

Nomenklatur organischer Verbindungen nach den IUPAC-Regeln



*Hier findest Du die
Zauberformel!*



Einführung

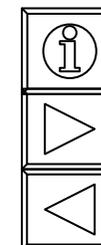
(interaktive Vorlesung)

Die genaue Benennung organischer Verbindungen nach verbindlichen Regeln ist eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten im Chemieunterricht.

Dieses Lernprogramm ist dazu gedacht, die Grundlagen der IUPAC-Nomenklatur selbstständig einzuüben oder zu wiederholen.

Für die Arbeit mit dem Programm brauchen Sie unbedingt einige unbeschriebene Arbeitsblätter. Notieren Sie sich bei den Übungen zuerst Ihre Überlegungen und überprüfen Sie erst danach die Lösung durch einen linken Mausklick.

Erstbenutzer folgen am besten dem Lernprogramm. Sie können aber auch durch Anklicken der Überschriften im Inhaltsverzeichnis direkt zu den einzelnen Kapiteln gelangen.



Inhaltsverzeichnis

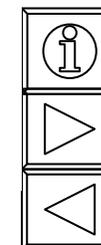
1. Einleitung
2. Gesättigte Kohlenwasserstoffe (KW): Alkane
3. Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene und Alkine
4. Aromatische KW
5. Funktionelle Gruppen: Grundlagen
6. Halogenderivate
7. Alkohole
8. Phenole
9. Ether
10. Aldehyde und Ketone
11. Carbonsäuren
12. Ester
13. Amine
14. Organische Schwefelverbindungen
15. Mehrfunktionelle Verbindungen



1. Einleitung

In der Frühzeit der organischen Chemie waren nur relativ wenige Stoffe bekannt, die meist mehr oder weniger willkürlich benannt wurden. Viele dieser Trivialnamen wie **Harnstoff**, **Glycerin** oder **Milchsäure** sind auch heute noch im Gebrauch und können nur „gelernt“ werden. Mit der wachsenden Zahl bekannter organischer Verbindungen wurde eine systematisch aufgebaute Nomenklatur dringend nötig. Bis heute wuchs die Zahl organischer Verbindungen auf über **zwölf Millionen**. 1892 wurden bei einem Kongress in Genf erstmals verbindliche Regeln für die Benennung organischer Verbindungen aufgestellt.

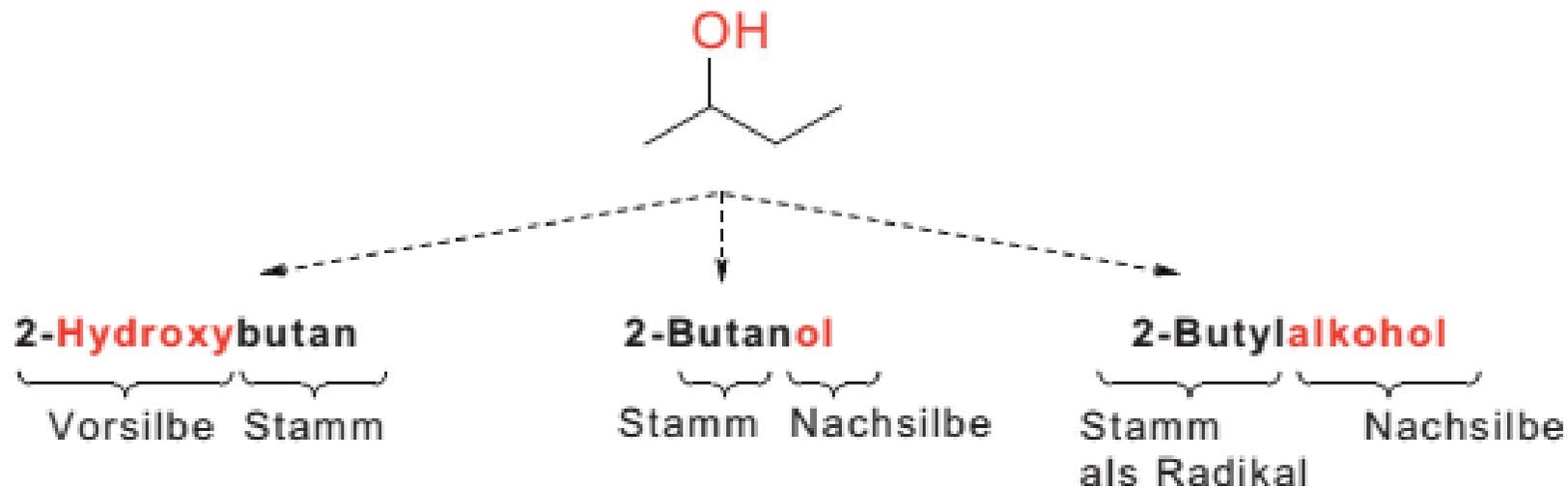
Diese „Genfer Nomenklatur“ wurde seither mehrfach ergänzt und insbesondere von der **„International Union of Pure and Applied Chemistry“ (IUPAC)** weiter entwickelt. Im Fach Chemie wird nur noch die IUPAC-Nomenklatur verwendet. Im Chemieunterricht sollte deshalb von Anfang an die IUPAC-Nomenklatur konsequent eingeübt werden.



Grundzüge der IUPAC-Nomenklatur

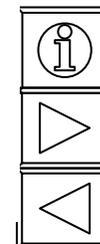
Substitutiv bringt zum Ausdruck, dass ein H-Atom substituiert wird. **Radikofunktionell** bedeutet, dass die Stammverbindung als Radikal (Alkylrest) fungiert.

