

KURT HAIM
ILLUSTRIERT VON KLAUS MÜLLER

Organische CHEMIE macchiato

CARTOONKURS FÜR SCHÜLER UND STUDENTEN



Organische Chemie macchiato

Kurt Haim
Illustriert von Klaus Müller

Organische Chemie macchiato

Cartoonkurs für Schüler und Studenten



PEARSON

Higher Education

München · Harlow · Amsterdam · Madrid · Boston
San Francisco · Don Mills · Mexico City · Sydney

a part of plc Pearson worldwide

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Verlag, Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Herausgeber dankbar.

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Die gewerbliche Nutzung der in diesem Produkt gezeigten Modelle und Arbeiten ist nicht zulässig.

Fast alle Produktbezeichnungen und weitere Stichworte und sonstige Angaben, die in diesem Buch verwendet werden, sind als eingetragene Marken geschützt. Da es nicht möglich ist, in allen Fällen zeitnah zu ermitteln, ob ein Markenschutz besteht, wird das ® Symbol in diesem Buch nicht verwendet.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

14 13 12

ISBN 978-3-86894-059-6

© 2012 Pearson Studium

ein Imprint der Pearson Deutschland GmbH

Martin-Kollar-Str. 10-12, D-81829 München

Alle Rechte vorbehalten

www.pearson.de

A part of Pearson plc worldwide

Programmleitung: Birger Peil, bpeil@pearson.de

Lektorat: Irmgard Wagner, irmwagner@t-online.de

Fachlektorat: a.o. Uni. Prof. Karl Gatterer, Technische Universität Graz

Korrektorat: Petra Kienle, Fürstenfeldbruck

Herstellung: Martha Kürzl-Harrison, mkuerzl@pearson.de

Satz: m2 design, Sterzing, www.m2-design.org

Druck und Verarbeitung: Drukarnia Dimograf, Bielsko – Biala

Printed in Poland

Inhalt

Vorwort	9
Alkane	
Ich habe Dich zum Verbrennen gern!	20
Was Alkane zu einer eigenen Stoffklasse macht	22
Nomenklatur der Alkane	22
Nomenklatur geradkettiger Alkane	23
Nomenklatur verzweigter Alkane	27
Nomenklatur für Cycloalkane	29
Eigenschaften der Alkane	31
Reaktionsverhalten der Alkane	35
Vorkommen und Verwendung von Alkanen	40
Alkene	
Früchte in der Reifeprüfung!	46
Einteilung und Nomenklatur von Alkenen	47
Nomenklatur verzweigter Alkene	48
Eigenschaften der Alkene	51
cis-trans-Isomerie – kleiner Unterschied mit großer Wirkung....	52
Reaktionsverhalten	55
Wie Alkene eine Addition eingehen	56
Bedeutung von Ethen in der Natur	59
Aromaten	
Elektronen beim Lokalwechsel	64
Chemischer Aufbau aromatischer Stoffe	66
Einteilung aromatischer Verbindungen	71
Reaktionsverhalten	73
Vorkommen und Toxikologie von Benzopyren	75
Organische Farbstoffe	
Warum die Natur nicht mit ihren Farben spielt	84
Eigenschaften	85
Azofarbstoffe – Farben für jede Gelegenheit	88
Carotinoide – Farbpalette für den Garten Eden	93

Alkohole

Von einem Kater, der nie einer werden wollte!	100
Nomenklatur und Einteilung von Alkoholen	101
Eigenschaften	104
Reaktionsverhalten	107
Diskussion wichtiger Alkohole	113

Aldehyde & Ketone

Oh Gott, riecht das himmlisch!	122
Nomenklatur	123
Eigenschaften	126
Reaktionsverhalten	129
Diskussion wichtiger Aldehyde	132

Carbonsäuren

Rechtsruck in der Milchwirtschaft	140
Nomenklatur	141
Eigenschaften	143
Reaktionsverhalten	145
Diskussion wichtiger Säuren	148
Carbonsäurederivate	159

