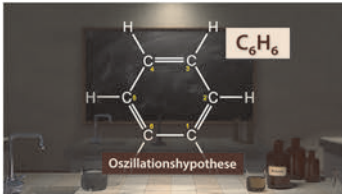


Dieser Einleitung folgt dann eine Filmpassage, die in Stichworten die Entdeckungsgeschichte des Benzols schildert. Auch die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Benzols werden vorgestellt, ebenso seine schon Mitte des 19. Jahrhunderts experimentell ermittelte Summenformel  $C_6H_6$ .

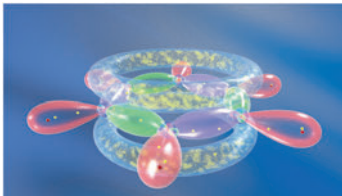




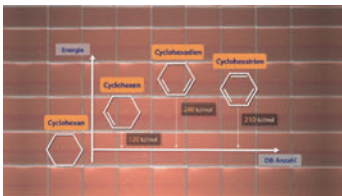
Dazu gehören auch die verschiedenen, später als untauglich verworfenen Versuche, diese Summenformel in ein erklärendes Strukturmodell des Benzols zu überführen.



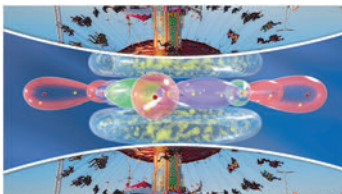
August Kekulé entwickelte dann 1865/1872 mit seiner „Oszillationshypothese“ das bis heute gültige Molekül-Modell des Benzols, dessen 6er-Kohlenstoffring mit seinen delokalisierten p-z-Elektronen man als „aromatisches System“ benannte.



Die moderne Röntgenstrukturanalyse zeichnet ein noch genaueres Bild vom Benzolmolekül: 6 sp<sup>2</sup>-hybridisierte Kohlenstoffatome stehen untereinander und mit je einem Wasserstoffatom in sigma-Bindung. 6 nicht hybridisierte z-Orbitale stellen 6 delokalisierte Elektronen, die über und unter dem planaren Ring kreisen.



Die besondere Stabilität dieses aromatischen C<sub>6</sub>-Moleküls lässt sich auch energetisch nachweisen, der Film zeigt das anhand eines Reaktionsdiagramms.



Der Film bringt abschließend noch einmal das stark vereinfachte, aber modellhaft einprägsame Bild eines „Doppel-Ketten-Karussells“ für die spezielle Struktur des Benzolmoleküls.

# Elektrophile Substitution

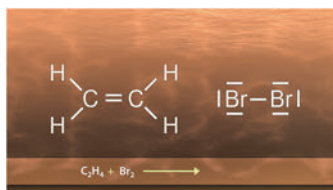
Laufzeit: 5:30 min, 2022

## Lernziele:

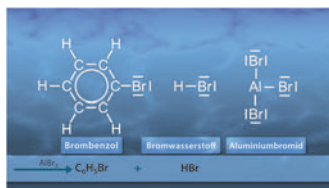
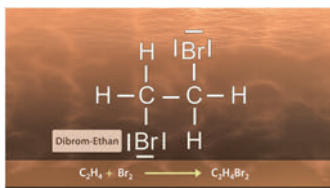
- Den Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition am Beispiel Ethen und Bromwasser wiederholend verstehen;
- Den Begriff „Halogenderivate des Benzols“ kennenlernen;
- Den andersartigen Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution am Benzolring nachvollziehen und erklären können.

## Inhalt:

Der Film startet mit einem kurzen Rückblick auf eine gängige Nachweisreaktion für Doppelbindungen: Die Entfärbung von Bromwasser durch eine elektrophile Additionsreaktion von Brom an die  $\pi$ -Bindungselektronen einer Doppelbindung.



Der Reaktionsablauf wird detailliert gezeigt und kommentiert: Bildung des Bromonium-Ions und schließlich die *trans*-Anlagerung der beiden Bromatome an eine Molekül Ethen. Reaktionsprodukt ist Dibromethan (und entfärbtes Wasser).



Dann schildert der Film ähnlich detailliert die elektrophile Substitution von Brom an Benzol: In mehreren Schritten wird an einem der Ring-C-Atome das Wasserstoffatom durch ein Bromatom ersetzt (Katalysator Aluminiumbromid).

Reaktionsprodukt sind Brombenzol und Bromwasserstoff.