Es stehen drei rationelle Benennungsmöglichkeiten zur Verfügung: Zwei durch die **substitutive** und eine durch die **radikofunktionelle** Nomenklatur. Die drei Möglichkeiten sollen am Beispiel eines Moleküls mit einer OH-Gruppe erläutert werden.



2. Gesättigte KW: Grundlagen

1. Die längste Kohlenstoffkette wird wie ein **Alkan** bezeichnet und bestimmt den Stammmamen.
2. Vor diesen Namen setzt man die Bezeichnung der Seitenketten (Methyl-, Ethyl-, Propyl- usw.). Gleiche Seitenketten werden durch griech. bzw. lat. Zahlwörter (di-, tri-, tetra-, penta- usw.) zusammengefasst. Verschiedene Seitenketten werden alphabetisch angeordnet.
3. Die C-Atome der Hauptkette werden so durchnummeriert, dass die Verzweigungsstellen möglichst kleine Zahlen erhalten. Diese Zahlen werden den Namen der Seitenketten vorangestellt.
4. Cyclische Verbindungen (Ringverbindungen) erhalten die Vorsilbe **Cyclo-**.



Gesättigte KW

Homologe Reihe der Alkane C_nH_{2n+2}

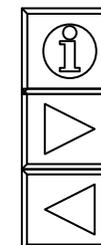
Methan	CH_4	Hexan	C_6H_{14}
Ethan	C_2H_6	Heptan	C_7H_{16}
Propan	C_3H_8	Octan	C_8H_{18}
Butan	C_4H_{10}	Nonan	C_9H_{20}
Pentan	C_5H_{12}	Decan	$C_{10}H_{22}$

Die Glieder unterscheiden sich durch eine Methylengruppe $-CH_2-$

Zahlwörter: 1 = mono; 2 = di; 3 = tri; 4 = tetra; 5 = penta; 6 = hexa; 7 = hepta; 8 = octa; 9 = nona; 10 = deca; 11 = undeca; 12 = dodeca; 16 = hexadeca; 18 = octadeca; 20 = eicosa.

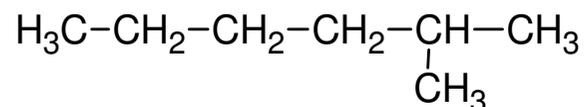
Alkylgruppen (Seitenketten)

Methyl-	$-CH_3$
Ethyl-	$-CH_2-CH_3$ ($-C_2H_5$)
Propyl-	$-CH_2-CH_2-CH_3$ ($-C_3H_7$)
Isopropyl	$H_3C-CH-CH_3$
Isobutyl	$(CH_3)_2CH-CH_2-$

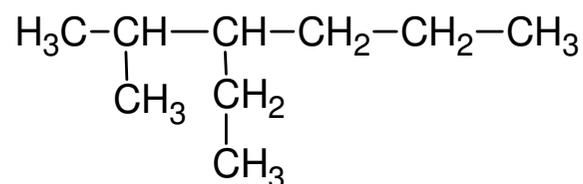
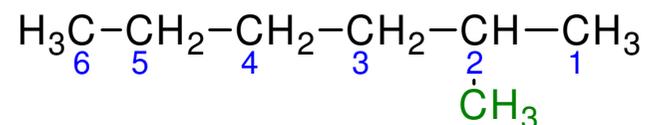


Beispiele 1

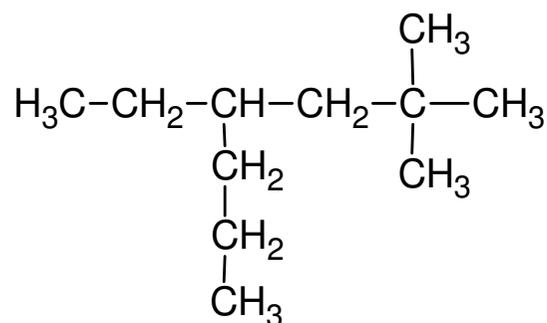
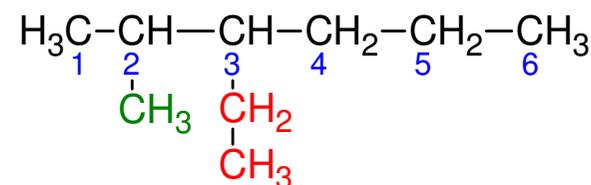
Benennen wir die folgenden Verbindungen nach den IUPAC-Regeln:



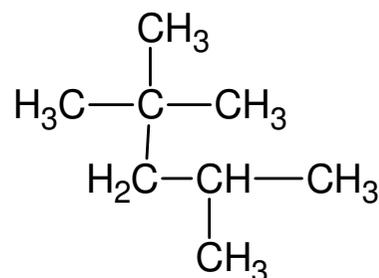
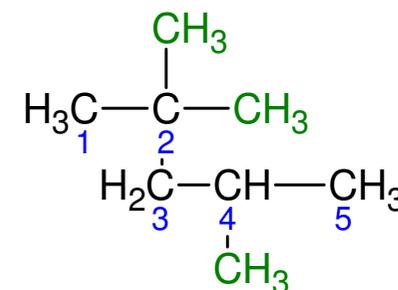
2-Methylhexan