Lipide

Wer sagt mir, dass ich satt sein soll?	168
Chemischer Aufbau	169
Nomenklatur von Fettsäuren	172
Eigenschaften der Fette	174
Reaktionsverhalten der Fette	175
Diskussion wichtiger Fettsäuren	177
Funktionen von Lipiden im Organismus	180

Kohlenhydrate

Das Geheimnis des süßen Geschmacks!	186
Bildung von Kohlenhydraten in der Natur	187
Aufbau und Nomenklatur	188
Reaktionsverhalten wichtiger Monosaccharide	195
Diskussion wichtiger Monosaccharide	199

Diskussion wichtiger Disaccharide	200
Diskussion wichtiger Polysaccharide	204
Proteine	
Moleküle, die das Leben schufen!	212
Aminosäuren	213
Reaktionsverhalten von Aminosäuren	217
Proteine	220
Literaturverzeichnis	
Zum Nachlesen	234
Stichwortverzeichnis	234

Vorwort

Warum Sie sich auf dieses Chemie-Buch freuen dürfen

Latte macchiato, das Kultgetränk der lebenslustigen Mitteleuropäer aus Milchschaum und starkem Espresso, hat dieser Buchreihe ihren Namen gegeben. Genauso soll die Chemie mit einem kräftigen Schuss Humor aufgemischt und damit Lust auf die Welt der Moleküle geweckt werden.

Die macchiato-Reihe erfreut sich großer Beliebtheit. Nachdem das Buch zur anorganischen Chemie in Deutschland, den Niederlanden und China erschienen ist, liegt nun die Fortsetzung zur organischen Chemie vor. Die behandelten Themen sind Grundlagen des Gymnasialstoffs und für Studenten eine wichtige Basis für viele Studienzweige.

Wie in allen anderen Büchern dieser Reihe werden wesentliche und komplexe Inhalte der organischen Chemie mit Analogien verdeutlicht und durch witzige Pointen und Cartoons aufgelockert.

Die Kapitel beginnen stets mit Situationen aus dem täglichen Leben und stellen konkrete Bezüge zu den behandelten chemischen Stoffen her. Immer wieder wird auf den Nutzen der chemischen Inhalte für Mensch und Natur hingewiesen und behutsam ein chemisches Weltbild aufgebaut. Zusammenfassungen mit den wichtigsten Begriffen sowie Mindmaps runden die Kapitel ab. Am Ende jedes Kapitels wird klar, dass chemische Kenntnisse helfen, sich leichter und sicherer in der Welt zu bewegen.

Wer das Ganze geschrieben hat

Kurt Haim unterrichtete 15 Jahre lang Chemie an Gymnasien und war mehrere Jahre als Chemiedozent für Mediziner tätig. 2008 gründete er das Fachdidaktikzentrum der Naturwissenschaften an der Pädagogischen Hochschule in Oberösterreich und entwickelt und erforscht dort Unterrichtskonzepte für kompetenzorientiertes Experimentieren.

Seit 2011 lehrt er an der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich Chemie und Fachdidaktik für die Lehramtsausbildung und leitet dort die Abteilung für angewandte Kreativitätsforschung.

Klaus Müller studierte Theologie in München sowie Schauspiel in Wien und zeichnet seit seiner Kindheit. Er ist freiberuflich Illustrator von bislang 40 Büchern und steht hauptberuflich als Schauspieler auf der Bühne. Seit über zehn Jahren lebt und arbeitet er in Augsburg.

Für wen und wofür dieses Buch gedacht ist

Chemie macchiato ersetzt kein Chemielehrbuch. Sie können es zur Ergänzung des Chemieunterrichts oder einer entsprechenden Lehrveranstaltung an der Universität lesen. Vielleicht wollen Sie auch nur die chemischen Lerninhalte Ihrer Schulkinder verstehen. Dann wird Sie dieses Buch an Vergessenes erinnern und es Ihnen wieder verfügbar machen. Besonders gut geeignet ist dieses Buch als Begleiter für den Chemieunterricht.

