

Die Kohlenwasserstoffe und ihre Nomenklatur

Ein Leitprogramm für die Chemie

Autor Dr. Georg Graf

Beratung Prof. Dr. Antonio Togni, ETHZ

ETH-Leitprogramm

Nomenklatur

Adressaten

Gymnasiasten ab 2. Schuljahr im Grundlagenfach Chemie

Bearbeitungsdauer

Fundamentum 6 Lektionen

Additum 2 Lektionen

Fachliche Vorkenntnisse

Die Schüler und Schülerinnen wissen Bescheid über das Prinzip der kovalenten Bindung. Sie haben bereits eine ganze Reihe von einfach gebauten Molekülen kennen gelernt. Sie sind gut vertraut mit den typischen Bindungswinkeln und den daraus resultierenden Molekülgeometrien.

Version

Oktober 2003

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Warum gerade dieses Thema?	02
Wie arbeitet man mit diesem Leitprogramm?	03

Fundamentum

1 Das Wesen der Kohlenwasserstoffe	06
2 Die graphische Darstellung	10
3 Die Benennung der Kohlenwasserstoffe	15

Additum

4 Erweiterte Nomenklaturregeln	27
5 Nomenklatur für Tierliebhaber	34

Anhang für die Lehrkraft

A Lösungen der Kontrollaufgaben	36
B Kapiteltests mit Lösungen	43
C Medien für die Schüler	53
D Material für die Experimente	54
E Literatur	55

Einführung

Warum gerade dieses Thema?

Tridec-1-en-3,5,7,9,11-pentain oder *Tridec-3,5,7,8-tetraen-10,12-diinsäure*. Was in Ihren Augen als fürchterliches Kauderwelsch erscheinen mag, das sind die wissenschaftlichen Namen für zwei bedeutende medizinische Wirkstoffe. Der erste kommt in der Wurzel der Baldrian-Pflanze vor und wird oft für Schlafmittel verwendet. Der zweite ist ein typisches Antibiotikum, das wegen seinen tuberkulostatischen Eigenschaften geschätzt wird.

Diese beiden Beispiele lassen erahnen, dass die Benennung von chemischen Substanzen eine ziemlich abenteuerliche Angelegenheit sein muss. Das ist auch nicht weiter verwunderlich, wenn man bedenkt, dass bis heute weit über 25 Millionen verschiedene Substanzen untersucht und beschrieben worden sind. Jede von ihnen benötigt einen unverwechselbaren Namen. Er muss so beschaffen sein, dass präzise Rückschlüsse auf die chemische Struktur der beteiligten Moleküle möglich sind. Um dieses Problem zu lösen, haben die Chemiker ein sehr ausgeklügeltes Regelwerk erdacht, das man als die Nomenklatur-Regeln der Chemie bezeichnet.

Selbstverständlich kann es hier nicht darum gehen, diese Regeln in allen Details kennen zu lernen. Aber für Sie als angehende Studierende macht es sicher Sinn, einen gewissen Einblick in dieses komplexe wissenschaftliche Nomenklatur-System zu gewinnen und seine Funktionsweise näher kennen zu lernen. So gesehen genügt es durchaus, wenn wir uns auf die sogenannten Kohlenwasserstoffe beschränken. Aber eines scheint mir sicher: Sie werden den Beipackzettel zum nächsten Medikament, das Sie einnehmen müssen, mit ganz anderen Augen lesen!

Warum ein Leitprogramm?

Die richtige Benennung von Kohlenwasserstoffen erfordert die Kenntnis von Regeln und deren richtige Anwendung. Um dieses Ziel zu erreichen ist es optimal, wenn die Lernschritte in einem individuell angepassten Tempo erfolgen können und der Zeitraum für die zweifellos nötigen Übungen nicht künstlich eingeschränkt ist. Ein Leitprogramm schafft diese Rahmenbedingungen wohl am besten. Es fördert zudem das vernetzte Denken.

Beim selbständigen Lernen mit gut ausgearbeiteten Unterlagen lässt sich das Lerntempo selber bestimmen. Übungsaufgaben mit Lösungen geben Ihnen die Sicherheit, den Lernstoff gut verstanden zu haben. Das Lernen ist abwechslungsreich, indem viele unterschiedliche Lerntechniken zum Zug kommen.

Wie arbeitet man mit diesem Leitprogramm?

Vermutlich sind Sie sich bislang vor allem den sogenannten Frontalunterricht gewohnt: Ihr Lehrer führt in die Theorie ein, schreibt einiges an die Wandtafel und stellt ab und zu Fragen. Zwischendurch lösen Sie vielleicht mal eine Aufgabe. Aber die ganze Verantwortung über den Stundenverlauf liegt bei der Lehrperson.

Das soll jetzt anders werden - zumindest für einige Lektionen! Mit diesen Unterlagen arbeiten Sie ganz allein, und zwar in dem Tempo, das Sie selber bestimmen.

Die Theorie wird hier Schritt für Schritt aufgerollt. Obligatorisch ist für Sie nur das sogenannte Fundamentum, das heisst die ersten drei Kapitel. Die letzten zwei Kapitel sind nur für jene gedacht, die besonders schnell vorwärts gekommen oder in besonderem Mass an der Sache interessiert sind. Es soll ja immer wieder Studierende geben, die höhere Ansprüche stellen als der Durchschnitt...

Im Einzelnen sieht der Ablauf der nächsten Lektionen wie folgt aus:

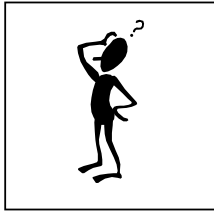
- 1** An Hand dieser Einführung machen Sie sich zuerst einmal damit vertraut, wie der Unterricht in den folgenden Lektionen organisiert ist. Das ist sehr wesentlich, damit Sie nachher wirklich das Maximum herausholen. Mehr als zehn Minuten sollten Sie dazu aber nicht benötigen.
- 2** Sie beginnen mit der ersten Lektion und studieren den Text bis zur ersten Kontrollaufgabe. Studieren heisst, den Text mindestens zweimal zu lesen. Zuerst verschaffen Sie sich einen groben Überblick, worum es eigentlich geht. Beim zweiten Durchgang legen Sie dann jedes Wort und jede Formulierung auf die Goldwaage. Geben Sie nicht vorschnell auf! Manchmal muß man sich etwas durchbeissen, bis man es wirklich genau verstanden hat. Dafür kann man sich dann nachher um so mehr über seine Leistung freuen.
- 3** Gelegentlich sind Kontrollaufgaben eingeschoben. Hier ist jeweils ein Halt geboten. Bearbeiten Sie nötigenfalls den vorangehenden Text noch einmal, bis Sie glauben, alles bisher Behandelte wirklich gut verstanden zu haben. Ist das der Fall, so lösen Sie die Kontrollaufgabe, und zwar schriftlich. Das ist sehr wichtig, weil Sie sonst der Gefahr der Selbsttäuschung unterliegen.
- 4** Sie müssen Ihre Lösungsvorschläge niemandem zeigen. Sie korrigieren sich nämlich selbst: Im Schulzimmer liegt ein Ordner mit den Lösungen aller Kontrollaufgaben auf. Da schauen Sie nach, ob Sie richtig liegen. Wenn ja: Bravo! Sie können den Text weiter studieren, bis zur nächsten Kontrollaufgabe. Wenn nein: Halb so schlimm. Aber: Sie müssen den vorangegangenen Text nochmals durcharbeiten. Nur so können Sie die vorhandenen Lücken stopfen!

- 5 Verstehen Sie dann immer noch nichts, so können Sie einen Kollegen oder eine Kollegin fragen. Aber tun Sie das bitte nur im Notfall. Geben Sie nicht vorschnell auf! Wenn auch Ihr Kollege nicht weiterhelfen kann, können Sie die Lehrperson konsultieren. Das sollte aber im Verlauf ihrer Arbeit nur selten vorkommen.
- 6 Ab und zu ist mehr als nur Lesen angesagt: Vielleicht müssen Sie zwischendurch ein Experiment durchführen, eine Textstelle aus einem Buch interpretieren, eine Recherche im Internet tätigen oder ein Computerprogramm studieren. Entsprechende Symbole und Anleitungen im Text machen Sie darauf aufmerksam. Fahren Sie anschließend mit der Lektüre dort weiter, wo Sie unterbrochen haben.
- 7 Wenn Sie ein Kapitel vollständig abgeschlossen, seinen Inhalt ganz verstanden und alle Kontrollaufgaben richtig gelöst haben, sind Sie reif für den Kapiteltest. Diesen absolvieren Sie bei der Lehrperson oder einer von ihr bezeichneten Hilfsperson. Sie müssen sich dabei kurz über die von Ihnen erworbenen Kenntnisse ausweisen. Falls Sie den Kapiteltest bestehen, dürfen Sie mit dem nächsten Kapitel weiterfahren. Falls nicht, werden Sie zu einer Wiederholung Ihres Studiums verknurrt, und können in frühestens zehn Minuten zu einem zweiten Kapiteltest antreten. Natürlich fahren Sie zeitlich besser, wenn Sie schon den ersten Test bestehen...
- 8 So geht es weiter, bis die drei Kapitel des Fundamentums erledigt sind. Damit ist Ihr Soll erfüllt. Wenn Sie dieses Ziel vorzeitig erreicht haben, so ist vorgesehen, dass Sie die verbleibende Zeit zum Studium des Additums einsetzen. Das hat mehrere Vorteile: Erstens können Sie mit einem zusätzlichen Kapiteltest weitere Punkte sammeln, zweitens sind Sie besser für die Abschluss-Prüfung gerüstet und drittens können Sie Ihrer Lehrperson endlich einmal den Meister zeigen...
- 9 Nach dem Durcharbeiten aller fünf Kapitel haben Sie einen recht guten Durchblick in Sachen Nomenklatur. Aber auch mit nur drei verarbeiteten Kapiteln können Sie zufrieden sein. Der Stoff des Fundamentums wird an der Abschluss-Prüfung vorausgesetzt.
- 10 Falls Ihnen die vorgesehenen Lektionen für die vollständige Bearbeitung des Fundamentums nicht ausreichen, so müssen Sie das Reststudium zu Hause erledigen und sich den noch fehlenden Kapiteltests in der unterrichtsfreien Zeit unterziehen. Das sollte aber eigentlich nicht vorkommen, wenn Sie während der Lektionen voll bei der Sache sind.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß!

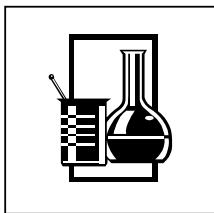
Georg Graf

Zum Schluß eine Zusammenstellung der im Text benutzten Piktogramme:



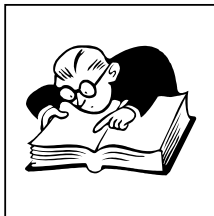
Kontrollaufgabe

Hier müssen Sie eine Aufgabe lösen, welche sicherstellt, daß Sie den unmittelbar vorangehenden Text auch wirklich verstanden haben. Lösen Sie solche Aufgaben auf jeden Fall *schriftlich*, und kontrollieren Sie Ihre Lösung anschließend im Lösungsordner.