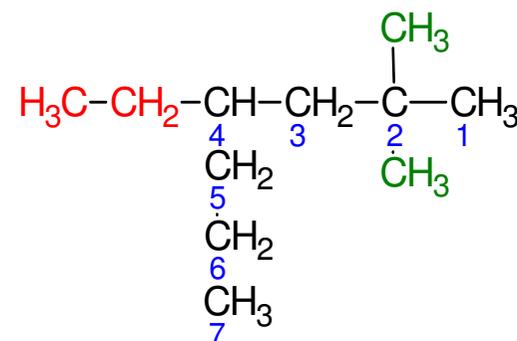
3-Ethyl-2-methylhexan



2,2,4-Trimethylpentan



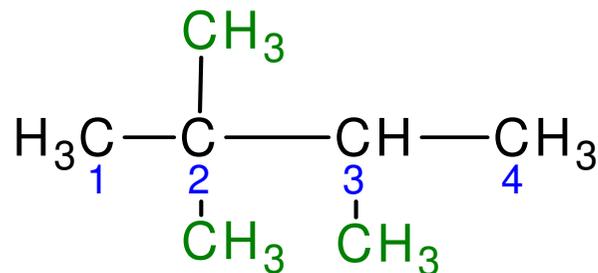
4-Ethyl-2,2-dimethylheptan



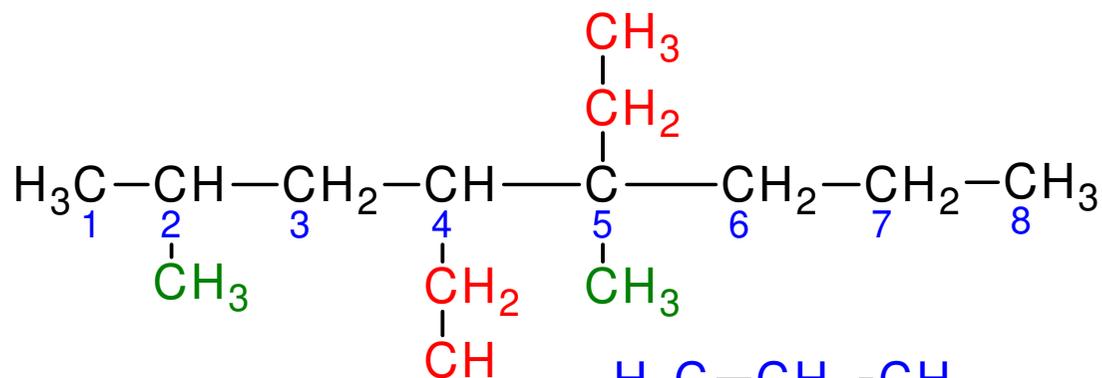
2. Gesättigte KW: Übung

Erstellen Sie die Strukturformel für folgende Verbindungen:

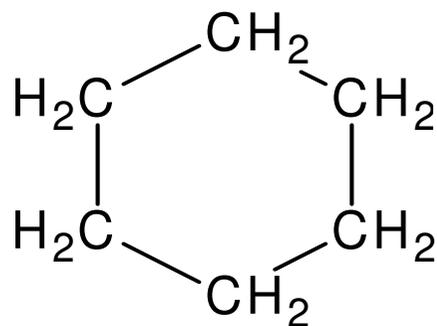
2,2,3-Trimethylbutan



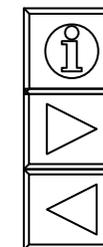
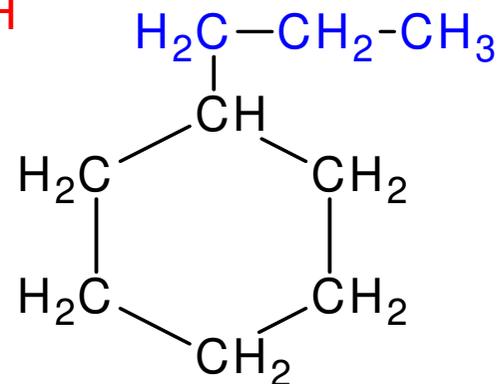
4,5-Diethyl-2,5-dimethyloctan



Cyclohexan



Propylcyclohexan

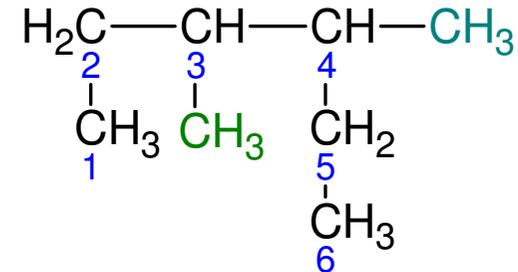


Gesättigte KW: Übung

Welche(r) der folgenden Namen sind (ist) richtig?
Geben Sie gegebenenfalls den richtigen Namen an.

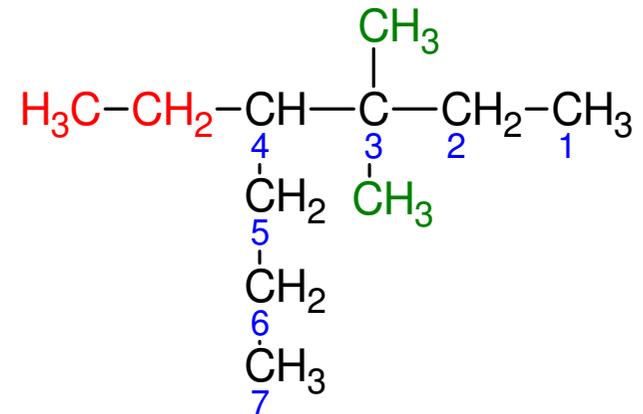
3-Ethyl-1,2-dimethylbutan falsch!

