

## 5.8 Eigenschaften der Alkane

Name	Summenformel	Schmelztemperatur $\vartheta_{sm}$ in °C	Siedetemperatur $\vartheta_{sd}$ in °C	Dichte $\rho$ in g/cm <sup>3</sup>	Viskosität
Methan	CH <sub>4</sub>	-182	-161	0,47*	nimmt zu
Ethan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-183	-88	0,57*	
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-186	-42	0,59*	
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-135	-1	0,60*	
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-129	36	0,63	
Hexan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-94	68	0,66	
Heptan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	-90	98	0,68	
Octan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	-56	126	0,70	
Nonan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	-53	150	0,72	
Decan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	-30	174	0,73	
⋮	⋮				
Hexadecan	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	18	287	0,77	
Heptadecan	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	22	302	0,78	

\* im flüssigen Zustand (nahe der Siedetemperatur)

### B1 Eigenschaften der Alkane im Vergleich

Flüssige Alkane wie Heptan sehen auf den ersten Blick aus wie Wasser. Dennoch weisen sie völlig andere Eigenschaften auf, was sie z. B. zu wichtigen Lösungsmitteln macht. Die Verwandtschaft der Glieder der homologen Reihe der Alkane (Kap. 3:18) zeigt sich in ihren Eigenschaften, die sich auf Gemeinsamkeiten des Molekülaufbaus zurückführen lassen.

**Eigenschaften und zwischenmolekulare Kräfte.** Innerhalb der homologen Reihe der Alkane steigen die Siede- und ab Butan auch die Schmelztemperaturen an [B1]. Dies lässt auf steigende Anziehungskräfte zwischen

Methan ist Hauptbestandteil des Erdgases, Camping- und Feuerzeuggas bestehen überwiegend aus Propan und Butan. Flüssige Alkane sind in Benzin, Diesel- und Heizöl enthalten. Feste Alkane bilden die Paraffine, diese findet man z. B. in Kerzen, Wachsmalstiften und in der Schutzhülle von Schnittkäse.



### B2 Verwendung der Alkane im Alltag

den Molekülen mit zunehmender Länge der Kohlenwasserstoffketten schließen. Die C—H-Bindungen der Alkan-Moleküle sind wegen der geringen Elektronegativitätsunterschiede der Bindungspartner nur schwach polar. Aufgrund der tetraedrischen Anordnung der Bindungspartner um die Kohlenstoff-Atome sind Alkan-Moleküle keine Dipole. Ursache der Anziehung zwischen den unpolaren Molekülen ist eine nicht immer symmetrische Verteilung der Elektronen [B3]. So entstehen für kurze Zeit Dipole, die auf die Elektronenhülle benachbarter Moleküle Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte ausüben und diese dadurch ebenfalls polarisieren. Die so entstandenen Dipole nennt man induzierte Dipole, die resultierenden Anziehungskräfte **Van-der-Waals-Kräfte**.

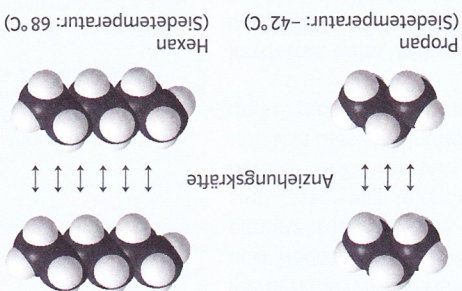
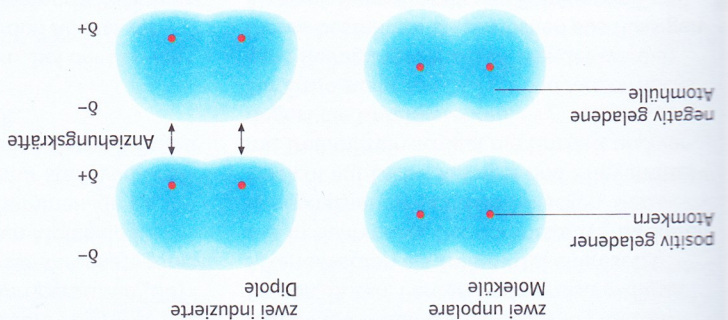
**Van-der-Waals-Kräfte sind zwischenmolekulare Anziehungskräfte zwischen unpolaren Molekülen.**

Mit wachsender Kettenlänge der Alkan-Moleküle nehmen gegenseitige Berührung- und Polarisierungsmöglichkeiten zu. Damit nehmen auch die Anziehungskräfte zu [B3] und die Siede- und Schmelztemperaturen der Stoffe steigen. Bei den Schmelztemperaturen gibt es Abweichungen von dieser Regel, weil für die Schmelztemperatur auch die Anordnung der Moleküle im Molekülgitter verantwortlich ist. Bei langkettigen Alkanen sind die Anziehungskräfte so groß, dass eine Energiezufuhr eher die Spaltung von Atombindungen als die Aufhebung der Anziehungskräfte zwischen den Molekülen bewirkt. Deshalb zerfallen Alkane ab etwa Icosan (C<sub>20</sub>H<sub>42</sub>) bei Normdruck unterhalb der Siedetemperatur.