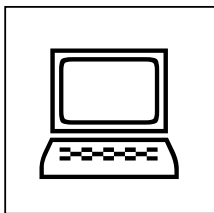
Experiment

Im Schulzimmer oder im Labor ist ein Versuch vorbereitet. Führen Sie ihn nach Anleitung durch. Lesen Sie die zugehörige Vorschrift genau durch und beachten Sie die Sicherheitsvorkehrungen.



Buch

Im Schulzimmer liegt ein Buch bereit. Lösen Sie mit dessen Hilfe die gestellte Aufgabe! Machen Sie sich stichwortartige Notizen!



Computer

Im Schulzimmer oder in einem Nebenraum steht ein Computer mit Internet-Anschluss bereit. Lösen Sie mit seiner Hilfe die gestellte Aufgabe!

Fundamentum

1 Das Wesen der Kohlenwasserstoffe

Was erfahren Sie in diesem Kapitel?

Zunächst wird die Klasse der Kohlenwasserstoffe präzise definiert. Sie werden über das Vorkommen der Kohlenwasserstoffe orientiert, lernen einige typische Vertreter dieser Stoffklasse kennen und bekommen Informationen zur praktischen Bedeutung der Kohlenwasserstoffe. Es folgt ein Hinweis auf die einzigartigen Eigenschaften des Kohlenstoffatoms. Abgeschlossen wird das Kapitel durch eine kurze Besprechung der wichtigsten chemischen und physikalischen Stoffeigenschaften.

Wie gehen Sie vor, um dieses Kapitel zu bearbeiten?

Lesen Sie die vorgegebenen Texte aufmerksam durch. Nach jedem Abschnitt sind Kontrollfragen eingestreut. Versuchen Sie die Aufgaben selbständig zu lösen. Zur Bestätigung können Sie die Antworten im Lösungsordner nachschauen. Wenn Sie alle Kontrollaufgaben gut gelöst haben, melden Sie sich bei der Lehrperson. Sie wird Ihnen einige Testfragen zum Kapitel stellen.

Um den Test bestehen zu können, müssen Sie folgende Lernziele erreichen:

- Sie können den Begriff "Kohlenwasserstoff" definieren.
- Sie wissen, wo Kohlenwasserstoffe vorkommen.
- Sie wissen Bescheid über die Verwendung von Kohlenwasserstoffen.
- Sie kennen den Grund für die Vielfältigkeit der Kohlenwasserstoffe.
- Sie kennen die wichtigsten Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe.
- Sie können die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs formulieren.

Was versteht man unter einem Kohlenwasserstoff?

Unter einem Kohlenwasserstoff versteht man eine chemische Verbindung, bei welcher die Moleküle ausschliesslich aus Kohlenstoffatomen und Wasserstoffatomen aufgebaut sind.

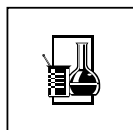
Kohlenwasserstoffe können demnach durch Summenformeln vom Typ C_xH_y beschrieben werden.

Wo kommen Kohlenwasserstoffe vor?

Die weitaus wichtigste Quelle von Kohlenwasserstoffen ist das natürliche Erdöl. Chemisch gesehen handelt es dabei um ein Gemisch aus einer grossen Zahl verschiedener Kohlenwasserstoffe. In Raffinerien wird das rohe Erdöl in verschiedene technisch verwendbare Fraktionen zerlegt. Die bekanntesten davon sind Benzin, Kerosin, Dieselöl und Heizöl. Diese Produkte sind also ebenfalls Gemische von Kohlenwasserstoffen.

Aus gewissen Rückständen der Erdöldestillation können zudem Paraffine gewonnen werden. Dabei handelt es sich um feste oder flüssige Gemische von Kohlenwasserstoffen, die farblos, geruchslos und geschmackslos sind. In kleineren Mengen findet man Kohlenwasserstoffe auch in den Wachsschichten, welche die Oberflächen vieler bekannter Früchte schützen.

Beispiele von Kohlenwasserstoffen



- 1.1 Gegeben sind fünf Kohlenwasserstoffe: Pentan, Octan, Cyclohexan, Toluol und Hexadecan. Unterziehen Sie diese Stoffe einer Prüfung durch ihre Sinne und tragen Sie die Ergebnisse in die folgende Tabelle ein! Schlagen Sie zudem die Siedepunkte im aufliegenden "Chemikerkalender" nach! Überprüfen Sie die Brennbarkeit der fünf Stoffe, indem Sie je eine kleine Probe in je einer Porzellanschale zu entzünden versuchen!

	<i>AZ</i>	<i>Farbe</i>	<i>Geruch</i>	<i>Sdp</i>	<i>B</i>
<i>Pentan</i>					
<i>Octan</i>					
<i>Cyclohexan</i>					
<i>Toluol</i>					
<i>Hexadecan</i>					

AZ : Aggregatzustand bei Normalbedingungen
 Sdp : Siedepunkt
 B : Brennbarkeit

Wozu werden Kohlenwasserstoffe verwendet?

In Form von Erdöl und den daraus resultierenden Handelsprodukten Benzin, Kerosin, Dieselöl und Heizöl dienen die Kohlenwasserstoffe als die wohl wichtigste Energiequelle der modernen Zivilisation.

In der chemischen Industrie dienen Kohlenwasserstoffe als Lösemittel für chemische Reaktionen, zum Extrahieren von fettähnlichen Stoffen und als leicht erhältliche und kostengünstige Ausgangsstoffe für Synthesen.

Auch bei den für die Funktion von Maschinen und Motoren wichtigen Schmiermitteln handelt es sich in der Regel um mehr oder weniger komplexe Gemische von Kohlenwasserstoffen.

Das bereits weiter oben erwähnte Paraffin findet vielseitige Verwendung zur Herstellung von Salben, Cremes, Kerzen, Fußbodenpflegemitteln, Möbelpolituren, Autopflegemitteln, gewachstem Papier, Baumwachs, Modelliermassen und Malstiften.

Die speziellen Eigenschaften des Kohlenstoffatoms

Kohlenstoffatome neigen dazu, lange Ketten mit ihresgleichen zu bilden. Dadurch nehmen sie unter allen andern Atomen eine Sonderstellung ein: Normalerweise sind kovalente Bindungen zwischen zwei Atomen der selben Sorte wenig stabil.

Als Vertreter der vierten Hauptgruppe haben Kohlenstoffatome zudem die Fähigkeit, je vier kovalente Einfachbindungen einzugehen. Das bedeutet, dass auch beliebig verzweigte Ketten von Kohlenstoff-Atomen möglich sind.

Als Konsequenz daraus existiert eine riesige Anzahl verschiedener Kohlenwasserstoffe.

Physikalische und chemische Stoffeigenschaften

Grundsätzlich unterscheidet man bei einem Stoff zwischen den physikalischen und den chemischen Stoffeigenschaften.

Eine Stoffeigenschaft wird als physikalisch bezeichnet, wenn sie gemessen werden kann, ohne dass dabei neue Stoffe gebildet werden. Eine Stoffeigenschaft wird als chemisch bezeichnet, wenn im Zusammenhang mit ihrer Messung neue Stoffe gebildet werden.

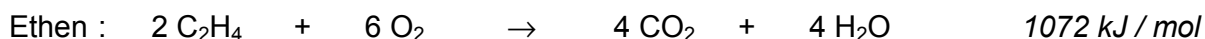


- 1.1 Welche der folgenden Stoffeigenschaften sind physikalischer, welche chemischer Art?

Brechzahl, Brennbarkeit, Dichte, Giftigkeit, Härte, Lichtehtheit, Säurebeständigkeit, Schmelzpunkt, Siedepunkt.

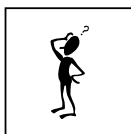
Chemische Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe

Die wichtigste chemische Eigenschaft der Kohlenwasserstoffe ist ihre Brennbarkeit. Die damit verbundene Abgabe von Energie ist der Grund, weshalb das Erdöl zu einem der begehrtesten Rohstoffe gehört. Die Verbrennung ist chemisch gesehen eine Reaktion mit Sauerstoff aus der Luft. Die Produkte sind Kohlenstoffdioxid und Wasser. Als Beispiel seien die Reaktionsgleichungen für die Verbrennung von drei besonders einfachen Kohlenwasserstoffen angegeben:



Bei den *kursiv* gedruckten Zahlen hinter den Gleichungen handelt es sich um die sogenannten Reaktionsenergien. Darunter versteht man die Energiemengen, die bei der Verbrennung von jeweils einem Mol des betreffenden Stoffs freigesetzt werden.

Neben der Verbrennung zeigen die Kohlenwasserstoffe noch eine ganze Reihe weiterer chemischer Reaktionen. Im Vergleich zu anderen Stoffklassen der organischen Chemie sind sie aber ausgesprochen reaktionsträge. Das liegt zum einen daran, dass sie keine stark polaren Bindungen enthalten und zum andern, dass ihre C-Ketten durch die vielen H-Atome gut gegen äussere Angriffe abgeschirmt werden.



1.2 Stellen Sie die chemischen Gleichungen auf für die Verbrennung der folgenden Kohlenwasserstoffe:

- a) CH_4 b) C_5H_{10} c) C_5H_{12} d) C_6H_{14}

1.3 Verbrennt man Ethan, Ethen und Ethin unter den genau gleichen Bedingungen, so liefert Ethin die heisseste Flamme. Dies ist ziemlich überraschend angesichts der Tatsache, dass Ethin von allen drei Stoffen die kleinste Reaktionsenergie aufweist. Haben Sie eine Erklärung für den Widerspruch ?

Physikalische Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe

Eine detaillierte Besprechung der physikalischen Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe ist erst nach Einführung der Nomenklaturregeln möglich. Was aber allgemein gesagt werden kann: Kohlenwasserstoffe sind bei Raumtemperatur meist flüssig oder fest. Sie sind typischerweise farblos und riechen oft benzinartig. Die Schmelz- und Siedepunkte liegen tiefer als jene von andern Stoffen mit ähnlich grossen Molekülen. Ihre Dichten sind ebenfalls relativ klein.

2 Die graphische Darstellung

Was erfahren Sie in diesem Kapitel?

Kohlenwasserstoffe sind molekulare Stoffe. Ihre chemisch relevanten Teilchen sind also Moleküle. Damit diese Moleküle richtig benannt werden können muss zuerst ihre chemische Struktur und ihr räumlicher Bau in eine verbindlich interpretierbare graphische Darstellung umgesetzt werden. Im folgenden Kapitel lernen Sie die verschiedenen Möglichkeiten zur graphischen Darstellung eines Kohlenwasserstoff-Moleküls kennen. Dabei benötigen Sie ihre früher erworbenen Kenntnisse von der räumlichen Geometrie der chemischen Bindungen.

Wie gehen Sie vor, um dieses Kapitel zu bearbeiten?

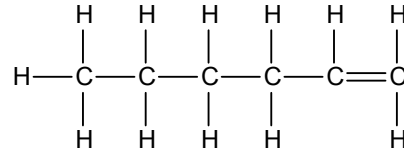
Lesen Sie die vorgegebenen Texte aufmerksam durch. Nach jedem Abschnitt sind Kontrollfragen eingestreut. Versuchen Sie die Aufgaben selbständig zu lösen. Zur Bestätigung können Sie die Antworten im Lösungsordner nachschauen. Wenn Sie alle Kontrollaufgaben gut gelöst haben, melden Sie sich bei der Lehrperson. Sie wird Ihnen wiederum einige Testfragen stellen.