Mit wem Sie es im Buch zu tun haben

Eine zentrale Leitfigur spielt hier **Carboneus**. Er weist immer wieder auf die Sonderstellung von Kohlenstoff in der organischen Chemie hin und führt durch kritische Äußerungen oder witzige Pointen in die jeweiligen Kapitel ein.

Durch dieses Werk begleiten auch drei Laborgeräte, namens **Reagenzia**, **Kolbi** und **Destillato**. Während Reagenzia eine ausgezeichnete Beobachterin ist, wirft Kolbi oft interessante, scheinbar banale Fragen auf, die zum besseren Verständnis beitragen. Destillato brilliert immer dann, wenn es darum geht, aus einer Flut von Informationen das Wichtigste herauszufiltern und aus allen möglichen Theorien die Kernaussage zu bilden. Er bringt es immer wieder auf den Punkt.

Warum Piktogramme das Buch ergänzen

Die gesamte macchiato-Reihe erscheint in komplett neuem Design. Dabei sind Wichtiges und Beispielangaben nun in Kästchen gesetzt. Piktogramme erleichtern den Überblick und das Blättern, wenn Sie wichtige Grundlagen suchen. Das Buch will ein täglicher Begleiter sein, in dem Sie nachsehen können und auf leichte und humorvolle Art zu einem Aha-Erlebnis kommen. Dadurch wird Ihnen das Lernen für die Schule, die Vorbereitung für das Abitur oder der Einstieg in ein Studium erleichtert.

Hier eine Übersicht über die Piktogramme:

Lampe – Sie steht am Ende jedes Kapitels und stellt kurz und knapp die Kernaussagen jedes Themas dar.

Rufzeichen – Dieses Zeichen hebt einen besonders wichtigen Merksatz oder eine zentrale Reaktionsgleichung hervor.

Hantel – Sie weist auf weitere Übungen hin, deren Lösungen auf der Internetseite des Verlags zu finden sind.

Auge – Das Auge verweist auf größere Zusammenhänge und deutet an, dass man sich diesen Abschnitt genauer ansehen sollte.

Buch – Macht auf weiterführende Informationen aufmerksam, die für eine Vertiefung des Stoffs interessant sind.

Internet – Sie finden im Internet unter www.pearsonstudium.de vertiefende Informationen sowie die Lösungen zu den angeführten Übungsbeispielen.

Auf der Internetseite werden auch Übungsbeispiele angeführt, die mit dem **Molekülbaukasten des Pearson Verlags** (München 2006, ISBN: 978-3-8273-7263-5) durchzuführen sind. Dieser neue Molekülbaukasten leistet große Dienste darin, sich die dreidimensionale Welt der Moleküle klar vorstellen zu können.

Herzliches Dankeschön!

Danke an den Verlag Pearson Studium, der die Rahmenbedingungen geschaffen hat, dass meine Vorstellung einer humorvollen Chemie nun in Buchform vorliegt.

Danke an Frau Irmgard Wagner. Durch ihre Beharrlichkeit und ihr unermüdliches Engagement konnten alle Termine fristgerecht eingehalten werden.

Danke an Martina Messner. Durch ihre professionelle Arbeitsweise bei Layout und Satz ist Chemie macchiato ein richtiger Blickfang geworden.



Danke an Petra Kienle. Sie hat dafür gesorgt, dass die neue Rechtschreibung in diesem Buch Einzug gehalten hat und so manch verdrehter Satz klarer formuliert wurde.

Danke an a.o.Univ. Prof. Dr. Karl Gatterer, der an der Technischen Universität Graz am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie lehrt und als Fachlektor enorme Fachkompetenz und stets viel Humor bewies.

Kurt Haim dankt seiner Frau Doris, ohne deren Liebe und beharrliche Unterstützung dieses Buch nicht in dieser Form vorliegen würde. Er dankt auch seinen beiden Kindern Philipp und Edith, dass sie als Testleser oft wertvolle Kommentare lieferten, die zu vielen neuen Ideen anregten.