**Die Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Alkan-Molekülen nehmen mit wachsender Kettenlänge zu.**

**Löslichkeit.** Alle Alkane sind ineinander löslich, in Wasser lösen sie sich nur in Spuren. Ob zwei Stoffe ineinander löslich sind, hängt weitgehend von den Eigenschaften der Teilchen ab. Zwischen den unpolaren Alkan-Molekülen herrschen Van-der-Waals-Kräfte;

**B3** Van-der-Waals-Kräfte: Durch Elektronenverschiebung können Alkan-Moleküle zu Dipolen werden. Die Anziehungskräfte nehmen mit wachsender Kettenlänge zu



zwischen den polaren Wasser-Molekülen bestehen aber zusätzlich Wasserstoffbrücken. Gibt man z. B. Heptan zu Wasser, so können die starken Wasserstoffbrücken zwischen Wasser-Molekülen nicht durch die viel schwächeren Anziehungskräfte zwischen Heptan- und Wasser-Molekülen ersetzt werden.

Gibt man Heptan zu Decan, so können die Anziehungskräfte, die die Heptan- und Decan-Moleküle jeweils untereinander zusammenhalten, durch die Anziehungskräfte zwischen Heptan- und Decan-Molekülen ersetzt werden. Die an den Beispielen gewonnenen Einsichten lassen sich verallgemeinern:

**Je ähnlicher sich die Teilchen zweier Stoffe in Bezug auf die Polarität sind, desto besser lösen sich die Stoffe ineinander.**

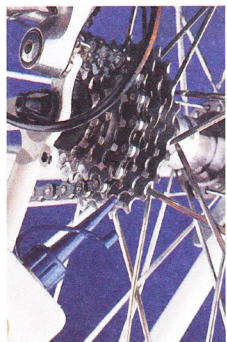
Ist ein Stoff wasserlöslich, so bezeichnet man ihn als **hydrophil** (wasserliebend). **Hydrophobe** (wassermeidende) Stoffe haben eine geringe Löslichkeit in Wasser. Außer den Alkanen zählen vor allem Fette zu den ausgesprochen hydrophoben Stoffen. Fettlösliche Stoffe bezeichnet man als **lipophil**, wenig fettlösliche als **lipophob**. Alkane sind lipophil bzw. hydrophob.

**Viskosität.** In Motoren oder Getrieben verhindern Öl oder Fett, dass sich die bewegenden Teile direkt berühren. Die Reibung ungeschmierter Metallteile führt zu ihrer Erwärmung (Folge ist z. B. der „Kolbenfresser“)

und raschen Abnutzung. Die Schmierfähigkeit eines Öls hängt von seiner Viskosität (Zähflüssigkeit) ab. Sie muss immer groß genug sein, dass ein ausreichender Schmierfilm an den Oberflächen bewegter Teile bestehen bleibt. Gemische von Kohlenwasserstoffen sind die Grundsubstanzen mineralischer Motorenöle.

**Kettenlänge und Viskosität.** Hohe Viskosität bedeutet Dichtflüssigkeit, niedrige Viskosität Dünnflüssigkeit. Beim Fließen gleiten Moleküle der Flüssigkeit aneinander vorbei. Dies ist umso schwieriger, je größer die zwischenmolekularen Kräfte sind. Zwischen längerkettenigen Kohlenwasserstoff-Molekülen herrschen größere Anziehungskräfte als zwischen kürzerkettenigen. Daher haben flüssige Kohlenwasserstoffe, die aus erstgenannten Molekülen aufgebaut sind, eine größere Viskosität. Die Viskosität einer Flüssigkeit nimmt mit steigender Temperatur ab.

- V1** a) Gib in zwei Reagenzgläser etwas klein geschnittenen, echten Lachs. Setze etwas Wasser bzw. Heptan zu und schüttele. b) Wiederhole den Versuch mit Lachsesatz statt echtem Lachs.
- A1** Beschreibe die Löslichkeit von Alkanen in Öl und in Wasser. Verwende dazu passende Fachbegriffe.