# Alkylbenzole

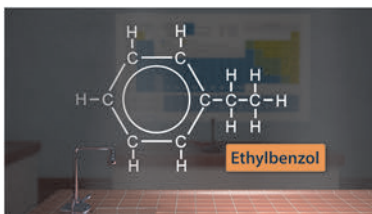
Laufzeit: 6:35 min, 2022

## Lernziele:

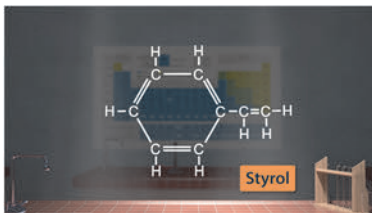
- Den Begriff „Derivate“ am Beispiel der Alkylbenzole wiedererkennen;
- Die Reaktionsfolge von Benzol + Ethen zu Ethylbenzol, Styrol und Polystyrol nachvollziehen können;
- Die Reaktion von n-Heptan zu Toluol und dessen Oxidationsprodukten nachvollziehen können.

## Inhalt:

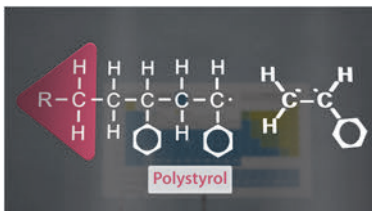
Der Film leitet mit der Vorstellung einer weiteren Derivate-Familie ein, den Alkylbenzolen. Als erstes Reaktionsbeispiel dient die Bildung von Ethylbenzol, einer Vorstufe für vielerlei Kunststoffe.



Durch Abspaltung von zwei Wasserstoffatomen entsteht Styrol, ...

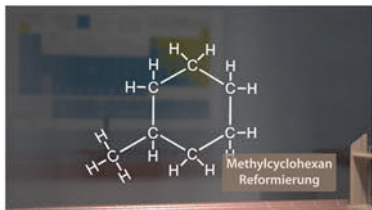


... das im Weiteren zu Polystyrol polymerisieren kann. Dabei dient die Doppelbindung in der Ethylgruppe als Verknüpfungspunkt der Polymerkette.

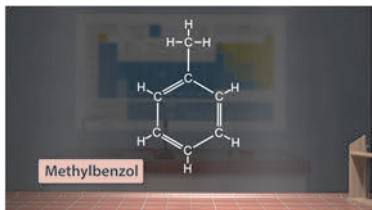




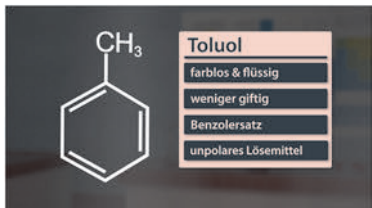
Es gibt Benzolderivate, die nicht aus Benzol hergestellt werden – auch wenn das zunächst komisch klingt.



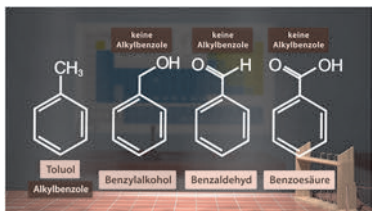
Der Film bringt n-Heptan als Beispiel, das unter Temperatur, Druck und Katalysatorwirkung zu Methylcyclohexan reformiert wird.



Nach Abspalten von weiterem Wasserstoff verbleibt Methylbenzol (IUPAC: Methylbenzen). In der chemischen Industrie ist es als Toluol bekannt.



Der Film benennt einige chemische Eigenschaften und begründet, warum Toluol weithin als Ersatz für Benzol verwendet wird.



Schließlich stellt der Film einige Beispiele für Oxidationsprodukte des Toluols vor, die dann aber schon in die Derivate-Familie der Phenole gehören – und damit Gegenstand des 4. und letzten Films sind.

# Phenol und Anilin

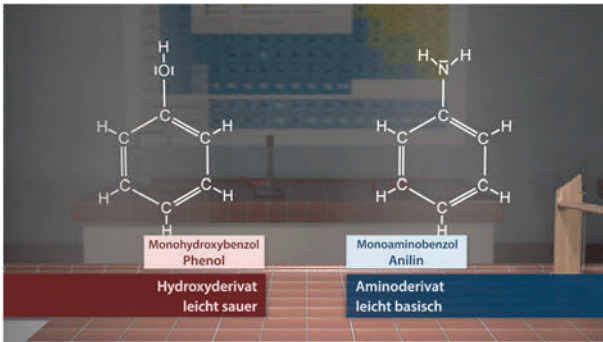
Laufzeit: 5:25 min, 2022

## Lernziele:

- Phenole und Aniline als weitere Benzolderivat-Familien kennenlernen;
- Die leicht saure Reaktion von Phenol nachvollziehen können;
- Die leicht basische Reaktion von Anilin nachvollziehen können.

