

## 2 Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffe

### 2.17 Durchblick: Zusammenfassung und Übung

#### Zu den Aufgaben

#### A1

Stoff	Strukturmerkmale
Diamant	Die Kohlenstoff-Atome im Diamant bilden ein dreidimensionales Diamantgitter. Mit seinen vier Valenzelektronen geht ein C-Atom vier Atombindungen (Elektronenpaarbindungen) mit vier anderen C-Atomen ein. Die vier Bindungen sind tetraedrisch angeordnet. Außerdem sind gewellte Sechsringe zu erkennen. Vier C-Atome eines solchen Ringes bilden ein Rechteck, ein Atom liegt über dessen Ebene, eins darunter.
Graphit	Das Graphitgitter besteht aus übereinanderliegenden ebenen Schichten. In jeder Schicht liegen ebene Sechsringe von C-Atomen vor. Je drei Valenzelektronen eines C-Atoms sind an den Bindungen zu drei weiteren C-Atomen beteiligt. Das vierte Valenzelektron ist ähnlich wie bei Metallen über die ganze Schicht beweglich. Der Abstand zwischen den verschiedenen Schichten ist mehr als doppelt so groß wie zwischen den Atomen derselben Schicht.
Buckminster-Fulleren	Das Buckminster-Fulleren ist ein aus 60 C-Atomen bestehendes kugelförmiges Molekül mit einem Durchmesser von 0,7 nm. Es ist wie ein Fußball aus 20 Sechsringen und 12 Fünfringen aufgebaut. Wie im Graphit hat auch hier jedes Atom drei Bindungspartner. Das vierte Valenzelektron ist auf der Moleküloberfläche frei beweglich.
Kohlenstoff-Nanotubes	Kohlenstoff-Nanotubes sind röhrenförmige Moleküle mit Durchmessern zwischen etwa 1 nm und 50 nm, deren Wände aus wabenartig zusammengesetzten Kohlenstoff-Sechsringen bestehen. Die Länge der Moleküle reicht von einigen Millimetern bis zu 20 cm. Es gibt auch mehrwandige Kohlenstoff-Nanotubes mit Durchmessern über 100 nm.
Graphen	In der zweidimensionalen wabenförmigen Struktur des Graphens ist jedes Kohlenstoff-Atom mit drei weiteren Kohlenstoff-Atomen verbunden. Die Dicke einer Graphenschicht entspricht dem Durchmesser eines Kohlenstoff-Atoms: 0,08 nm.

**A2** Der Name „Diamant“ enthält das griechische Wort für „unbezwingbar“. Diamant ist der härteste aller natürlich vorkommenden Stoffe. Jedes C-Atom im Diamantgitter ist mit vier weiteren C-Atomen verknüpft. Mechanisch gelingt es nur sehr schwer, einzelne Atome oder Atomgruppen aus diesem Gitter herauszubrechen.

Der Name „Graphit“ kommt vom griechischen Wort für „schreiben“. Beim Gleiten über Papier spalten sich kleine Graphit-Plättchen ab und hinterlassen eine schwarze Spur. Das Graphitgitter besteht aus übereinanderliegenden ebenen Schichten. In jeder Schicht liegen ebene Sechsringe von C-Atomen vor. Je drei Valenzelektronen eines C-Atoms sind an den Bindungen zu drei weiteren C-Atomen beteiligt. Der Abstand zwischen den verschiedenen Schichten ist mehr als doppelt so groß wie zwischen den Atomen derselben Schicht. Die Anziehungskräfte zwischen den Schichten sind schwach; die Schichten lassen sich leicht abspalten.

**A3** Die Aufgabe lässt sich durch Probieren lösen, oder auch rechnerisch:

Teilchenmassen:  $m_t(\text{Alkan-Molekül}) = 72 \text{ u}$ ;  $m_t(\text{C}) = 12 \text{ u}$ ;  $m_t(\text{H}) = 1 \text{ u}$

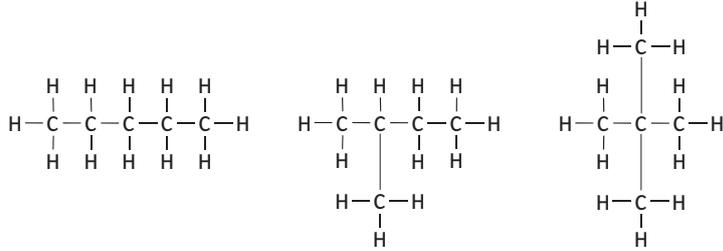
Aus der allgemeinen Molekülformel (Summenformel)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  folgt:

$$12 \text{ u} \cdot n + 1 \text{ u} \cdot (2n+2) = 72 \text{ u} \quad \Leftrightarrow \quad 14 \text{ u} \cdot n + 2 \text{ u} = 72 \text{ u} \quad \Leftrightarrow \quad n = 5$$