Um den Test bestehen zu können, müssen Sie folgende Lernziele erreichen:

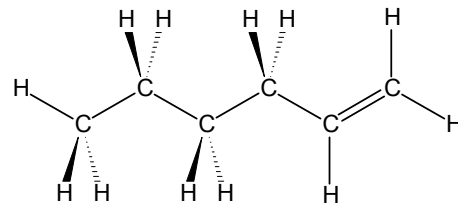
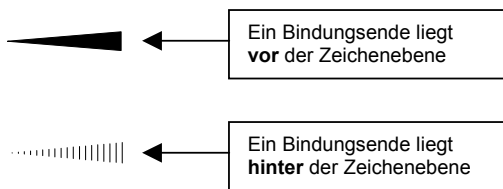
- Sie kennen vier Varianten zur graphischen Darstellung eines Kohlenwasserstoff-Moleküls.
- Sie können die einzelnen Varianten ineinander umwandeln.

Kohlenwasserstoff-Moleküle lassen sich auf verschiedene Arten grafisch darstellen. Die wichtigsten davon werden im Folgenden vorgestellt:

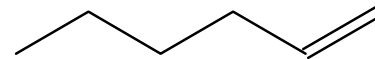
- Die Lewisformel: Sie zeigt an, auf welche Art die Atome des Moleküls verknüpft sind. Die räumliche Anordnung der Atome wird nicht korrekt wiedergegeben. Man kann sich also nicht darauf verlassen, dass die aufgezeichneten Bindungslängen und Bindungswinkel der Realität entsprechen.



- Die Keilformel: Sie bringt so gut als möglich die räumliche Anordnung der Atome zum Ausdruck. Bindungen, die nicht in der Zeichenebene liegen, werden als Keile dargestellt:

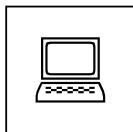


- Die Skelettformel: Sie ist eine vereinfachte Keilschreibweise. Es werden nur noch die C-C-Bindungen dargestellt, da ja das restliche Molekül jederzeit rekonstruiert werden kann.



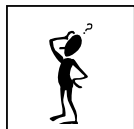
- Die Summenformel: Sie gibt lediglich an, wie viele C-Atome und wie viele H-Atome im Molekül vorhanden sind. Dabei müssen die C-Atome immer vor den H-Atomen genannt werden.



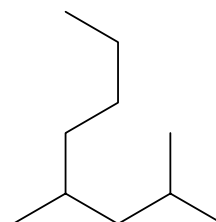
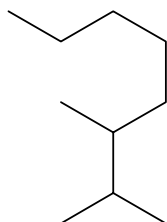
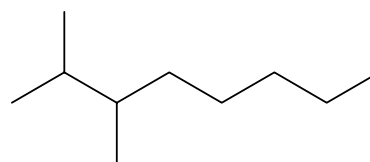
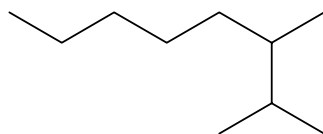
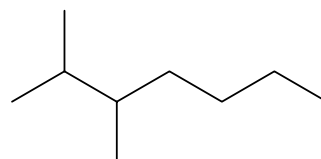
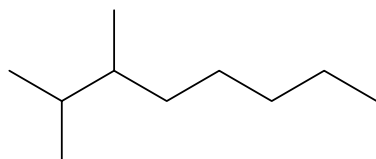


- 2.1 Von der Lehrperson wird Ihnen ein Computer und ein Datenträger mit der Powerpoint-Datei **nomenklatur1.pps** zur Verfügung gestellt.

Wenn Sie die Datei öffnen, können Sie am Beispiel einer bekannten Droge noch einmal mitverfolgen, wie man von der Keilformel zur Skelettformel gelangt.



- 2.1 Gemäss der Theorie der kovalenten Bindungen herrscht um jede C-C-Einfachbindung freie Drehbarkeit. Kohlenwasserstoff-Moleküle sind von daher sehr beweglich. Logischerweise kann man ein bestimmtes Kohlenwasserstoff-Molekül auf sehr viele Arten aufzeichnen. Die folgenden Skelettformeln stellen bis auf eine Ausnahme alle das selbe Molekül dar. Welches Molekül ist hier fehl am Platz?





2.2 Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!
Bauen Sie das Molekül mit einem Molekülbaukasten zusammen!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel

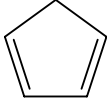


2.3 Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!
Bauen Sie das Molekül mit einem Molekülbaukasten zusammen!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel

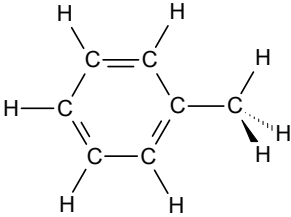


- 2.4 Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!
Bauen Sie das Molekül mit einem Molekülbaukasten zusammen!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	



- 2.5 Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!
Bauen Sie das Molekül mit einem Molekülbaukasten zusammen!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	

3 Die Benennung der Kohlenwasserstoffe

Was erfahren Sie in diesem Kapitel?

Zuerst lernen Sie, was man unter Alkanen, Alkenen, Alkinen und Aromaten zu verstehen hat. Damit sind die Vorbereitungen abgeschlossen: Sie können endlich daran gehen, erste Beispiele von Kohlenwasserstoff-Moleküle zu benennen. Dabei erfahren Sie schrittweise die Grundprinzipien der chemischen Nomenklatur.

Wie gehen Sie vor, um dieses Kapitel zu bearbeiten?

Lesen Sie die vorgegebenen Texte aufmerksam durch. Nach jedem Abschnitt sind Kontrollfragen eingestreut. Versuchen Sie die Aufgaben selbständig zu lösen. Zur Bestätigung können Sie die Antworten im Lösungsordner nachschauen. Wenn Sie alle Kontrollaufgaben gut gelöst haben, melden Sie sich bei der Lehrperson. Sie wird Ihnen wiederum einige Testfragen stellen.

Um den Test bestehen zu können, müssen Sie folgende Lernziele erreichen:

- Sie können erklären, was Alkane, Alkene, Alkine und Aromaten sind.
- Sie kennen die Namen der ersten 16 unverzweigten Alkane auswendig.
- Sie können verzweigte Alkane benennen und aufzeichnen.
- Sie können unverzweigte Alkene benennen und aufzeichnen.
- Sie können unverzweigte Alkine benennen und aufzeichnen.
- Sie wissen, in welchen Aggregatzuständen die unverzweigten Alkane bei Raumtemperatur vorliegen.

Vorbemerkung

Das heute gültige Regelwerk zur Benennung der Kohlenwasserstoff-Moleküle ist in einer Sprache formuliert, die für den Anfänger nicht verständlich ist. Ähnlich wie die Sprache der Juristen kann sie nur vor dem Hintergrund einer fundierten Ausbildung verstanden werden.

Deshalb wählen wir hier einen anderen Zugang, nämlich den des "learning by doing". Das heisst, wird beginnen damit, ganz einfache Beispiele von Molekülen zu benennen. Dabei ergeben sich wie von selbst gewisse Einsichten und ein erstes Gefühl für die dahinter verborgenen Regeln.

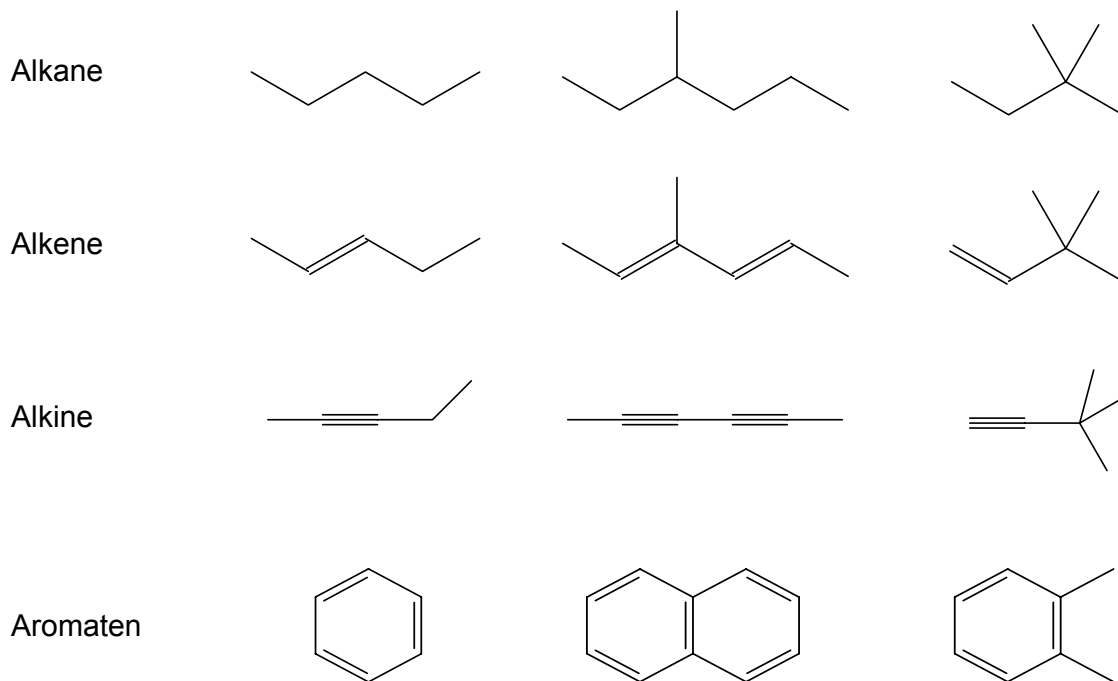
Dabei nehmen wir bewusst in Kauf, dass unsere Erkenntnisse nur in einem beschränkten Rahmen anwendbar sind. Mit der Zeit werden Fragen auftauchen, auf die wir keine Antworten geben können. Aber wir werden sicher so weit kommen, dass wir einfachere Beispiele von Kohlenwasserstoff-Molekülen absolut korrekt benennen können.

Für jene Studierenden, die sich damit nicht zufrieden geben, sind dann im Additum die ausführlichen Regeln in der Fachsprache der Chemie formuliert. Es wird dann spannend sein, die zuvor selbst entdeckten Gesetzmässigkeiten im Rahmen der wissenschaftlich korrekten Formulierung wieder zu finden.

Die Einteilung der Kohlenwasserstoffe

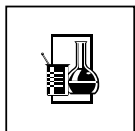
Die Benennung der Kohlenwasserstoffe beruht auf einer Einteilung in vier Unterklassen:

- Alkane : Ihre Moleküle weisen ausschliesslich C-C-Einfachbindungen auf
- Alkene : Ihre Moleküle weisen mindestens eine C-C-Doppelbindung auf
- Alkine : Ihre Moleküle weisen mindestens eine C-C-Dreifachbindung auf
- Aromaten : Ihre Moleküle weisen delokalisierte Elektronen auf. Darunter versteht man Elektronen, die über grössere Teilbereiche eines Moleküls frei beweglich sind. Die Benennung der Aromaten erfolgt nach eigenen Regeln und wird in diesem Programm nicht besprochen.