Ich wünsche viel Spaß auf unserer gemeinsamen Reise durch die faszinierende Welt der Chemie mit Carboneus, Reagenzia, Kolbi und Destillato.

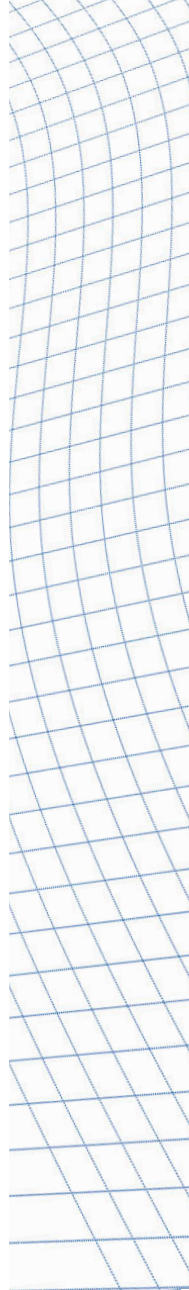


Kurt Haim · kurt.haim@ph-ooe.at

Klaus Müller · mueller-augsburg@t-online.de

Carboneus regiert die Welt

1





Die Zuordnung von Stoffen zur organischen oder anorganischen Chemie wird häufig falsch verstanden. Der Begriff „organisch“ wird im Alltag oft mit der belebten Natur in Zusammenhang gebracht und somit auf Stoffe bezogen, die von Lebewesen hervorgebracht werden. Anorganische, also nicht organische Verbindungen setzt man mit toter Materie gleich. Diese Zuordnung trifft zwar für viele Stoffe zu, ist wissenschaftlich gesehen jedoch falsch.

Zu den organischen Stoffen zählt man schlicht all jene Verbindungen, die aus Kohlenstoff aufgebaut sind!

Die einzigen Ausnahmen sind Kohlenmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO₂), Kohlensäure (H₂CO₃), die Carbonate sowie Graphit, Diamant und die Fullereene.

Wie schafft es nun der Kohlenstoff, eine derart große Vielfalt von Verbindungen aufzubauen? Im Prinzip gibt es drei Gründe, warum Kohlenstoff eine derartige Sonderstellung einnimmt:

Kohlenstoffatome bilden stets vier Atombindungen aus

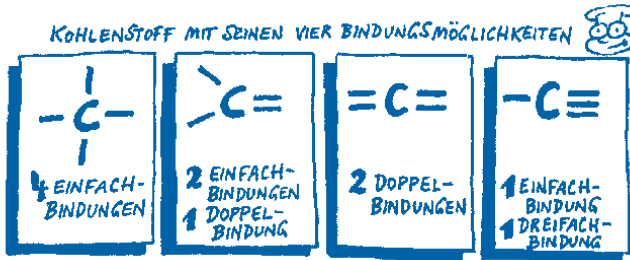
Mit der Ausbildung von vier Atombindungen ist Kohlenstoff (neben Silizium) der absolute Spitzenreiter. Es gibt kein Element im Periodensystem, das mehr Atombindungen eingehen kann. Und diese vier Bin-



STARK
BINDUNGS-
FÄHIGER
SINGLE
SUCHT...

dungen können sich nun in drei verschiedenen Varianten, als **Einfachbindung**, **Zweifachbindung** (Doppelbindung) oder **Dreifachbindung** anordnen.

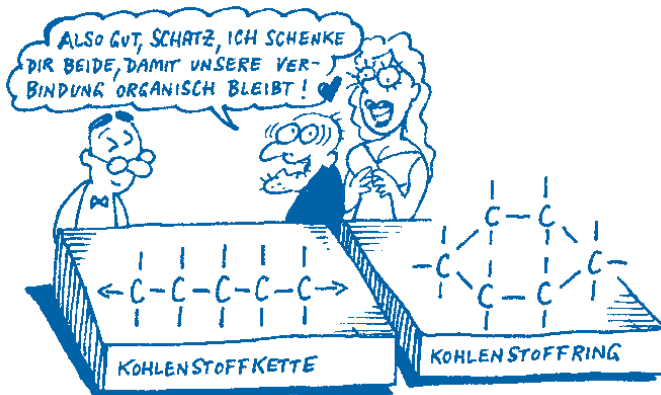
Aus der Anzahl der Bindungen und der Bindungsvarianten ergeben sich somit **vier verschiedene Bindungsmöglichkeiten**, in denen der Kohlenstoff in all seinen organischen Verbindungen vorkommt:



Vierfachbindungen existieren nicht, weil sich die vier Elektronenorbitale aus räumlichen Gründen nicht zu einem einzigen Partner hin orientieren können. Bei einer Vierfachbindung müsste das vierte Bindungselektron durch den Atomkern wirken und das ist einfach unmöglich.

Kohlenstoffatome können lange Ketten und Ringe bilden

Der zweite Grund für die Vielfalt organischer Verbindungen ist die Fähigkeit von Kohlenstoffatomen, miteinander sehr lange Ketten und Ringe bilden können. Die Länge der Ketten scheint keine Grenzen zu kennen und so erklärt sich die Tatsache, dass täglich neue Verbindungen entwickelt bzw. entdeckt werden.



Kohlenstoffatome binden sich mit fast allen Elementen

Als wären die ersten beiden Gründe noch nicht genug, hat die Natur noch eine Draufgabe parat. Fast alle Elemente können in diese C-Ketten und C-Ringe über Atombindungen oder Komplexbindungen eingebaut werden.

Die häufigsten Bindungspartner sind **Nichtmetallatome** wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor.

- **Wasserstoff** (H) bindet ausschließlich an Einfachbindungen.
- **Sauerstoff** (O) und **Schwefel** (S) sind für Einfach- und Doppelbindungen geeignet.
- **Stickstoff** (N) und **Phosphor** (P) findet man an Einfach-, Doppel- und Dreifachbindungen.

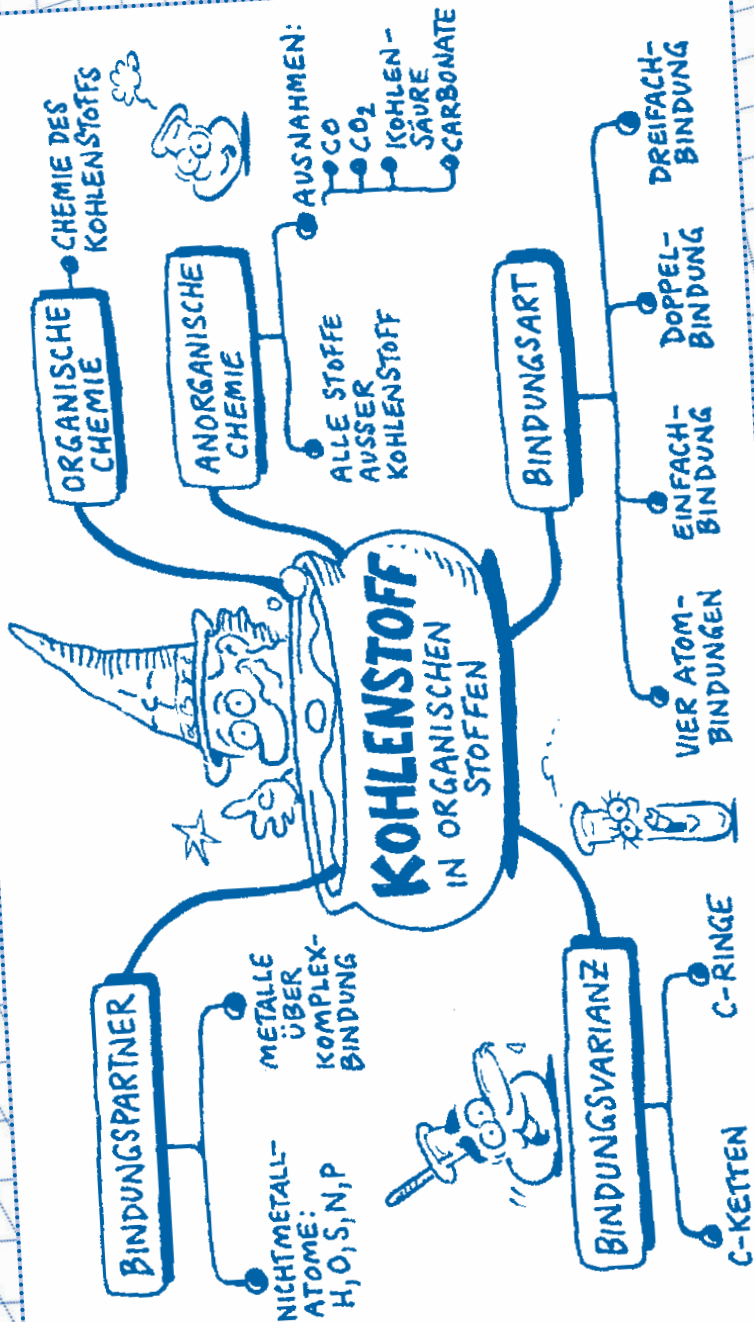
Die Krönung all dieser Variationen ist die Fähigkeit organischer Verbindungen, auch **Metallatome** einlagern zu können.