$\Rightarrow$  Molekülformel (Summenformel):  $\text{C}_5\text{H}_{12}$

Probe:  $12 \text{ u} \cdot 5 + 1 \text{ u} \cdot 12 = 72 \text{ u}$

Mögliche Strukturformeln:



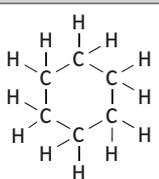
Pentan

2-Methylbutan

2,2-Dimethylpropan

**A4**

Name	Molekülformel	Strukturformel	Verwendung
Methan	$\text{CH}_4$		Methan wird überwiegend als Heizgas zur Wärmegewinnung, zum Kochen und zum Betrieb von Verbrennungsmotoren verwendet. Methan ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die Gewinnung von Wasserstoff (z. B. für die Ammoniaksynthese).
Butan	$\text{C}_4\text{H}_{10}$		Butan (meist zusammen mit 2-Methylpropan und Propan) wird als Feuerzeuggas, Heizgas zur Wärmegewinnung, zum Kochen und zum Betrieb von Verbrennungsmotoren verwendet.
2-Methylpropan	$\text{C}_4\text{H}_{10}$		2-Methylpropan (meist zusammen mit Butan und Propan) wird als Feuerzeuggas, als Heizgas zur Wärmegewinnung, zum Kochen und zum Betrieb von Verbrennungsmotoren verwendet.
Ethen	$\text{C}_2\text{H}_4$		Ethen (Ethylen) ist eine organische Grundchemikalie, aus der z. B. Ethanol, Chlorethen (Vinylchlorid) und Polyethen (Polyethylen) gewonnen werden. Pro Jahr werden weltweit ca. 150 Mio. t Ethen produziert. 40 bis 50 % davon werden zur Herstellung von Polyethen verwendet.
Propen	$\text{C}_3\text{H}_6$		Propen (Propylen) ist ebenfalls eine organische Grundchemikalie, aus der z. B. Aceton, Acrylsäure, Propandiole und Polypropen (Polypropylen) gewonnen werden.
Ethin	$\text{C}_2\text{H}_2$		Ethin (Acetylen) wird zum Schweißen und Schneiden verwendet. Etwa 80 % der weltweit ca. 150 000 t Ethin werden allerdings für organische Synthesen eingesetzt, z. B. für die Gewinnung von Chlorethen (Vinylchlorid) für die PVC-Herstellung.

Name	Molekülformel	Strukturformel	Verwendung
Cyclohexan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>		Cyclohexan wird u.a. als Lösungsmittel in Lacken, Harzen und Fleckenentfernern verwendet. Cyclohexan ist ein Ausgangsstoff zur Herstellung von ε-Caprolactam, welches wiederum zur Produktion der Kunstfaser Perlon benötigt wird.

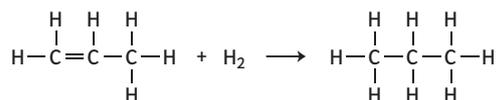
**A5** Die gegenseitigen Berührungs- und Polarisierungsmöglichkeiten und damit die London-Kräfte zwischen den Molekülen hängen von der Moleküloberfläche ab. Das verzweigte Isobutan-Molekül hat eine kleinere Oberfläche als das Butan-Molekül. Damit sind die Anziehungskräfte zwischen Isobutan-Molekülen geringer und die Siedetemperatur ist niedriger als die von Butan.

**A6** Mit steigender Kettenlänge der unverzweigten Alkan-Moleküle und damit wachsender Oberfläche nehmen gegenseitige Berührungs- und Polarisierungsmöglichkeiten und damit die Anziehungskräfte zu. Daher nimmt die Viskosität, das Fließverhalten, der Alkane zu.

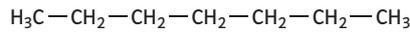
**A7** Die London-Kräfte zwischen den großen Molekülen des Henicosans sind so stark, dass eine Energiezufuhr eher die Spaltung von Bindungen bewirkt als die Aufhebung der Anziehungskräfte zwischen den Molekülen.

**A8**

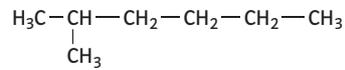
a)



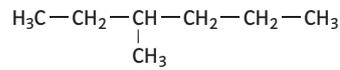
b) Es handelt sich um eine Hydrierung. Die Hydrierung gehört zu den Additionsreaktionen.