richtig ist:
3,4-Dimethylhexan

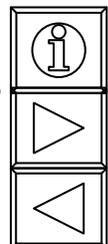
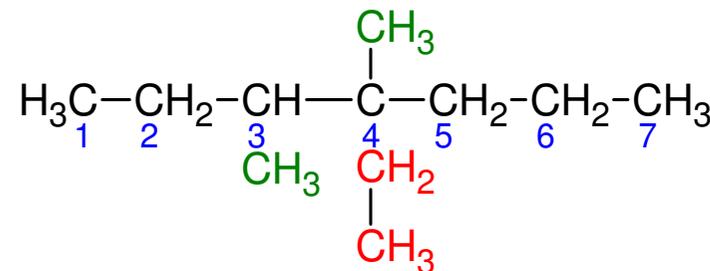


4,4-Dimethyl-3-propylhexan falsch!

richtig ist:
4-Ethyl-3,3-dimethylheptan

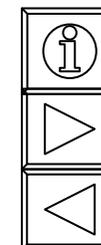


4-Ethyl-3,4-dimethylheptan richtig!



3. Ungesättigte KW: Grundlagen

1. Verbindungen mit einer Doppelbindung (**Alkene**) erhalten die Endung **-en**, mit zwei Doppelbindungen die Endung **-dien** usw.
2. Verbindungen mit einer Dreifachbindung (**Alkine**) erhalten die Endung **-in**, mit zwei Dreifachbindungen die Endung **-diin** usw.
3. Die Hauptkette muss die Mehrfachbindung enthalten, die möglichst am Kettenanfang liegen soll. Eine Zahl vor der Endung -en bzw. -in gibt den Ausgangspunkt der Doppelbindung an.
4. Bei Verbindungen mit Doppel- und Dreifachbindungen erhält die Doppelbindung die niedrigste Nummer.



Ungesättigte KW:

Homologe Reihe der Alkene C_nH_{2n}

Ethen	C_2H_4	$H_2C=CH_2$
Propen	C_3H_6	$H_2C=CH-CH_3$
But-1-en	C_4H_8	$H_2C=CH-CH_2-CH_3$
usw.		

Homologe Reihe der Alkine C_nH_{2n-2}

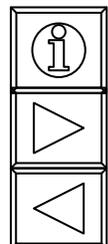
Ethin	C_2H_2	$HC\equiv CH$
Propin	C_3H_4	$HC\equiv C-CH_3$
But-1-in	C_4H_6	$HC\equiv C-CH_2-CH_3$
usw.		

Alkenylreste

Ethenyl- (Vinyl-)	$H_2C=CH-$
Methin-	$=CH-$

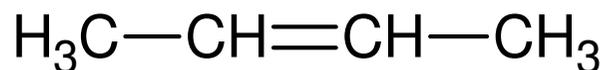
Alkinylreste

Ethinyl-	$HC\equiv C-$
----------	---------------

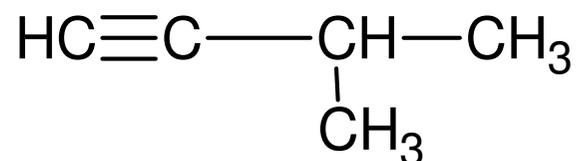


Ungesättigte KW:

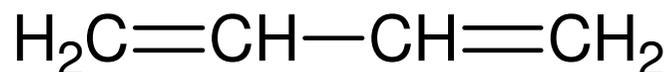
Benennen wir folgende Verbindungen nach den IUPAC-Regeln:



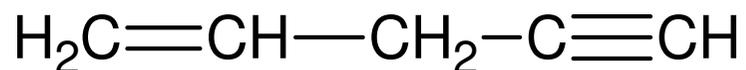
But-2-en oder 2-Buten



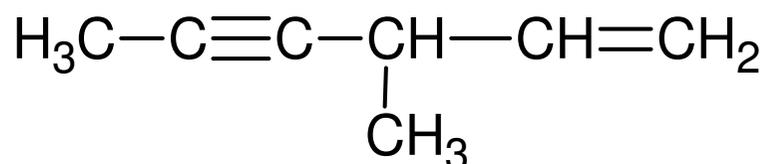
3-Methylbut-1-in
3-Methyl-1-butin



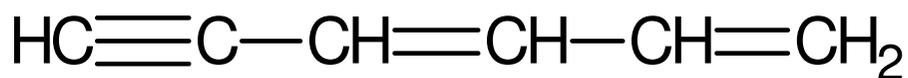
Buta-1,3-dien bzw. 1,3-Butadien



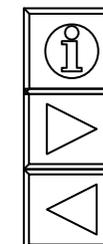
Pent-1-en-4-in bzw. 1-Penten-4-in



3-Methylhex-1-en-4-in

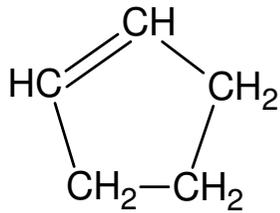


Hexa-1,3-dien-5-in
1,3-Hexadien-5-in

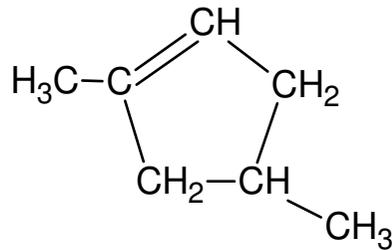


Ungesättigte KW:

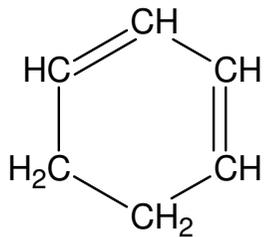
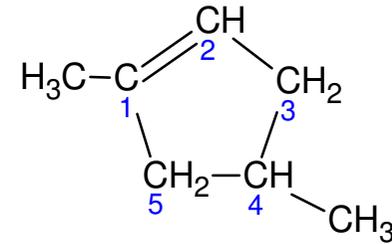
Benennen wir folgende Verbindungen nach den IUPAC-Regeln:



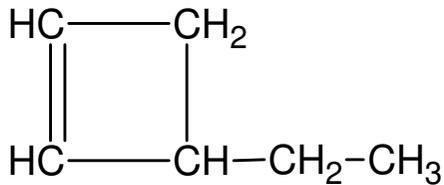
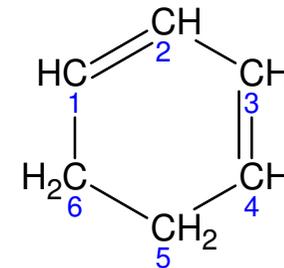
Cyclopenten



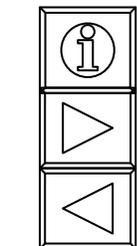
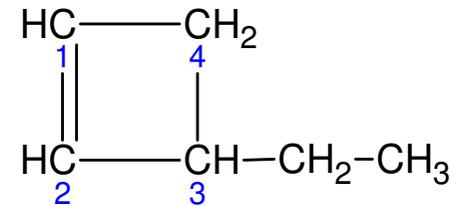
1,4-Dimethylcyclopenten



Cyclohexa-1,3-dien

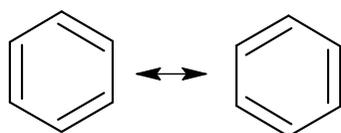


3-Ethylcyclobuten



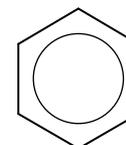
4. Aromatische KW: Grundlagen

Grundkörper der meisten aromatischen Verbindungen ist das **Benzol** C_6H_6 :



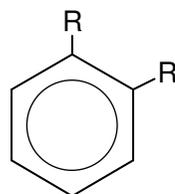
Mesomerie-Modell
hypothetische Grenzformeln

oder

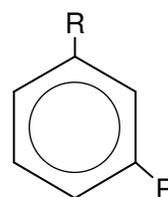


Phenylgruppe: $-C_6H_5$

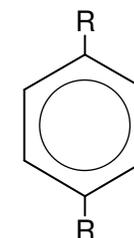
Es gibt beim Benzol drei
Disubstitutionsprodukte
mit den Stellungen:



ortho- (o-)

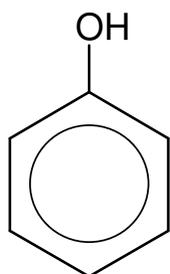


meta- (m-)



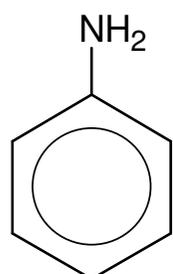
para- (p-)

Wichtige Derivate des Benzols. Am gebräuchlichsten sind hier die Trivialnamen!



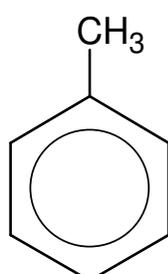
Phenol

Benzol-ol



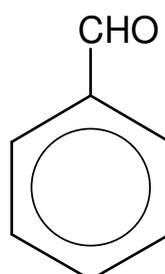
Anilin

Phenylamin
Aminobenzol



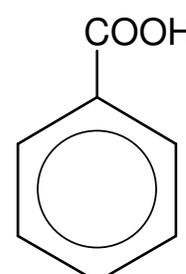
Toluol

Methylbenzol



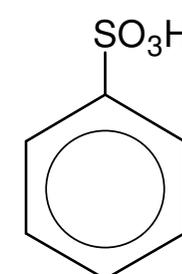
Benzaldehyd

Phenylmethanal



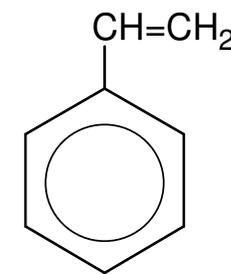
Benzoessäure

Benzolcarbonsäure



Benzolsulfon-

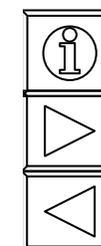
säure



Styrol

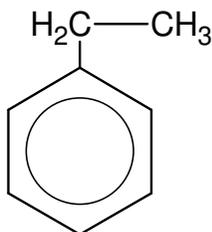
Ethenylbenzol

Vinylbenzol



4. Aromatische KW: Grundlagen

Ist an einem cyclischen Kohlenwasserstoff wie dem „Benzolkern“ eine Seitenkette gebunden, so ergibt sich die Möglichkeit, den Stammmamen von der Seitenkette oder vom cyclischen Kohlenwasserstoff abzuleiten:



Abgeleitet vom Ethan: Phenylethan

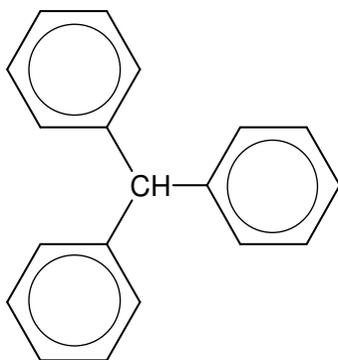
oder

abgeleitet vom Benzol: Ethylbenzol?

Kriterien für eine Entscheidung zwischen den beiden Alternativen sind:

- Die größere, entscheidendere Struktureinheit bestimmt den Namen.
- Die Struktureinheit mit den meisten Substituenten bestimmt den Namen.

Im obigen Beispiel müsste man sich für den Namen **Ethylbenzol** entscheiden!