So bildet Eisen das Zentralatom im roten Blutfarbstoff Hämoglobin, Magnesium ist im grünen Pflanzenfarbstoff Chlorophyll enthalten und Kobalt ist im Vitamin B₁₂ eingebaut.



Ohne Zweifel kann Kohlenstoff als das Element des Lebens bezeichnet werden. Aufgrund seiner Sonderstellung im Periodensystem kann er vier Atombindungen in vier verschiedenen Varianten ausbilden, mit sich selbst und fast allen Elementen des Periodensystems Bindungen eingehen und so eine unglaubliche Vielfalt an Verbindungen aufbauen.





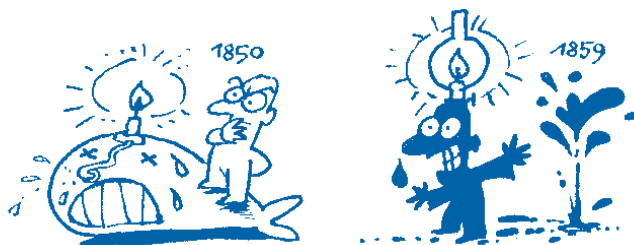
Ich habe Dich zum Verbrennen gern!



Alkane

Ich habe Dich zum Verbrennen gern!

Wir schreiben das Jahr 1850. **George Bissell**, ein New Yorker Rechtsanwalt, arbeitet spät abends in seinem Büro. Die Glühbirne war noch nicht erfunden und so erhellte eine stark rußende Öllampe den Raum. Das ständige Flackern des Lichts strengte seine Augen an. Für die Öllampe hatte er teures Walöl gekauft. Olivenöl war zwar ein guter Ersatz, doch das wurde auch immer teurer. George Bissell suchte nach Alternativen für sein Lampenöl. In diesem Jahr erfuhr er von einer öligen brennbaren Flüssigkeit, die in Pennsylvania aus der Erde austrat.



Er war davon überzeugt, dass es unter der Erde noch große Mengen dieser braunen Flüssigkeit geben müsste. So schickte er einen pensionierten Eisenbahnschaffner nach Pennsylvania, um nach diesem Erdöl zu bohren. Doch die gesamte Fachwelt hielt dieses Unterfangen für absurd und war vom Fehlschlag überzeugt. Wie gewaltig war die Überraschung, als es im Sommer **1859** zum ersten Mal gelang, Erdöl aus der Erde zu pumpen. Es war die Geburtsstunde der industriellen Erdölgewinnung. Den Ölboom konnte von nun an nichts mehr stoppen. Denn es gelang, aus Erdöl nicht nur Treibstoff für Automobile herzustellen, sondern man konnte es auch zur Erzeugung von Elektrizität und Wärme verwenden. Außerdem entwickelten Chemiker Methoden, um alle im Erdöl enthaltenen Substanzen zu isolieren und diese in andere umzuwandeln. Und so wurde Erdöl innerhalb eines Jahrzehnts zum wichtigsten Rohstoff der Industriegesellschaft.