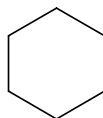
Die dargestellten Alkine entsprechen den darüber abgebildeten Alkanen und Alkenen. Im Gegensatz zu diesen weisen sie im Bereich der Dreifachbindungen eine lineare Struktur auf. Das liegt daran, dass bei einer Dreifachbindung die vier beteiligten Atomzentren immer auf einer Geraden liegen.

Der einfachste aller Kohlenwasserstoffe heisst Methan und hat die Summenformel CH_4 . Obwohl in einem Methan-Molekül gar keine C-C-Bindung vorkommt, wird Methan zu den Alkanen gezählt.

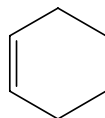


- 3.1 Eine verdünnte wässrige Lösung von Brom wird im Fachjargon als "Bromwasser" bezeichnet. Alkene und Alkine können Bromwasser entfärben, während Alkane diese Eigenschaft nicht aufweisen.

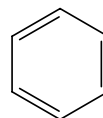
Gegeben sind ein typisches Alkan, ein typisches Alken und ein typischer Aromat:



Cyclohexan



Cyclohexen



Benzol

Es soll untersucht werden, ob sich diese drei Kohlenwasserstoffe gegenüber Bromwasser wie erwartet verhalten. Achtung: Benzol und Brom sind stark giftig. Ihre Dämpfe sollten möglichst nicht eingeatmet werden!

Im eingeschalteten Abzug werden drei Reagenzgläser (RG) mit den folgenden Inhalten vorbereitet:

RG 1 : 1 ml Cyclohexan

RG 2 : 1 ml Cyclohexen

RG 3 : 1 ml Benzol

Zu jedem RG wird aus einer Pipette je 1 ml Bromwasser zugegeben.

Die RG werden mit Gummistopfen versehen und kräftig geschüttelt. Bei welchen Stoffen tritt Entfärbung ein, bei welchen nicht?

Halten Sie das Ergebnis schriftlich fest! Worauf beruht die allfällige Entfärbung? Stellen Sie eine Hypothese auf!

Die Benennung der Alkane

a) Die Benennung der unverzweigten Alkane

In der folgenden Tabelle sind die Namen, die Summenformeln und die Skelettformeln für die ersten sechszehn unverzweigten Alkane angegeben:

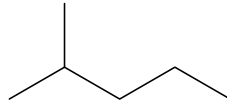
Methan	CH ₄	
Ethan	C ₂ H ₆	
Propan	C ₃ H ₈	
Butan	C ₄ H ₁₀	
Pentan	C ₅ H ₁₂	
Hexan	C ₆ H ₁₄	
Heptan	C ₇ H ₁₆	
Octan	C ₈ H ₁₈	
Nonan	C ₉ H ₂₀	
Decan	C ₁₀ H ₂₂	
Undecan	C ₁₁ H ₂₄	
Dodecan	C ₁₂ H ₂₆	
Tridecan	C ₁₃ H ₂₈	
Tetradecan	C ₁₄ H ₃₀	
Pentadecan	C ₁₅ H ₃₂	
Hexadecan	C ₁₆ H ₃₄	

- Die Namen der ersten vier unverzweigten Alkane sind historisch bedingt. Deshalb müssen sie auswendig gelernt werden. Die Namen der längerkettigen Vertreter basieren auf den Zahlwörtern *un*, *do*, *tri*, *tetra*, *penta*, *hexa*, *hepta*, *octa*, *nona*, *deca*. Man kann sie also leicht im Gedächtnis behalten.
- Man beachte, dass sich ein unverzweigtes Alkan durch die allgemeine Formel C_nH_{2n+2} darstellen lässt.

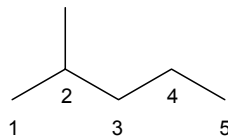
b) Die Benennung der verzweigten Alkane

Einleitung Die Namen der unverzweigten Kohlenwasserstoffe sind nun bekannt. Wie aber werden die verzweigte Kohlenwasserstoffe benannt? Dazu einige Beispiele:

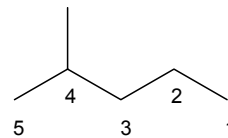
Beispiel 1 Man benenne



- Der Name eines verzweigten Alkans basiert immer auf der sogenannten Stammkette, das heisst der längsten Kette von C-Atomen im betreffenden Molekül. Sie bekommt den gleichen Namen wie das entsprechende unverzweigte Alkan.
- Die C-Atome der Stammkette werden durchnummeriert. Der Beginn der Nummerierung ist so zu wählen, dass man möglichst schnell zu einer Abzweigung gelangt.



richtig



falsch

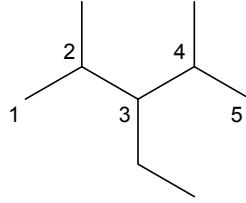
- Eine Seitenkette wird ebenfalls gemäss ihrer Länge bezeichnet, aber die Endsilbe **an** wird durch die Endsilbe **yl** ersetzt.

Seitenkette mit 1 C-Atom : **Methyl**
 Seitenkette mit 2 C-Atomen : **Ethyl**
 Seitenkette mit 3 C-Atomen : **Propyl** usw.

- Der Name eines verzweigten Alkans wird gebildet, indem zuerst die Seitenkette und anschliessend die Stammkette genannt wird.
- Um klarzustellen, wo die Seitenkette abzweigt, stellt man vor ihren Namen die Nummer der Verzweigungsstelle.
- Es wird jeweils nur der erste Buchstabe gross geschrieben.

Das Molekül heisst also **2-Methylpentan**.

Beispiel 2 Man benenne



- Sind mehrere Seitenketten vorhanden, so werden ihre Namen in einer alphabetischen Reihenfolge vor dem Namen der Stammkette aufgeführt. Zum Beispiel: Ethyl-Hexyl-Methyl-Propyl- .
- Tritt die selbe Seitenkette mehrmals auf, so wird ihrem Namen eine darauf hinweisende Silbe vorangestellt:

di : Kette kommt 2 mal vor

tri : Kette kommt 3 mal vor

tetra : Kette kommt 4 mal vor

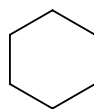
penta : Kette kommt 5 mal vor

hexa : Kette kommt 6 mal vor usw.

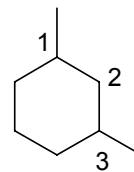
Diese Vorsilbe hat aber keinen Einfluss auf die alphabetische Reihenfolge, in der die Seitenketten genannt werden müssen.

Das Molekül heisst also **3-Ethyl-2,4-dimethylpentan**.

Beispiel 3 Man benenne



und

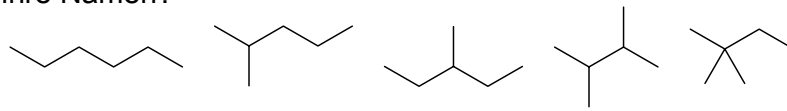


- Ist die Hauptkette in sich geschlossen, so wird ihrem Namen die Silbe **cyclo** vorangestellt.

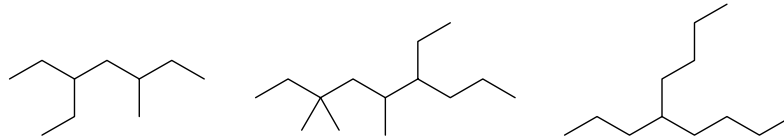
Die Namen sind also **Cyclohexan** und **1,3-Dimethylcyclohexan**.



3.1 Die folgende Abbildung zeigt sämtliche Kohlenwasserstoff-Moleküle, die zur Summenformel C_6H_{14} gezeichnet werden können. Wie lauten ihre Namen?



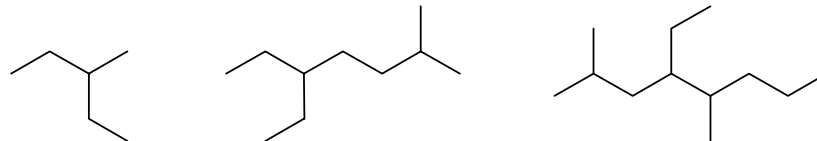
3.2 Benennen Sie auch die folgenden Moleküle:



3.3 Zeichnen Sie die Strukturen der folgenden Moleküle auf:

- 2,2,4-Trimethylpentan
- 3-Ethyl-2-methyl-4-propyloctan
- 2,2-Dimethylpropan

3.4 Die folgenden Moleküle sind falsch benannt. Warum?



2-Ethylbutan

3-Ethyl-6-methylheptan

2-Methyl-4-ethyl-5-methyloctan

3.5 Benennen Sie die folgenden Moleküle:

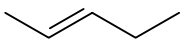
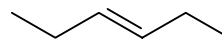


3.6 Zeichnen Sie die Strukturen der folgenden Moleküle auf:

- Methylcyclohexan
- 1-Ethyl-2-methylcyclopropan

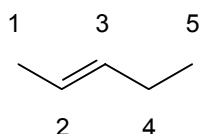
Die Benennung unverzweigter Alkene

Einleitung Die Benennung entspricht weitgehend derjenigen der entsprechenden Alkane. Es ist aber wichtig, dass die Position einer vorhandenen Doppelbindung klar zum Ausdruck gebracht wird.

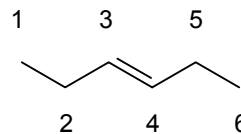
Beispiel 4 Man benenne  und 

- Eine Doppelbindung in einem Kohlenwasserstoff-Molekül wird dadurch angezeigt, dass im Namen der Stammkette die Endung **an** durch die Endung **en** ersetzt wird.
- Die genaue Lage einer Mehrfachbindung wird ähnlich wie bei Seitenketten durch die Nummer des entsprechenden C-Atoms angegeben. Sie wird unmittelbar vor die Silbe **en** gesetzt.

Die Moleküle heißen also:



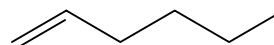
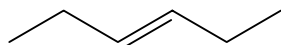
Pent-2-en



Hex-3-en



3.7 Benennen Sie die folgenden Moleküle:

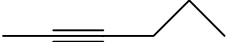
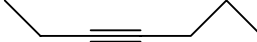


3.8 Zeichnen Sie die folgenden Moleküle auf:

- Cyclohexen
- Hept-3-en

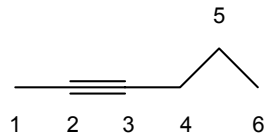
Die Benennung unverzweigter Alkine

Einleitung Die Benennung entspricht weitgehend derjenigen der entsprechenden Alkane. Es ist aber wichtig, dass die Position einer vorhandenen Dreifachbindung klar zum Ausdruck gebracht wird.

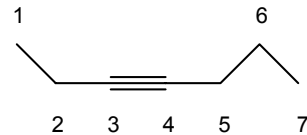
Beispiel 5 Man benenne  und 

- Eine Dreifachbindung in einem Kohlenwasserstoff-Molekül wird dadurch angezeigt, dass im Namen der Stammkette die Endung **an** durch die Endung **in** ersetzt wird.
- Die genaue Lage einer Mehrfachbindung wird ähnlich wie bei Seitenketten durch die Nummer des entsprechenden C-Atoms angegeben. Sie wird unmittelbar vor die Silbe **in** gesetzt.