**A9****a)**

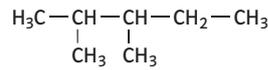
n-Heptan



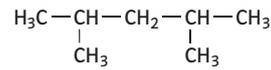
2-Methylhexan



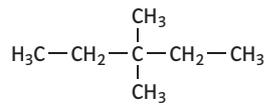
3-Methylhexan



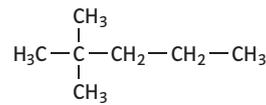
2,3-Dimethylpentan



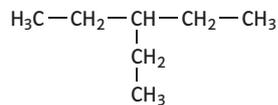
2,4-Dimethylpentan



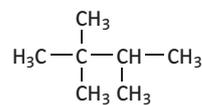
3,3-Dimethylpentan



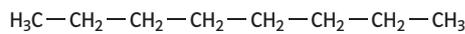
2,2-Dimethylpentan



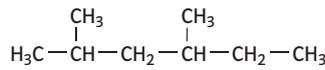
3-Ethylpentan



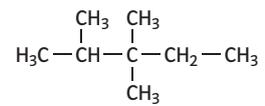
2,2,3-Trimethylbutan

**b)**

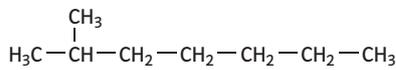
n-Octan



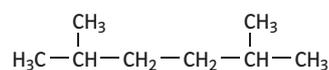
2,4-Dimethylhexan



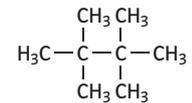
2,3,3-Trimethylpentan



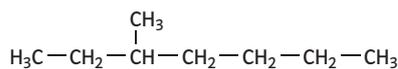
2-Methylheptan



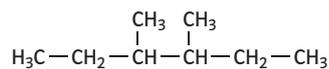
2,5-Dimethylhexan



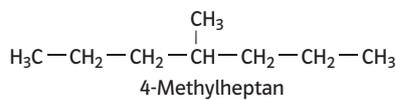
2,2,3,3-Tetramethylbutan



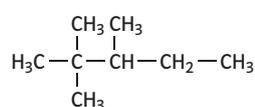
3-Methylheptan



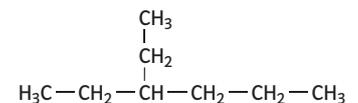
3,4-Dimethylhexan



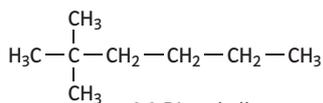
4-Methylheptan



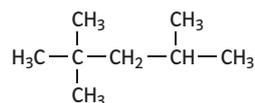
2,2,3-Trimethylpentan



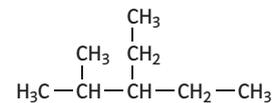
3-Ethylhexan



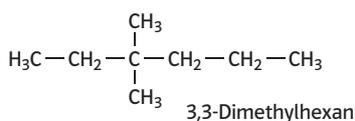
2,2-Dimethylhexan



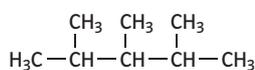
2,2,4-Trimethylpentan



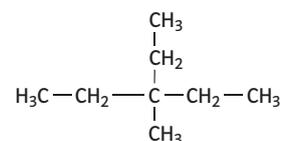
2-Methyl-3-ethylpentan



3,3-Dimethylhexan



2,3,4-Trimethylpentan



3-Methyl-3-ethylpentan

**A10**

a), b)

Verbindung	Molekülformel	Halbstrukturformel	Siedetemperatur
Nonan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>	151 °C
Octan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>	126 °C
2-Methylheptan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	117 °C
2,2,3,3-Tetramethylbutan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3\text{—C—C—CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	107 °C

Das Nonan-Molekül hat die größte Molekülmasse und Elektronenanzahl der vier Verbindungen. Daher sind die London-Kräfte zwischen Nonan-Molekülen am größten, weshalb Nonan die höchste Siedetemperatur besitzt. Die anderen drei Moleküle besitzen im Vergleich zu Nonan-Molekülen geringere, jedoch zueinander identische Molekülmassen, da es sich um Isomere handelt. Sie unterscheiden sich nur in der Anordnung der Atome und damit in der Größe der Oberfläche. Während das unverzweigte Octan-Molekül die größte Oberfläche und damit Octan die höchste Siedetemperatur der isomeren Verbindungen besitzt, nimmt die Oberfläche mit steigender Verzweigung ab. 2,2,3,3-Tetramethylbutan-Moleküle haben mit einem eher kugelförmigen Bau daher die kleinste Oberfläche. Diese Verbindung hat somit die niedrigste Siedetemperatur.

*Hinweis:*

Oftmals wird die Zunahme der London-Kräfte mit der Molekülmasse thematisiert. Dies kann die irreführende Vorstellung hervorrufen, dass die Masse hier physikalisch relevant sei. Stattdessen wird im Werk Elemente die Bedeutung der Elektronenanzahl in den Vordergrund gestellt, da der Ursprung dieser Wechselwirkung auf der elektronischen Ebene zu suchen ist. Nur weil die Masse eines Moleküls ungefähr proportional zur Elektronenanzahl ist, lässt sich rein formal auch die Masse als unabhängige Variable wählen.

**A11** Die Ausgangsstoffe sind But-1-en und Chlorwasserstoff (Hydrogenchlorid).