Hier leitet man den Namen vom Methan ab, da dieses drei Substituenten (Phenyl-Gruppen) trägt.

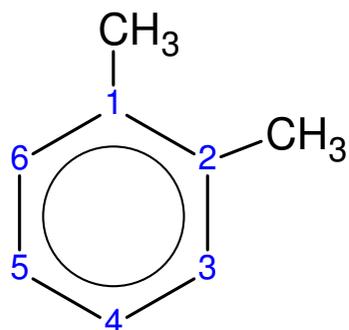
Der systematische Name lautet hier also:

Triphenylmethan!



Aromatische KW:

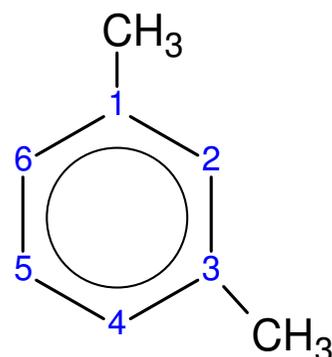
Es gibt drei isomere Dimethylbenzole mit den Trivialnamen **ortho-Xylol**, **meta-Xylol** und **para-Xylol**. Erstellen Sie die Strukturformeln der drei Isomere und geben Sie den IUPAC-Namen an.



ortho-Dimethylbenzol

o- Dimethylbenzol

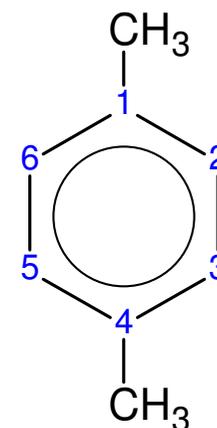
1,2-Dimethylbenzol



meta-Dimethylbenzol

m-Dimethylbenzol

1,3-Dimethylbenzol



para-Dimethylbenzol

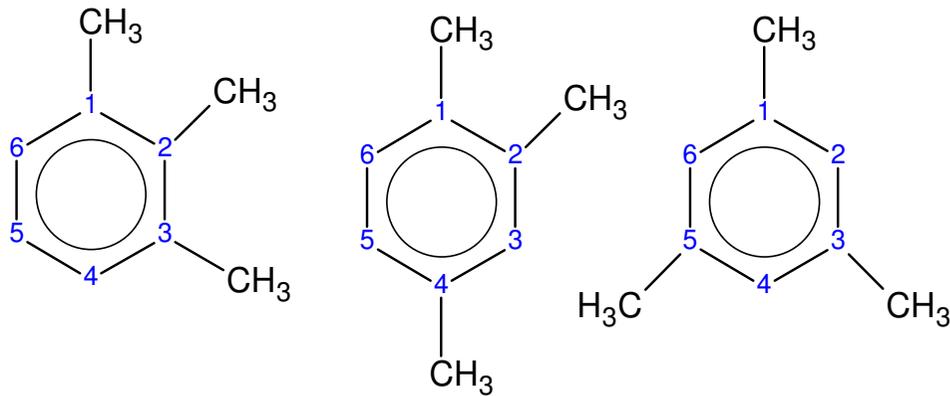
p-Dimethylbenzol

1,4-Dimethylbenzol



4. Aromatische KW:

Wie viele Tri- und Tetramethylbenzole gibt es?

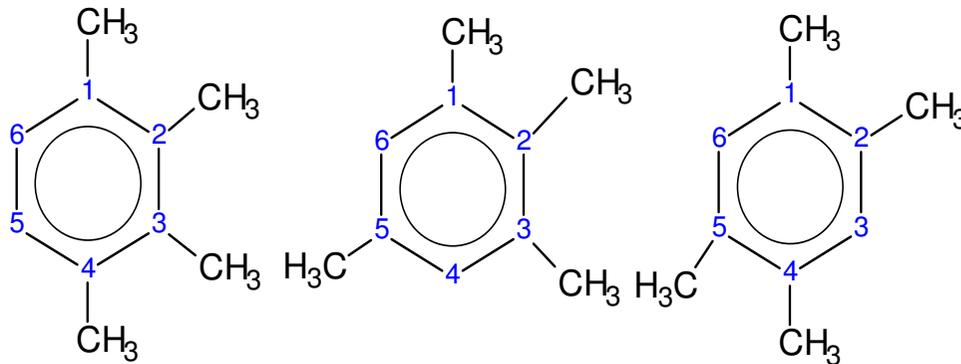


Es gibt drei
Trisubstitutionsprodukte

1,2,3-Trimethylbenzol

1,2,4-Trimethylbenzol

1,3,5-Trimethylbenzol

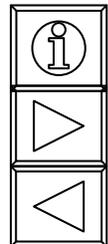


Es gibt auch drei
Tetrasubstitutionsprodukte

1,2,3,4-Tetramethylbenzol

1,2,3,5-Tetramethylbenzol

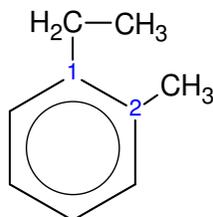
1,2,4,5-Tetramethylbenzol



4. Aromatische KW:

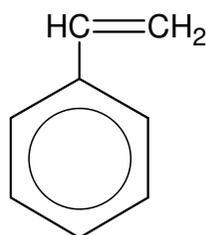
Erstellen Sie die Strukturformeln von:

1-Ethyl-2-methylbenzol

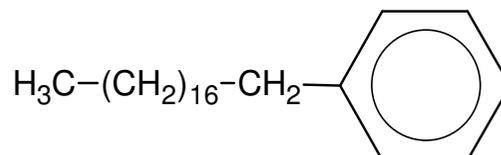


Unterschiedliche Substituenten werden in alphabetischer Reihenfolge angegeben!