Die Moleküle heißen also:



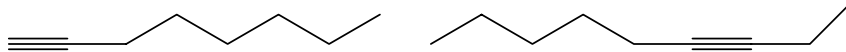
Hex-2-in



Hept-3-in



3.9 Benennen Sie die folgenden Moleküle:



3.10 Zeichnen Sie die folgenden Moleküle auf:

- Cycloheptin
- Hept-3-in

- 3.11 Nachdem Sie nun über die Namen der unverzweigten Alkane Bescheid wissen, können deren Aggregatzustände bei Raumtemperatur erörtert werden: Die folgende Tabelle zeigt die Schmelz- und Siedepunkte der unverzweigten Alkane von CH_4 bis $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$:

Formel	Name	Smp	Sdp	AZ bei RT
		°C	°C	
CH_4	Methan	- 182	- 164	
C_2H_6	Ethan	- 183	- 89	
C_3H_8	Propan	- 190	- 42	
C_4H_{10}	Butan	- 135	- 1	
C_5H_{12}	Pentan	- 130	36	
C_6H_{14}	Hexan	- 95	69	
C_7H_{16}	Heptan	- 91	98	
C_8H_{18}	Octan	- 57	126	
C_9H_{20}	Nonan	- 51	151	
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Decan	- 30	174	
$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	Undecan	- 26	196	
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	Dodecan	- 10	216	
$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	Tridecan	- 6	230	
$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	Tetradecan	6	251	
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	Pentadecan	10	268	
$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	Hexadecan	18	287	
$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	Heptadecan	22	302	
$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	Octadecan	29	319	
$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	Nonadecan	32	331	

Tragen Sie in letzte Spalte der Tabelle für jedes Alkan den bei Raumtemperatur herrschenden Aggregatzustand ein und fassen Sie dann den Inhalt der Tabelle in wenigen Worten zusammen!



- 3.12 Die Organisation, welche die Nomenklaturregeln herausgibt, wird IUPAC genannt. Sie lässt für gewisse einfach gebaute Kohlenwasserstoff-Moleküle nach wie vor Trivialnamen zu. Beispiele dafür sind Isobutan, Isopentan, Neopentan und Isohexan.

Laden Sie im Internet die folgende Homepage:

<http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/>

Suchen Sie innerhalb dieser Homepage nach den Strukturen für Isobutan, Isopentan, Neopentan und Isohexan!

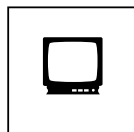
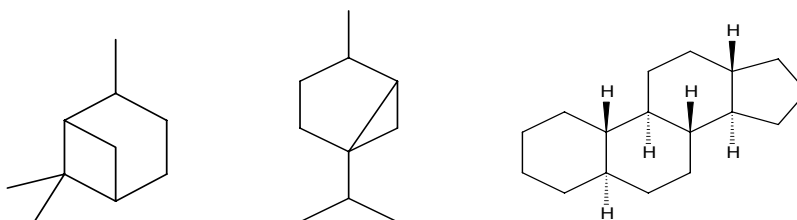


- 3.13 Die Nomenklatur-Regeln sind so clever konzipiert, dass sie auf beliebig kompliziert gebaute Kohlenwasserstoff-Moleküle anwendbar sind. Allerdings resultieren dabei oft sehr lange, nur mühsam zu schreibende Namen. Deshalb werden in solchen Fällen sogenannte Trivialnamen verwendet, die als Abkürzungen für eine komplexe Molekülstruktur verstanden werden können.

Im Arbeitszimmer liegt das folgende Buch bereit:

Hellwinkel Dieter, "Die systematische Nomenklatur der Organischen Chemie", Springer Verlag, Berlin, 1982.

Suchen Sie in diesem Buch nach den Trivialnamen für die folgenden Moleküle:



- 3.14 Von der Lehrperson wird Ihnen ein Computer und ein Datenträger mit der Powerpoint-Datei ***nomenklatur2.pps*** zur Verfügung gestellt.

Diese Datei erklärt Ihnen auf spielerische Art und Weise das Grundprinzip der chemischen Nomenklatur!

Additum

4 Erweiterte Nomenklaturregeln

Was erfahren Sie in diesem Kapitel?

Im letzten Kapitel haben Sie nach dem Konzept des "learning by doing" erfahren, wie man einfach gebaute Kohlenwasserstoff-Moleküle benennen muss. Es ist aber zu vermuten, dass dieses Konzept Ihren Ansprüchen nicht vollends genügt, denn bei komplizierter gebauten Molekülen lässt es viele Fragen offen. Wünschenswert sind verbindliche Regeln!

In diesem Kapitel haben Sie Gelegenheit, die Problematik der Nomenklatur auf der systematischen Ebene anzugehen. Das bisherige "learning by doing" wird ersetzt durch einen Satz verbindlicher Regeln. Sie basieren auf dem Lehrbuch von Dieter Hellwinkel, das auf der vorangehenden Seite zitiert ist.

Wie gehen Sie vor, um dieses Kapitel zu bearbeiten?

Lesen Sie die Regeln aufmerksam durch. Wiederum gibt es einige Kontrollfragen. Wie gewohnt versuchen Sie die Aufgaben selbständig zu lösen. Mit Hilfe des Lösungsordners kontrollieren Sie sich selbst. Wenn Sie alle Kontrollaufgaben gelöst haben, melden Sie sich bei der Lehrperson für die Testfragen stellen.

Um den Test bestehen zu können, müssen Sie folgende Lernziele erreichen:

- Sie beherrschen das Regelwerk zur Nomenklatur der Kohlenwasserstoffe.
- Sie können auch kompliziert gebaute Moleküle richtig benennen.
- Sie können zu einem vorgegebenen Molekülnamen die zugehörige chemische Struktur aufzeichnen.

Unverzweigte, acyclische Kohlenwasserstoffe ohne Mehrfachbindungen

Das gesamte Regelwerk basiert auf der Menge der offenkettigen, unverzweigten Kohlenwasserstoffe, die lediglich C-C-Einfachbindungen aufweisen.

Diese werden durch die allgemeine Summenformel C_nH_{2n+2} repräsentiert.

Die ersten vier Glieder dieser Reihe tragen folgende Trivialnamen:

- 1 Methan
- 2 Ethan
- 3 Propan
- 4 Butan

Ab $n = 5$ wird systematisch benannt, indem jeweils die Silbe **an** an eines der folgenden Zahlwörter angehängt wird:

- 5 Pentan
- 6 Hexan
- 7 Heptan
- 8 Octan
- 9 Nonan

Alle übrigen unverzweigten Kohlenwasserstoffe können durch Kombination der folgenden Zahlwörter gebildet werden:

- | | | | |
|---|-------|----|-------------|
| 1 | Hen | 10 | Decan |
| 2 | Do | 20 | Cosan |
| 3 | Tri | 30 | Triacontan |
| 4 | Tetra | 40 | Tetracontan |
| 5 | Penta | 50 | Pentacontan |
| 6 | Hexa | 60 | Hexacontan |
| 7 | Hepta | 70 | Heptacontan |
| 8 | Octa | 80 | Octacontan |
| 9 | Nona | 90 | Nonacontan |

Der unverzweigte Kohlenwasserstoff mit der Formel $C_{56}H_{114}$ heisst also Hexapentacontan.

Ausnahmen: $C_{11}H_{24}$ heisst Undecan, $C_{20}H_{42}$ heisst Eicosan.

Unverzweigte, acyclische Kohlenwasserstoffe mit Mehrfachbindungen

Bei acyclischen Kohlenwasserstoffen mit C-C-Doppelbindungen wird statt der Endsilbe **an** die Endsilbe **en** verwendet. Die Anzahl der Doppelbindungen wird durch die vorangestellten Zahlwörter di, tri, tetra, usw. angegeben.

Bei acyclischen Kohlenwasserstoffen mit C-C-Dreifachbindungen wird statt der Endsilbe **an** die Endsilbe **in** verwendet. Die Anzahl der Dreifachbindungen wird ebenfalls durch die vorangestellten Zahlwörter di, tri, tetra, usw. angegeben.

Die Endsilben **en** und **in** können auch kombiniert werden. Beispiel: Deca-2,4-dien-6-in.

Die Nummerierung der Ketten erfolgt so, dass die Mehrfachbindungen zusammen gesehen die kleinst möglichen Ziffern erhalten; hat man die Wahl, so sind Doppelbindungen gegenüber Dreifachbindungen bevorzugt.

Verzweigte, acyclische Kohlenwasserstoffe

Verzweigte acyclische Kohlenwasserstoffe werden wie folgt benannt: Man bestimmt die Hauptkette, der man dann die Seitenketten zuordnet.

Bei der Festlegung der Hauptkette hat man sich an folgende Prioritäten zu halten:

- a) Die Hauptkette muss die grösstmögliche Zahl an Mehrfachbindungen enthalten
- b) Ist Kriterium a) mehrdeutig oder gibt es gar keine Mehrfachbindungen, so entscheidet die grössere Anzahl an C-Atomen
- c) Hat man immer noch die Wahl, so bestimmt die grössere Zahl an Doppelbindungen die Hauptkette
- d) Ist immer noch keine Entscheidung möglich, so gewinnt die Kette mit den meisten Seitenketten

Die so definierte Hauptkette wird nun nach den für unverzweigte Systeme gegebenen Prinzipien durchnummeriert. Sind keine Mehrfachbindungen vorhanden, so wählt man die Nummerierung so, dass die Seitenketten zusammen gesehen die kleinst möglichen Ziffern erhalten.

Seitenketten werden gleich benannt wie die entsprechenden Hauptketten, aber an Stelle der Endsilbe **an** mit der Endsilbe **yl** versehen.

Zur endgültigen Bildung des Namens gelten die folgenden Regeln:

- a) Die vorhandenen Seitenketten werden in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.
- b) Vor jede Seitenkette wird eine Zahl geschrieben. Sie beruht auf der durchnummerierten Hauptkette und beschreibt die Position der Seitenkette.
- c) Tritt die selbe Seitenkette im Molekül mehrmals auf, so wird dies durch die Vorsilben di, tri, tetra, usw. angegeben. Für jede Seitenkette wird die Position durch eine separate Zahl angegeben; die Seitenkette selber wird nur einmal genannt.
- d) Die Aufzählung der Seitenketten wird mit der Nennung der Hauptkette abgeschlossen.
- e) Zwischen zwei Zahlen muss immer ein Komma stehen, zwischen einem Buchstaben und einer Zahl immer ein Bindestrich.
- f) Nur der allererste Buchstaben im gesamten Namen wird gross geschrieben.

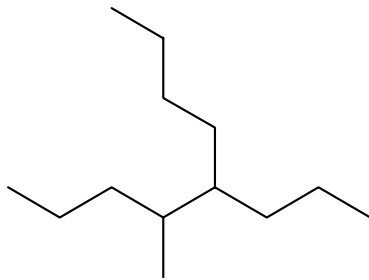
Cyclische Kohlenwasserstoffe

Die ausführlichen Regeln zur Benennung dieser Stoffklasse finden sich im Buch von Hellwinkel ab Seite 11.