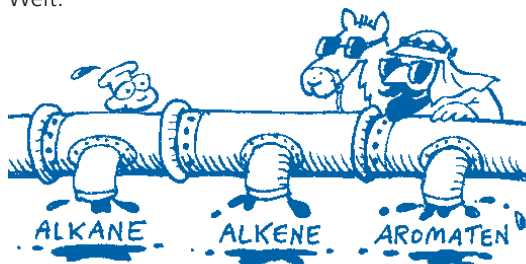
Heute bestimmt Erdöl unser Leben auf allen Ebenen, auch wenn wir es im ersten Moment nur mit Treibstoff und Heizöl in Verbindung bringen. Erdöl ist ein absoluter Tausendsassa. Chemiker können aus den

Inhaltstoffen des Erdöls so gut wie alles herstellen, worauf wir in unserer Gesellschaft nicht mehr verzichten möchten. Kunststoffe, Duftstoffe, Farbstoffe, Aromastoffe, Textilfasern, Düngemittel, Waschmittel, Medikamente, Vitamine und vieles mehr. Heute gewinnt man aus über 40.000 Ölfeldern ca. 4 Milliarden Tonnen Erdöl pro Jahr. Tendenz steigend!



Aber welche Stoffe sind im Erdöl enthalten und was macht sie so besonders, dass man dafür in den Krieg zieht? Warum ist Erdöl so ein ausgezeichnetener Energieträger? Und wie lassen sich aus dieser harzig riechenden, braunen, öligen Flüssigkeit so viele, für uns wichtige Produkte herstellen?

Erdöl ist einer der faszinierendsten Rohstoffe unserer Erde. Es ist ein Gemisch von über 500 verschiedenen Substanzen, die hauptsächlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Aus diesem Grund fasst man diese Verbindungen unter dem Begriff **Kohlenwasserstoffe** zusammen. Die am häufigsten im Erdöl vorkommenden Kohlenwasserstoffe nennt man **Alkane**, **Alkene** und **Aromaten**. In diesem Kapitel befassen wir uns zunächst mit den Alkanen und ergründen ihre Sonderstellung in unserer Welt.





Was Alkane zu einer eigenen Stoffklasse macht

Alkane sind Verbindungen, die nur aus **Kohlenstoff** und **Wasserstoff** aufgebaut sind und nur durch **Einfachbindungen** verbunden sind.

Da in Alkanen ausschließlich Einfachbindungen vorkommen, hat jedes C-Atom vier und damit die höchste Anzahl an Bindungspartnern. Aus diesem Grund nennt man solche Verbindungen auch **gesättigte Kohlenwasserstoffe**, da sich an den C-Atomen keine zusätzlichen Atome mehr binden können.

Nomenklatur der Alkane

Wie Alkane zu ihren Namen kommen

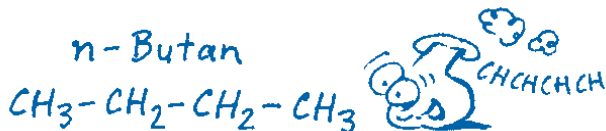
Die einzelnen Bezeichnungen für die vielen verschiedenen Alkane ergeben sich aus der **Nomenklatur** nach **IUPAC** (International **U**nion for **P**ure and **A**ppplied **C**hemistry). Unter Nomenklatur nach IUPAC verstehen wir die Namensgebung nach internationalen Regeln. Sie ermöglicht es, aus dem Molekülnamen die Molekülstruktur herzuleiten. Dies ist ein riesengroßer Vorteil, denn das Wissen um die Molekülstruktur ermöglicht wiederum Aussagen über viele Eigenschaften und das Reaktionsverhalten dieser Verbindungen!