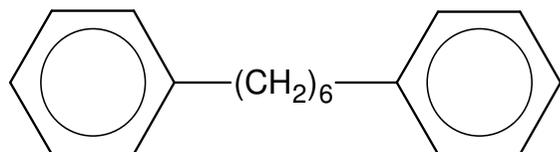
Ethenylbenzol
(Vinylbenzol, Styrol)



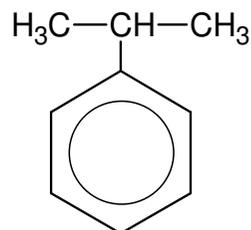
1-Phenyloctadecan



Erstellen Sie die Namen folgender Verbindungen:



1,6-Diphenylhexan Abgeleitet vom Hexan!

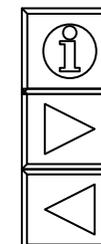


Isopropylbenzol

Abgeleitet vom Benzol!

Siehe Aromatische KW: Grundlagen 2!

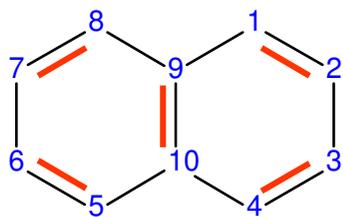
Prof. Dr. Ivo C. Ivanov



4. Aromatische KW:

Kondensierte Aromate enthalten mehrere Benzolringe. Die Moleküle von **Naphthalin**, **Anthracen** und **Benzpyren** setzen sich aus zwei, drei und fünf Benzol-Ringen zusammen. Ihre π -Elektronen sind dabei über das gesamte Kohlenstoff-Gerüst delokalisiert.

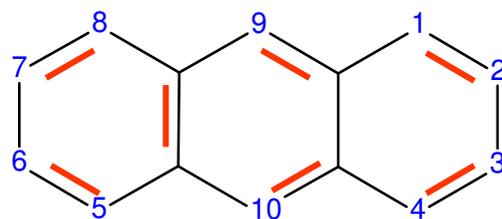
Ergänzen Sie in den dargestellten Grundgerüsten die restlichen π -Elektronen.



Naphthalin

10 π -Elektronen

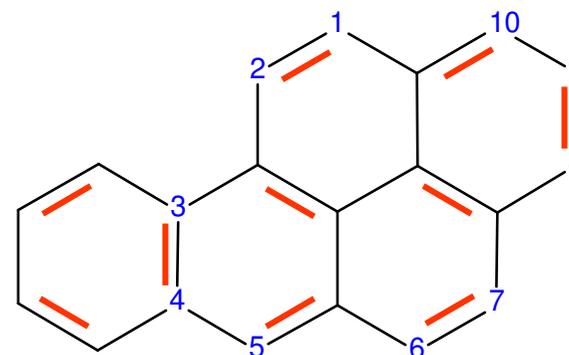
**Ausgangsstoff für
Farbstoffe**



Anthracen

14 π -Elektronen

**Ausgangsstoff für
Farbstoffe**



3,4-Benzpyren

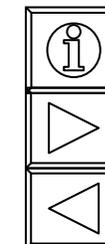
20 π -Elektronen

**Kanzerogen wirkender
Bestandteil im
Zigarettenrauch**



5. Funktionelle Gruppen: Grundlagen

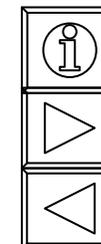
Stoffklasse	funktionelle Gruppe	
Alkene	Doppelbindung	$>C=C<$
Alkine	Dreifachbindung	$-C\equiv C-$
Halogenkohlenwasserstoffe	Halogenatome	$-F; -Cl; -Br; -I$
Alkohole	Hydroxy-Gruppe	$-OH$
Thiole	Mercapto-Gruppe (Thiol-Gruppe)	$-SH$
Aldehyde	Aldehyd-Gruppe	$-CHO$
Ketone	Keto-Gruppe (Carbonyl-Gruppe)	$>C=O$
Carbonsäuren	Carboxy-Gruppe	$-COOH$
Ester	Esterbindung	$-C(=O)O-$
Ether	Oxy-Gruppe	$-O-$
Amine	Amino-Gruppe	$-NH_2$
Nitroverbindungen	Nitro-Gruppe	$-NO_2$
Sulfonsäure	Sulfonsäure-Gruppe	$-SO_3H$
Isocyanate	Isocyanat-Gruppe	$-NCO$



5. Funktionelle Gruppen: Grundlagen 2

Benennung von Verbindungen mit funktionellen Gruppen:

1. Man sucht die längste C-Kette im Molekül, welche die funktionelle Gruppe enthält. Die C-Atome werden derart nummeriert, dass die funktionelle Gruppe eine möglichst niedrige Zahl erhält.
2. Die funktionellen Gruppen werden in der Regel durch die Endung des Namens charakterisiert:
-en (Doppelbindung), **-in** (Dreifachbindung), **-ol** (Hydroxy-Gruppe), **-al** (Aldehyd-Gruppe), **-on** (Keto-Gruppe), **-säure** (Carboxy-Gruppe), **-ester** (Ester-Gruppe), **-ether** (Oxy-Gruppe), **-amin** (Amino-Gruppe).
3. Gleiche funktionelle Gruppen werden durch griech. bzw. lat. Zahlwörter (di-, tri-, tetra-, usw.) zusammengefasst.