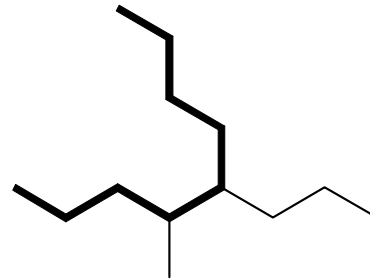
Aus zeitlichen Gründen ist nicht vorgesehen, dass Sie diese Regeln studieren.

Es macht mehr Sinn, wenn Sie die folgenden Beispiele analysieren und dann mit den Kontrollaufgaben weiterfahren.

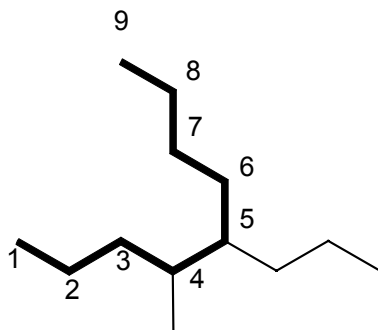
Beispiel 1



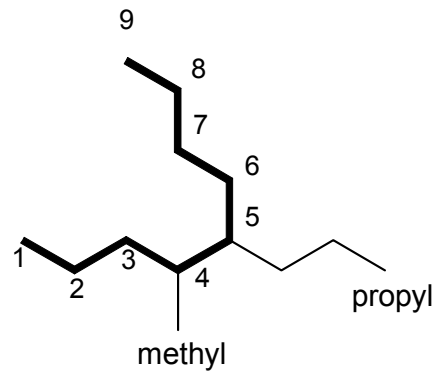
Das vorgegebene Molekül



1. Bestimmen der Stammkette



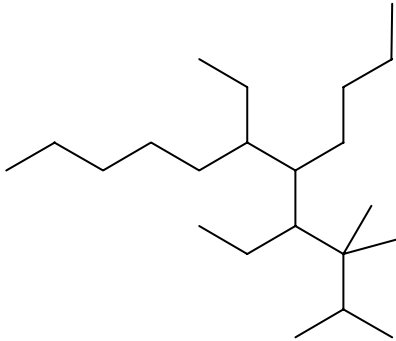
2. Nummerieren der Stammkette



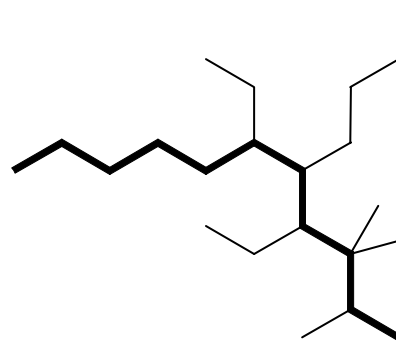
3. Benennen der Seitenketten

4. Konstruktion des Namens: 4 - Methyl - 5 - propylnonan

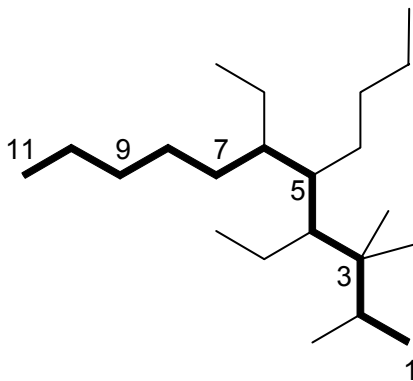
Beispiel 2



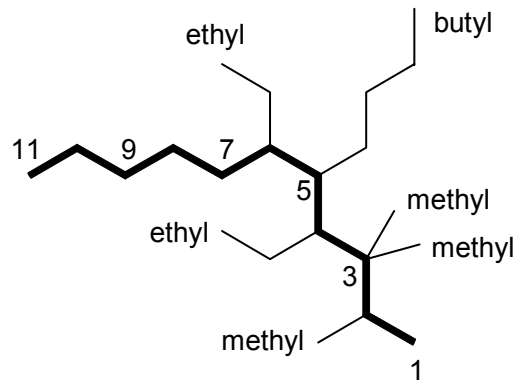
Das vorgegebene Molekül



1. Bestimmen der Stammkette



2. Nummerieren der Stammkette

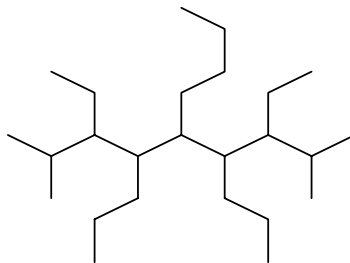
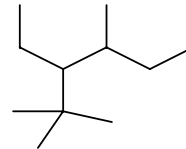
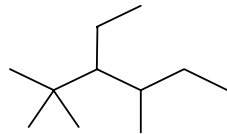


3. Benennen der Seitenketten

4. Konstruktion des Namens: 5 - Butyl - 4,6 - diethyl - 2,3,3 - trimethylundecan



4.1 Benennen Sie die folgenden Moleküle!



4.2 Zeichnen Sie Skelettformeln für die folgenden Moleküle auf!

3,3,4,5 - Tetramethyloctan

6 - Butyl - 4,6 - diethyl - 5 - propyltridecan

2,4,6,8,10,12,14,16,18 - Nonamethylcosan

5 Nomenklatur für Tierliebhaber

Was erwartet Sie in diesem Kapitel?

Dieses Kapitel stellt gewissermassen das Dessert für den mit allen Wassern gewaschenen Nomenklatur-Spezialisten dar.

Ein amerikanischer Chemiker hat sich den Spass erlaubt, einige sehr spezielle Kohlenwasserstoff-Moleküle aufzuzeichnen, die viel mehr an einen zoologischen Garten erinnern als an Chemie.

Und dann hat er diese Moleküle auch noch systematisch benannt. Was dabei herausgekommen ist, können Sie auf der nächsten Seite sehen.

Ihre Aufgabe ist es, herauszufinden, welche Körperteile der dargestellten Tiere durch welche Fragmente im chemischen Namen repräsentiert werden. Viel Spass beim Knobeln!

Wie gehen Sie vor, um dieses Kapitel zu bearbeiten?

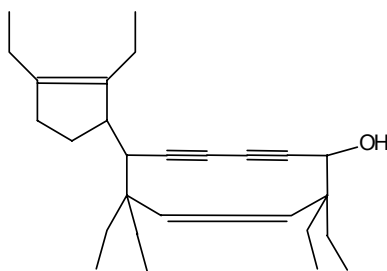
Da helfen nun gar keine Ratschläge. Die Lösung finden Sie nur, wenn Sie den totalen Durchblick haben! Immerhin bietet der Lösungsordner die Möglichkeit zur Kontrolle.

Braucht es jetzt noch einen Kapiteltest? Nein, denn wenn Sie dieses Problem gelöst haben, wird selbst die Lehrperson in Erfurcht erstarren!

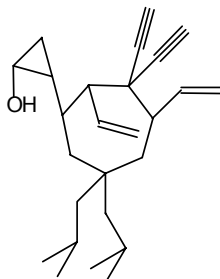


- 5.1 Obwohl die folgenden Moleküle noch nie synthetisiert wurden, hat sie ein amerikanischer Nomenklatur-Spezialist nach allen Regeln der Kunst benannt. Versuchen Sie herauszufinden, welcher Bruchteil des Namens zu welcher Teilstruktur im Molekül gehört!

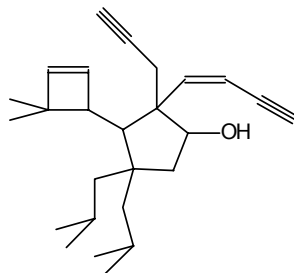
Hinweise: Für Dreifachbindungen wird hier die Silbe **yn** verwendet.
Die OH-Gruppe wird durch die Silbe **ol** markiert.



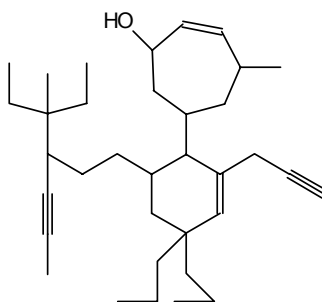
(Z)-6-(2,3-diethylcyclopent-2-enyl)-7,7,10,10-tetraethylcyclodec-8-en-2,4-diyn-1-ol



2-(3,3-diethynyl-2,4-divinyl-6,6-diisobutylcycloheptyl)cyclopropanol



(Z)-4,4-diisobutyl-3-(4,4-dimethylcyclobut-2-enyl)-2-prop-2-ynyl-2-but-1-en-3-ynylcyclopentanol

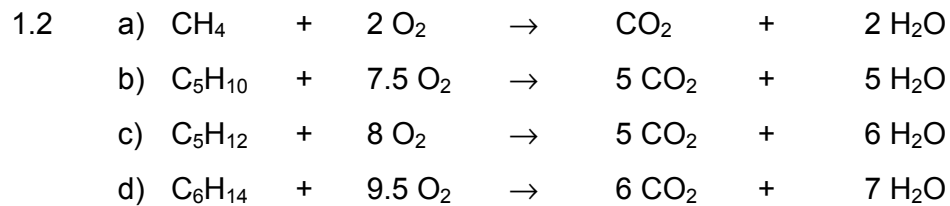


6-(6-(3-(1-ethyl-1-methylpropyl)hex-4-ynyl)-4,4-dipropyl-2-prop-2-ynylcyclohex-2-enyl)-4-methylcyclohept-2-en-1-ol

Anhang

A Lösungen der Kontrollaufgaben

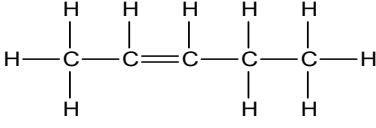
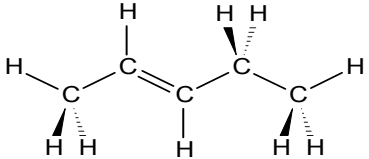
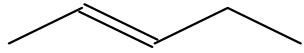
1.1	Brechzahl	physikalisch
	Brennbarkeit	chemisch
	Dichte	physikalisch
	Giftigkeit	chemisch
	Härte	physikalisch
	Lichteinheit	chemisch
	Säurebeständigkeit	chemisch
	Schmelzpunkt	physikalisch
	Siedepunkt	physikalisch



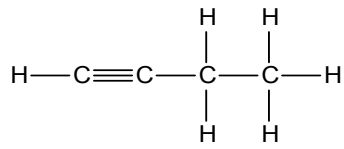
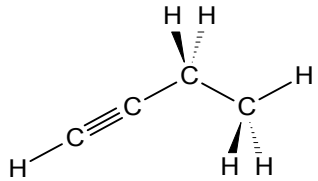
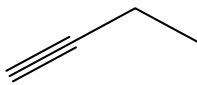
1.3 Ethin hat in Bezug auf seine Verbrennung zwar die kleinere Reaktionsenergie als Ethan oder Ethen, aber es hat auch die kleinste Aktivierungsenergie von allen dreien. Dies führt dazu, dass die Reaktionsenergie in einer sehr kurzen Zeitspanne freigesetzt werden kann. Dies wiederum führt zu einer ausserordentlich heißen Flamme.