Kennt man den Namen der Verbindung, lässt sich abschätzen, ob sie fest flüssig oder gasförmig ist, ob sie farblos oder farbig ist, ob sie sich mit Wasser vermischen lässt und ob sie reaktionsträge oder sehr reaktionsfreudig ist. Alles das kann aus dem Namen heraus gelesen werden, wenn man ein paar Spielregeln beherrscht.

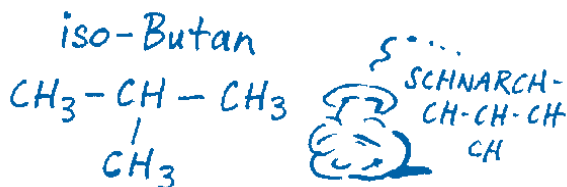


Zunächst unterscheiden wir Alkane nach der Anordnung ihrer C-Atome im Molekül:

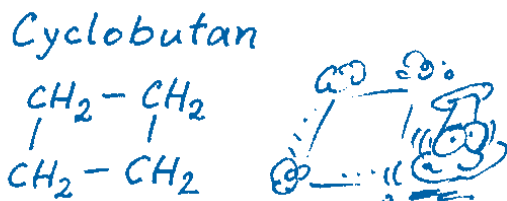
Sind die C-Atome wie auf einer geraden Kette aneinandergereiht, nennen wir sie **geradkettige** bzw. **unverzweigte Alkane** oder **n-Alkane**.



Gehen von einer C-Kette Verzweigungen weg, heißen sie **verzweigte Alkane** oder **iso-Alkane**.



Ist die Kohlenstoffkette in sich geschlossen, bezeichnen wir diese Moleküle als **ringförmige Alkane** oder **Cycloalkane**.



Auf den folgenden Seiten wird erläutert, wie man diese drei großen Gruppen nach den IUPAC-Regeln benennt.

Nomenklatur geradkettiger Alkane

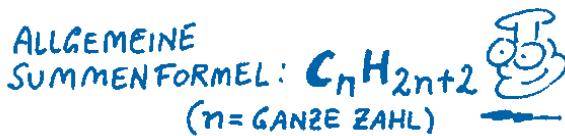
- Einfache Alkane, Moleküle, die zwischen **einem** und **vier** C-Atomen bestehen, werden mit **Trivialnamen** und der **Endung -an** bezeichnet.
- Höhere Alkane bezeichnet man mit einem **griechischen Zahlenwert** (Zahl steht für die Anzahl der C-Atome) und ebenfalls der **Endung -an**.



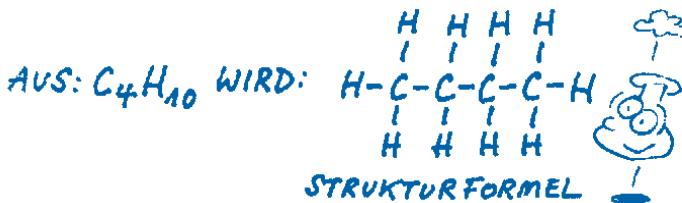


Zusätzlich zum Namen können organische Moleküle auch durch vier verschiedene Formelarten dargestellt werden. Je nachdem, welche Information ausgedrückt werden soll, verwendet man die eine oder andere.

In der **Summenformel** schreibt man nur die Anzahl der Elemente, die im Molekül vorkommen, an. Da Alkane nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, kann mit der folgenden **Allgemeinen Summenformel** die Summenformel jedes Alkans ermittelt werden, wenn die Anzahl der C-Atome bekannt ist.



In der **Strukturformel** wird, wie der Name schon sagt, die genaue Struktur angegeben. Dies ist sinnvoll, wenn zum Beispiel Aussagen über Eigenschaften oder Reaktionsverhalten getroffen werden sollen. Aus der obigen Summenformel allein ist dies eher schwer möglich.



Ein riesengroßer Nachteil ist allerdings der immense Platzaufwand, den höhere Alkane in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund hat man zwei Alternativen, die **Halbstruktur** und die **Gerüstformel**, entwickelt.