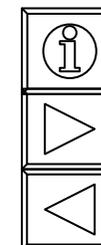


5. Funktionelle Gruppen:

4. Die Stellungen der funktionellen Gruppen werden durch Zahlen vor den Endungen **-en**, **-in**, **-ol** usw. angegeben.

(*Notiz:* Der Vokal **a** am Ende eines Zahlwortes wird weggelassen, wenn die nachfolgende Endung mit einem Vokal beginnt.)

Ausnahmen: Die **Halogen**atome und die **Nitro**-Gruppe ($-\text{NO}_2$) werden wie Seitenglieder behandelt.

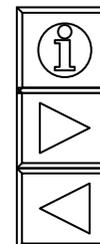


6. Halogenderivate: Grundlagen

Die IUPAC-Regeln empfehlen hier ausschließlich „Substitutionsnamen“.

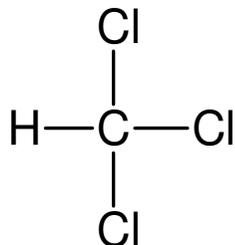
Beispiel: $\text{H}_3\text{C-Br}$ **Brommethan**; hier kommt zum Ausdruck, dass ein H-Atom des Methans durch ein Br-Atom ersetzt wurde.

Der “**radikofunktionelle Name**“ **Methylbromid** für obige Verbindung ist nicht empfehlenswert, da die Endung „-id“ bereits für Anionen (z.B. Chlorid-Ion) reserviert ist.

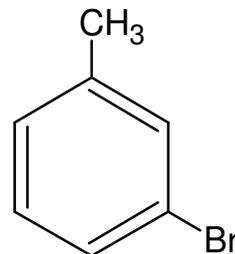


6. Halogenderivate:

Benennen Sie die folgenden Verbindungen:



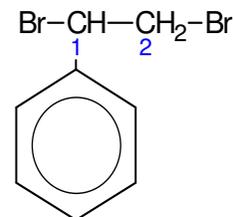
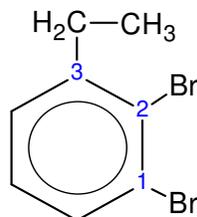
Trichlormethan
(Chloroform)



1-Brom-3-methylbenzol
od. **3-Bromtoluol**

Vergleichen Sie: **1,2-Dibrom-3-ethylbenzol** mit **(1,2-Dibromethyl)benzol**

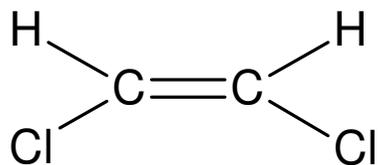
Br-Atome am
arom. Ring!



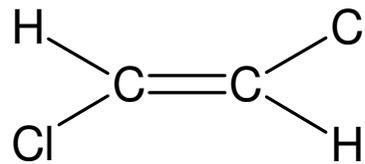
Br-Atome an der
Seitenkette!

Vom 1,2-Dichlorethen gibt es zwei Stereoisomere (*cis*- bzw. *Z* und *trans*- bzw. *E*)!

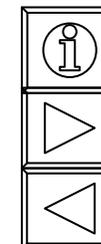
Geben Sie die Strukturformeln und die Namen der beiden Isomere an:



(Z)-1,2-Dichlorethen



(E)-1,2-Dichlorethen



Halogenderivate:

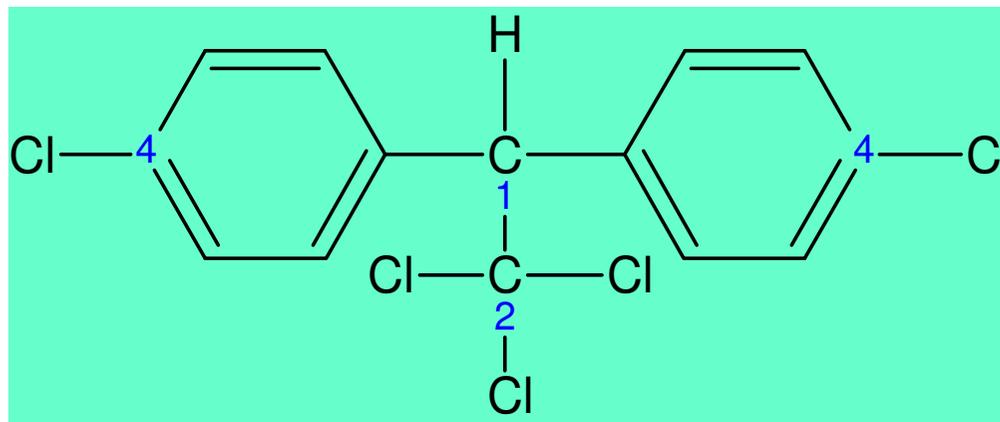
Zum Schluß - für Könner:

Das Kontaktinsektizid DDT dringt bei Berührung in den Insektenkörper ein und wirkt bereits in geringsten Mengen tödlich.

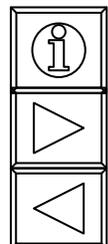
Es hat den IUPAC-Namen: 1,1-Bis-(4-chlorphenyl)-2,2,2-trichlorethan.

Versuchen Sie, die Strukturformel zu erstellen.

Hinweis: Sind Seitengruppen (hier 4-chlorphenyl-) vorhanden, deren Namen bereits ein Zahlwort enthalten, so ist deren Anzahl durch die Vorsilbe bis-, tris- usw. anzugeben.



Die Bezeichnung DDT leitet sich von einer alten Bezeichnung ab:
1,1-(4,4-Dichlor**d**iphenyl)-2,2,2-**t**richlor-ethan



Ende