2.1 Das Molekül unten rechts ist fehl am Platz.

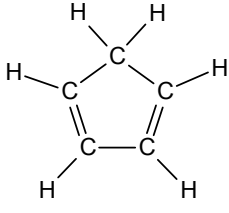
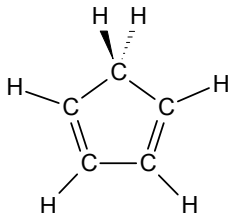
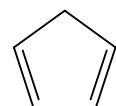
2.2

Summenformel	Lewisformel
C_5H_{10}	
Keilformel	Skelettformel
	

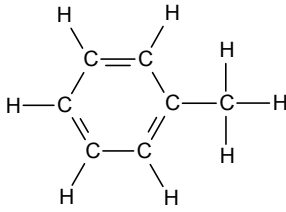
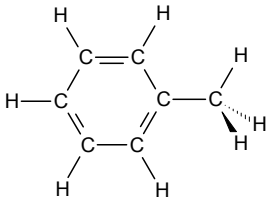
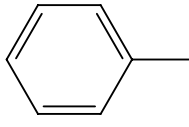
2.3

Summenformel	Lewisformel
C_4H_6	
Keilformel	Skelettformel
	

2.4

Summenformel	Lewisformel
C_5H_6	
Keilformel	Skelettformel
	

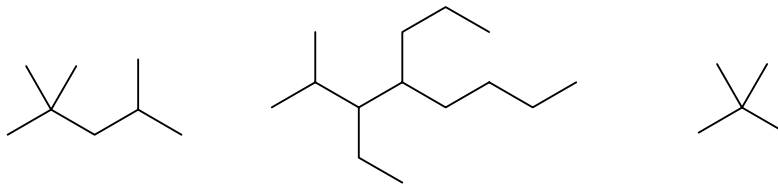
2.5

Summenformel	Lewisformel
C_7H_8	
Keilformel	Skelettformel
	

3.1 Hexan
 2-Methylpentan
 3-Methylpentan
 2,3-Dimethylbutan
 2,2-Dimethylbutan

3.2 3-Ethyl-5-methylheptan
 6-Ethyl-3,3,5-trimethylnonan
 5-Propylnonan

3.3



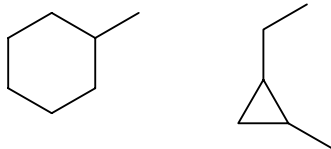
3.4 3-Methylpentan: Falsche Stammkette.

5-Ethyl-2-methylheptan: Die Stammkette ist von der falschen Seite her durchnummeriert.

4-Ethyl- 2,5-dimethyl-octan: Die beiden Methylgruppen müssen durch ein Zahlwort zusammengefasst werden. Die Seitenketten müssen alphabetisch geordnet sein.

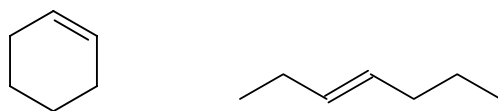
3.5 Ethylcyclooctan
 1,2-Diethyl-3-methylcyclohexan

3.6



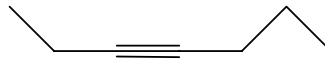
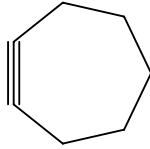
3.7 Hex-3-en
 Hex-1-en

3.8



3.9 Oct-1-in
Non-3-in

3.10



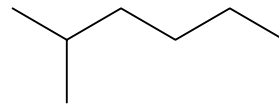
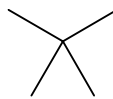
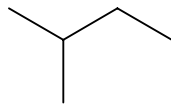
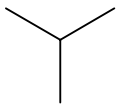
3.11 Merksatz für unverzweigte Alkane: Je kürzer die C-Kette, desto tiefer der Schmelz- und der Siedepunkt.

Methan bis und mit Butan : bei RT gasförmig

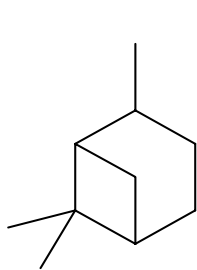
Pentan bis und mit Hexadecan : bei RT flüssig

ab Heptadecan : bei RT fest

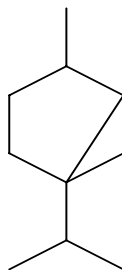
3.12



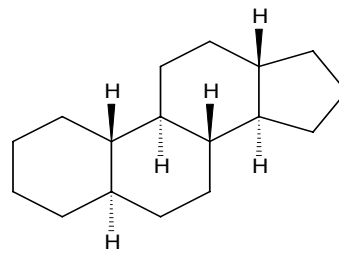
3.13 Ab Seite 129 des angegebenen Buches findet man:



Pinan

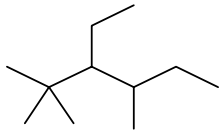


Thujan

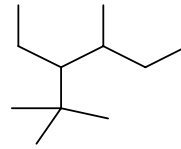


5 α -Gonan

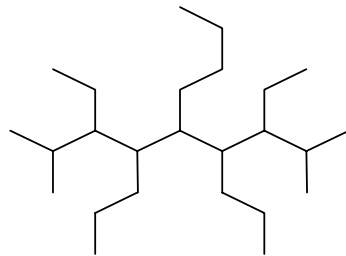
4.1 Benennung von Molekülen



3 - Ethyl - 2,2,4 - trimethylhexan

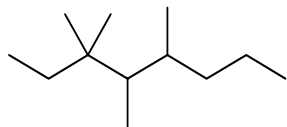


3 - Ethyl - 2,2,4 - trimethylhexan

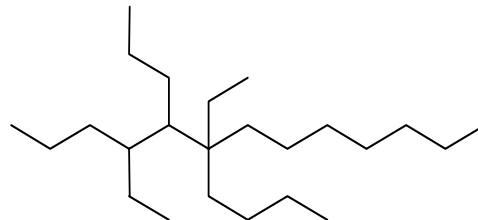


5 - Butyl - 3,7 - diethyl - 2,8 - dimethyl - 4,6 - dipropylnonan

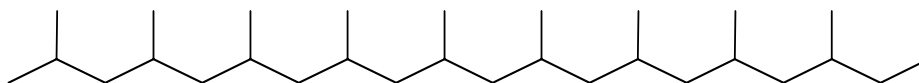
4.2 Skelettformeln von Molekülen



3,3,4,5 - Tetramethyloctan



6 - Butyl - 4,6 - diethyl - 5 - propyltridecan



2,4,6,8,10,12,14,16,18 - Nonamethylcosan

5.1 "Kuh"

cyclodec-8-en-2,4-diyne-1-ol
 7,7,10,10-tetraethyl
 cyclopent-2-enyl
 2,3-diethyl

Rumpf und Schwanz
 Beine
 Kopf
 Hörner

"Truthahn"

cyclopropanol
 3,3-diethynyl
 2,4-divinyl
 6,6-diisobutyl
 cycloheptyl

Kopf
 Flügel mit drei Federn
 Flügel mit zwei Federn
 Füße
 Rumpf

"Huhn"

cyclopentanol
 4,4-diisobutyl
 4,4-dimethylcyclobut-2-enyl
 2-prop-2-ynyl
 2-but-1-en-3-ynyl

Rumpf
 Beine
 Kopf
 kürzerer Flügel
 längerer Flügel

"Teufelchen"

4-methyl-cyclohept-2-en-1-ol
 cyclohex-2-enyl
 2-prop-2-ynyl
 4,4-dipropyl
 (6-(3-(1-ethyl-1-methylpropyl)-hex-4-ynyl)

Kopf
 Rumpf
 linker Arm
 Beine
 rechter Arm samt Dreizack

B Kapiteltests mit Lösungen

Kapiteltest 1.1

- 1.1.1 Was versteht man unter einem Kohlenwasserstoff?
- 1.1.2 Warum ist die Zahl der denkbaren Kohlenwasserstoffe unbegrenzt gross?
- 1.1.3 Stellen Sie die chemische Gleichung auf für die Verbrennung von CH_4 !

Kapiteltest 1.2

- 1.2.1 Stellen Sie die chemische Gleichung auf für die Verbrennung von C_5H_{10} !
- 1.2.2 Wo in der Natur kommen Kohlenwasserstoffe in sehr grossen Mengen vor?
- 1.2.3 Welche der folgenden Summenformeln repräsentieren Kohlenwasserstoffe?
 C_3H_8 , $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$, H_2SO_4 , C_4H_{10} , $\text{C}_4\text{H}_9\text{F}$, C_8H_{10} , HNO_3 ?

Kapiteltest 1.3

- 1.3.1 Was wissen Sie über die physikalischen Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe?
- 1.3.2 Was versteht man unter Paraffinen?
- 1.3.3 Stellen Sie die chemische Gleichung auf für die Verbrennung von C_5H_{12} !

Kapiteltest 1.4

- 1.4.1 Was wissen Sie über die chemischen Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe?
- 1.4.2 Stellen Sie die chemische Gleichung auf für die Verbrennung von C_6H_{14} !
- 1.4.3 Wozu wird Paraffin in der Praxis verwendet?

Lösungen zum Kapiteltest 1.1

- 1.1.1 Unter einem Kohlenwasserstoff versteht man eine chemische Verbindung, deren Moleküle ausschliesslich aus C- und H-Atomen aufgebaut sind. Formel: C_xH_y .
- 1.1.2 Kohlenstoffatome können lange Ketten mit ihresgleichen bilden. Zudem haben sie die Fähigkeit, vier kovalente Einfachbindungen einzugehen. Das bedeutet, dass von jedem Kohlenstoff-Atom in einer Kette zwei Seitenketten abzweigen können.
- 1.1.3 $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$

Lösungen zum Kapiteltest 1.2

- 1.2.1 $C_5H_{10} + 7.5 O_2 \rightarrow 5 CO_2 + 5 H_2O$
- 1.2.2 Kohlenwasserstoffe kommen in grossen Mengen vor in rohem Erdöl und in den daraus gewonnenen Handelsprodukten: Benzin, Kerosin, Dieselöl, Heizöl.
- 1.2.3 C_3H_8 C_4H_{10} C_8H_{10}

Lösungen zum Kapiteltest 1.3

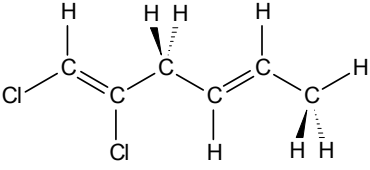
- 1.3.1 Kohlenwasserstoffe sind bei Raumtemperatur meistens flüssig oder fest. Sie sind farblos und riechen oft benzinartig. Die Schmelz- und Siedepunkte sind relativ niedrig. Die Dichten sind relativ klein.
- 1.3.2 Unter Paraffinen versteht man feste oder flüssige Gemische von Kohlenwasserstoffen, die aus Rückständen der Erdöldestillation gewonnen werden. Sie sind farblos, geruchslos und geschmackslos.
- 1.3.3 $C_5H_{12} + 8 O_2 \rightarrow 5 CO_2 + 6 H_2O$

Lösungen zum Kapiteltest 1.4

- 1.4.1 Kohlenwasserstoffe sind gut brennbar, aber ansonsten ausgesprochen reaktionsträge. Das liegt zum einen daran, dass sie keine stark polaren Bindungen enthalten und zum andern, dass ihre C-Ketten durch die vielen H-Atome gut gegen äussere Angriffe abgeschirmt werden.
- 1.4.2 $C_6H_{14} + 9.5 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 7 H_2O$
- 1.4.3 Paraffin findet Verwendung zur Herstellung von Salben, Cremes, Kerzen, Fußbodenpflegemitteln, Möbelpolituren, Autopflegemitteln, Linoleum, gewachstem Papier, Käsewachsen, Hahnfetten, Baumwachs, Modelliermassen und Malstiften.