**B4** Der Schmierfilm des Öls vermindert den Verschleiß



**Gefahrenkategorie 1:**  
Flammpunkt  $< 23^{\circ}\text{C}$   
und  $\vartheta_{\text{sd}} \leq 35^{\circ}\text{C}$   
(z. B. 2-Methylbutan)

**Gefahrenkategorie 2:**  
Flammpunkt  $< 23^{\circ}\text{C}$   
und  $\vartheta_{\text{sd}} > 35^{\circ}\text{C}$   
(z. B. Pentan, Octan)

**Gefahrenkategorie 3:**  
 $23^{\circ}\text{C} \leq \text{Flammpunkt} < 60^{\circ}\text{C}$   
(z. B. Nonan, Undecan)

**B5** Gefahrenpiktogramm für entzündbare Flüssigkeiten und Gefahrenkategorien

**Flammpunkt** Die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem brennbaren Stoff ein zündfähiges Dampf-Luft-Gemisch bilden kann. Die Flammpunkttemperatur wird auch als Flammpunkt bezeichnet. (Die Flammpunkttemperatur ist die Temperatur in der Flamme; sie hat mit der Flammpunkttemperatur nichts zu tun.)



**B6** Reinigungsbenzin

**Entflammbarkeit.** Entzündbare Flüssigkeiten werden nach ihren Flammpunkten [B8] und Siedetemperaturen in Gefahrenkategorien eingeteilt [B5]. Alkane, deren Moleküle klein sind, lassen sich leicht entflammen, da sie bereits bei Zimmertemperatur stark verdunstet. Von diesen Alkanen gehen deshalb Brand- und Explosionsgefahren aus.

**Verhalten beim Verbrennen.** Bei der Verwendung als Energieträger werden Alkane verbrannt, um die dabei frei werdende Reaktionsenergie zu nutzen. Bei ausreichender Sauerstoffzufuhr und genügend hoher Temperatur verbrennen Alkane zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Verbrennen Alkane an der Luft, so nehmen die Leuchtkraft der Flamme und die Rußentwicklung mit wachsender Kettenlänge der Alkan-Moleküle zu [B7]. Das Leuchten der Flamme ist auf das Glühen winziger Rußpartikel zurückzuführen. Diese entstehen bei unvollständiger Verbrennung. Erst im Außenbereich der Flamme reagieren die Rußpartikel mit Luftsauerstoff zu Kohlenstoffdioxid. Da mit wachsender Kettenlänge die Anzahl und der Anteil der Kohlenstoff-Atome in den Alkan-Molekülen zunimmt, findet bei gleicher Luftzufuhr eine zunehmend unvollständige Verbrennung statt. Die Rußpartikel gelangen zum Teil unverbrannt in kältere Randbereiche der Flamme. Dort reagieren sie nicht mehr und treten als Ruß in Erscheinung.



**B7** Flammenvergleich (von links: Butan, Benzin, Paraffinöl)

### Alkane als Treibmittel und Lösungsmittel.

Propan, Butan, Pentan und Gemische dieser Alkane werden als **Treibmittel** eingesetzt, z. B. in Haarsprays, Deodorantsprays, Backofenreinigerschäumen und Sprühlacken. Der Verzicht auf Lacke, Reiniger und Pflegemittel mit Treibmitteln schützt die Umwelt und verringert die Unfallgefahren.

Zur Entfernung von Öl, Fett und Kerzenwachs kann **Reinigungsbenzin** verwendet werden. Dieses besteht im Wesentlichen aus flüssigen Alkanen. Beim Einsatz von Reinigungsbenzin müssen die Sicherheitshinweise auf dem Etikett der Flasche beachtet werden.

**A2** Welche zwischenmolekularen Kräfte gibt es? Ordne die dir bekannten zwischenmolekularen Kräfte nach ihrer Stärke. Gib für jede zwischenmolekulare Kraft einen Stoff an, in dem diese eine wichtige Rolle spielt.

**A3** Erkläre die Zunahme der Siedetemperatur und der Viskosität von Hexan bis Decan.

**A4** Ein Sicherheitshinweis auf einem Reinigerspray für Backofen und Grill lautet: „Nur wenige Sekunden sprühen, um die Bildung explosionsfähiger Gemische zu vermeiden.“ Erkläre, warum sich bei diesem Spray explosionsfähige Gemische bilden können.



**B8** Bestimmung der Flammpunkttemperatur: Bei langsamem Erwärmen wird die Temperatur der Flüssigkeit abgelesen, bei der sich die Dämpfe über ihr erstmals entflammen lassen