## Inhalt:

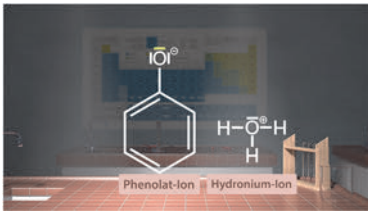
Der Film startet unmittelbar in die Vorstellung von zwei weiteren Benzolderivate-Familien: Phenole tragen eine (oder mehrere) Hydroxygruppen, während bei den Anilinen eine (oder mehrere) Aminogruppen an den Benzolring gebunden sind.



Im weiteren zeigt der Film an den beiden Beispielen Monohydroxybenzol – sprich „Phenol“ – und Monoaminobenzol – sprich „Anilin“ – die leicht saure Wirkung von Phenolen und die leicht alkalische Wirkung von Anilinen.

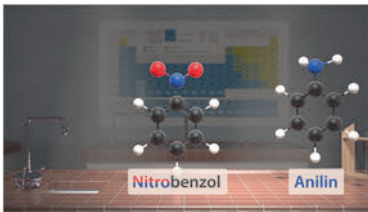


Ein kurzer Ausflug in die Medizingeschichte stellt den ungarischen Arzt Ignaz Semmelweis vor, der die moderne, medizinische Hygiene begründete: Er entdeckte die sterilisierende Wirkung von wässriger Phenollösung („Karbolsäure“).



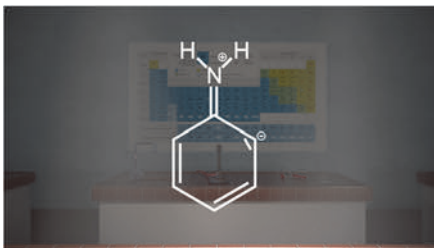
Dann zeigt der Film detailliert zunächst die saure Wirkung von Phenol: In wässriger Lösung wird ein Proton von der Hydroxygruppe abgespalten, das mit Wasser ein (saures) Hydronium-Ion bildet. Das entstehende Phenolat-Ion trägt eine negative Teilladung am Sauerstoff.

Das zusätzliche Elektronenpaar kann als Ladung im Ringsystem verschiedene mesomere Grenzstrukturen einnehmen. Das Gesamtsystem ist dadurch energetisch stabil und die Acidität bleibt dauerhaft.



Anilin produziert man großtechnisch durch die Reduktion von Nitrobenzol. Am Benzolring wird dabei die Nitro-Gruppe in eine Amino-Gruppe umgewandelt. Die erhöhte Elektronendichte des am Ring gebundenen Stickstoffs fungiert dann als Protonenfänger – und das macht die basische Wirkung von Anilin aus. Es entsteht das Anilinium-Ion.

Auch beim Anilin kann dieses freie Elektronenpaar in das Ringsystem delokalierter Elektronen aufgenommen werden. Es ergeben sich mesomere Grenzstrukturen, die allesamt die Elektronendichte am Stickstoff reduzieren und so auch die basische Wirkung abschwächen.

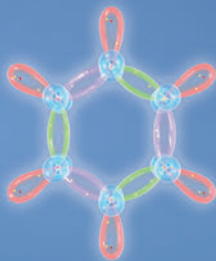
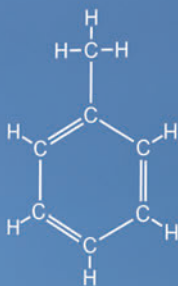




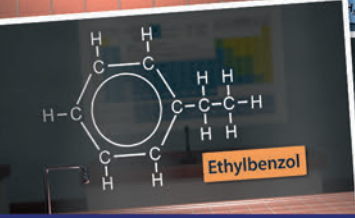
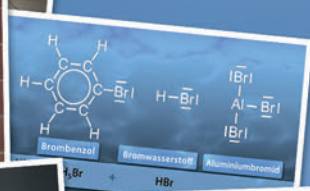
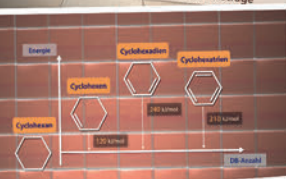
GIDA Gesellschaft für Information  
und Darstellung mbH  
Feld 25  
51519 Odenthal

Tel. +49-(0)2174-7846-0  
Fax +49-(0)2174-7846-25  
info@gida.de  
www.gida.de

- Benzol und das aromatische System
- Elektrophile Substitution
- Alkylbenzole
- Phenol und Anilin



Schmelztemperatur 5,5 °C  
Siedetemperatur 80 °C  
polar schlecht löslich  
unpolar gut löslich  
leicht entzündlich  
brennt stark rußend  
reaktionsträge



CH<sub>3</sub>

**Toluol**

- farblos & flüssig
- weniger giftig als Benzol
- Benzolersatz
- unpolares Lösemittel

Hydroxybenzol  
Aminobenzol