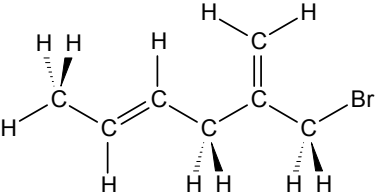
Kapiteltest 2.1

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	

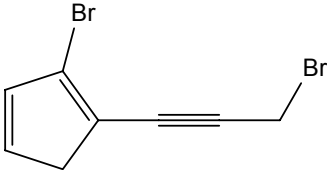
Kapiteltest 2.2

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	

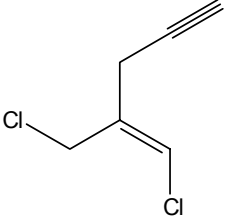
Kapiteltest 2.3

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	

Kapiteltest 2.4

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
Keilformel	Skelettformel
	

Lösung zum Kapiteltest 2.1

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
$C_6H_8Cl_2$	
Keilformel	Skelettformel

Lösung zum Kapiteltest 2.2

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
$C_7H_{11}Br$	
Keilformel	Skelettformel

Lösung zum Kapiteltest 2.3

Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
$C_8H_6Br_2$	
Keilformel	Skelettformel

Lösung zum Kapiteltest 2.4

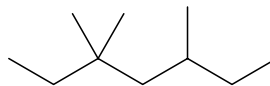
Setzen Sie die gegebene Formel in die fehlenden Formeltypen um!

Summenformel	Lewisformel
$C_6H_6Cl_2$	
Keilformel	Skelettformel

Kapiteltest 3.1

3.1.1 In welche vier Klassen werden die Kohlenwasserstoffe eingeteilt? Was ist für diese Klassen typisch?

3.1.2 Benennen Sie das folgende Molekül:

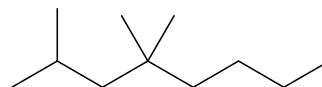


3.1.3 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf: 3,4-Diethyl-3-methylhexan

Kapiteltest 3.2

3.2.1 Geben Sie die Namen und Summenformeln der ersten sechs unverzweigten Kohlenwasserstoffe mit 1 bis 6 C-Atomen an!

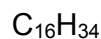
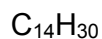
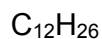
3.2.2 Benennen Sie das folgende Molekül:



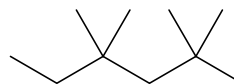
3.2.3 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf: 3-Ethyl-3,4-dimethylheptan

Kapiteltest 3.3

3.3.1 Wie heißen die folgenden unverzweigten Kohlenwasserstoffe:



3.3.2 Benennen Sie das folgende Molekül:

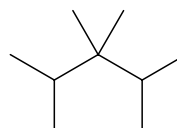


3.3.3 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf: 4-Ethyl-2,3-dimethyloctan

Kapiteltest 3.4

3.4.1 Die unverzweigten Alkane lassen sich durch die allgemeine Formel C_nH_{2n+2} darstellen. Wie lautet die entsprechende Formel für ein verzweigtes Alkan?

3.4.2 Benennen Sie das folgende Molekül:



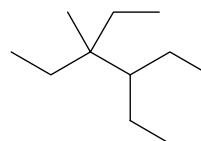
3.4.3 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf: 4-Methyl-3,5-diethylnonan

Lösungen zum Kapiteltest 3.1

- 3.1.1 Alkane : Ihre Moleküle weisen ausschliesslich C-C-Einfachbindungen auf
 Alkene : Ihre Moleküle weisen mindestens eine C-C-Doppelbindung auf
 Alkine : Ihre Moleküle weisen mindestens eine C-C-Dreifachbindung auf
 Aromaten : Ihre Moleküle weisen delokalisierte Elektronen auf

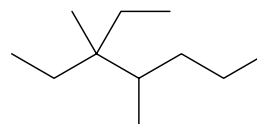
3.1.2 3,3,5-Trimethylheptan

3.1.3

**Lösungen zum Kapiteltest 3.2**3.2.1 Methan CH₄, Ethan C₂H₆, Propan C₃H₈, Butan C₄H₁₀, Pentan C₅H₁₂

3.2.2 2,4,4-Trimethyloctan

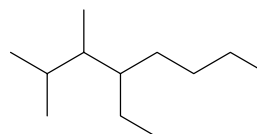
3.2.3

**Lösungen zum Kapiteltest 3.3**

3.3.1 Octan, Dodecan, Tetradecan

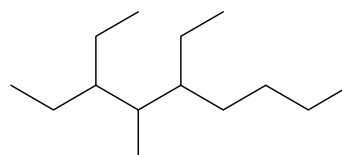
3.3.2 2,2,4,4-Tetramethylhexan

3.3.3

**Lösungen zum Kapiteltest 3.4**3.4.1 Es ist genau die gleiche Formel, nämlich C_nH_{2n+2} !

3.4.2 2,3,3,4-Tetramethylpentan

3.4.3

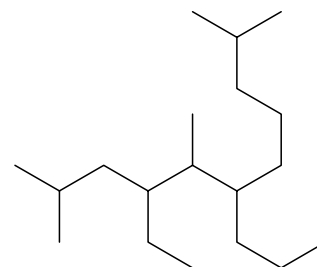


Kapiteltest 4.1

4.1.1 Benennen Sie das abgebildete Molekül!

4.1.2 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf:

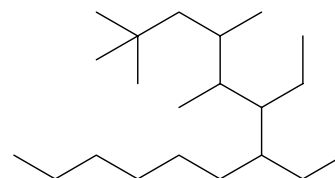
4-Ethyl-2,3-dimethylhepta-2,4-dien

**Kapiteltest 4.2**

4.2.1 Benennen Sie das abgebildete Molekül!

4.2.2 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf:

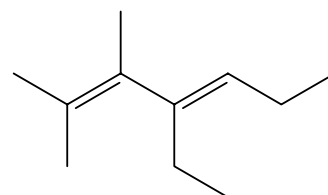
4-Ethyl-5,5-dimethyldec-2-in

**Kapiteltest 4.3**

4.3.1 Benennen Sie das abgebildete Molekül!

4.3.2 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf:

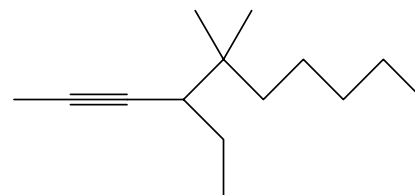
6-Ethyl-2,2,4,5-tetramethyl-7-propyltridecan

**Kapiteltest 4.4**

4.4.1 Benennen Sie das abgebildete Molekül!

4.4.2 Zeichnen Sie das folgende Molekül auf:

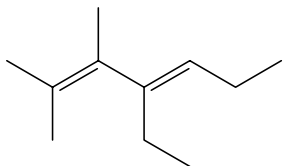
4-Ethyl-2,5,10-trimethyl-6-propylundecan



Lösungen zum Kapiteltest 4.1

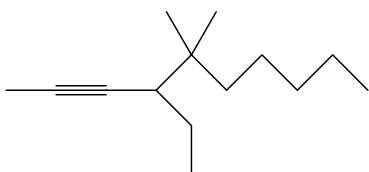
4.1.1 4-Ethyl-2,5,10-trimethyl-6-propylundecan

4.1.2

**Lösungen zum Kapiteltest 4.2**

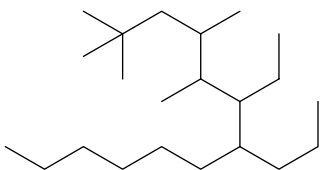
4.2.1 6-Ethyl-2,2,4,5-tetramethyl-7-propyltridecan

4.2.2

**Lösungen zum Kapiteltest 4.3**

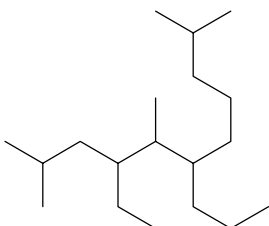
4.3.1 4-Ethyl-2,3-dimethylhepta-2,4-dien

4.3.2

**Lösungen zum Kapiteltest 4.4**

4.4.1 4-Ethyl-5,5-dimethyldec-2-in

4.4.2



C Medien für die Schüler

Molekülbaukasten

- Molekülbaukasten "Molymod"

Spiring Enterprises Limited
Gillmans Industrial Estate
Natts Lane
Billingshurst
West Sussex
RH14 9EZ
UK

<http://www.molymod.com/>

Software

- Power-Point-Präsentation nomenklatur1.pps
Copyright bei Felix Ziegler, Kantonsschule Reussbühl, 6015 Reussbühl
- Power-Point-Präsentation nomenklatur2.pps
Copyright bei Georg Graf, Kantonsschule Reussbühl, 6015 Reussbühl

D Material für die Experimente

Experiment 1.1

- 1 Vorratsflasche mit Pentan
- 1 Vorratsflasche mit Octan
- 1 Vorratsflasche mit Cyclohexan
- 1 Vorratsflasche mit Toluol
- 1 Vorratsflasche mit Hexadecan
- 5 kleine Porzellanschalen
- Streichhölzer
- Chemiker-Kalender

Ergebnis:

	<i>AZ</i>	<i>Farbe</i>	<i>Geruch</i>	<i>Sdp</i>	<i>B</i>
<i>Pentan</i>	flüssig	farblos	benzinartig	36.15 °C	x
<i>Octan</i>	flüssig	farblos	benzinartig	125.8 °C	x
<i>Cyclohexan</i>	flüssig	farblos	benzinartig	80.8 °C	x
<i>Toluol</i>	flüssig	farblos	benzinartig	110.8 °C	x
<i>Hexadecan</i>	fest	weiss	kein Geruch	190 °C	

Experiment 3.1

- laufender Abzug
- 1 Vorratsflasche mit Cyclohexan
- 1 Vorratsflasche mit Cyclohexen
- 1 Vorratsflasche mit Benzol
- 1 Vorratsflasche mit Bromwasser
- 3 Reagenzgläser
- 4 Vollpipetten 1 ml
- Pipettierhilfe
- 3 Gummistopfen

Ergebnis: Die drei Kohlenwasserstoffe verhalten sich erwartungsgemäss.

E Literatur

- Quelle 1: Chemiker-Kalender, Springer-Verlag Berlin, 3. Auflage, 1984
- Quelle 2: Ryan Dennis, "Old MacDonald Named a Compound: Branched Enynenynols", Journal of Chem. Education, Vol. 74, No.7, July 1997.
- Quelle 3: <http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/>

Weiterführende Literatur

- Hellwinkel Dieter, "Die systematische Nomenklatur der Organischen Chemie", Springer Verlag, Berlin, 1982, ISBN 3-540-11764-4.
- Dörrenbächer Alfred, "IUPAC-Regeln und DIN-Normen im Chemieunterricht", Aulis Verlag, Köln, 1991, ISBN 3-7614-1278-9