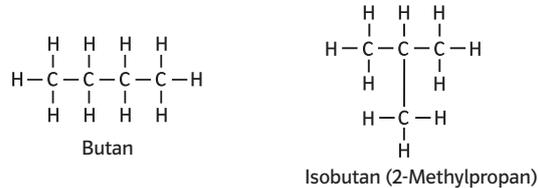


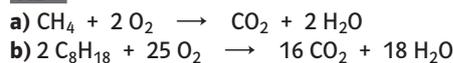
10.27 Zusammenfassung und Übung (S. 405 – 407)

Zu den Aufgaben

A1 Ein Alkan-Molekül mit der Summenformel C_4H_{10} hat die Molekülmasse $m_t = 58$ u.



A2



A3 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 der Alkane zu. Da die höheren Alkane einen hohen Siedepunkt haben, sind sie wenig flüchtig, verbleiben also an Ort und Stelle und schützen durch ihre hydrophoben Eigenschaften die zu schmierenden Lager o.Ä. vor Korrosion.

A4

Für Diesel: $8,0\text{l}/100\text{ km} \cdot 2,62\text{ kg/l} \cdot 1000\text{ g/kg} \approx 210\text{ g/km}$
 Für Benzin: $8,0\text{l}/100\text{ km} \cdot 2,32\text{ kg/l} \cdot 1000\text{ g/kg} \approx 186\text{ g/km}$
 Für Autogas: $8,0\text{l}/100\text{ km} \cdot 1,90\text{ kg/l} \cdot 1000\text{ g/kg} \approx 152\text{ g/km}$

A5 Lösungsweg:

Methan hat einen Heizwert von $50\text{ MJ/kg} = 1\text{ MJ}/20\text{ g}$
 Octan hat einen Heizwert von $42\text{ MJ/kg} = 1\text{ MJ}/23,8\text{ g}$

20 g Methan entsprechen $20\text{ g}/16\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,25\text{ mol}$
 23,8 g Octan entsprechen $23,8\text{ g}/114\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,21\text{ mol}$

Laut den Reaktionsgleichungen in [A2] entstehen bei der Verbrennung von:

1,25 mol Methan daher auch 1,25 mol Kohlenstoffdioxid
 $\Rightarrow 1,25\text{ mol} \cdot 44\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 55\text{ g}$

0,21 mol Octan also $0,21\text{ mol} \cdot 8 = 1,68\text{ mol}$ Kohlenstoffdioxid.
 $\Rightarrow 1,68 \cdot 44\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 73,9\text{ g}$

Pro Megajoule Verbrennungsenergie werden bei Methan 55 g, bei Octan 73,9 g Kohlenstoffdioxid freigesetzt.

A6

- a) Ein Teil der Strahlungsenergie der Sonne wird von der Erdoberfläche absorbiert und als Wärmestrahlung wieder abgegeben. Daneben wird ein Teil der Strahlungsenergie auch schon durch die Wolken, die Luft und die Eisflächen direkt in den Weltraum reflektiert. Durch Luftbestandteile wird diese Abgabe der Wärmestrahlung in den Weltraum verzögert. Im Normalfall entspricht die eingestrahlte Energiemenge der abgegebenen, die Erde erwärmt sich nicht.
- b) Nimmt die Menge der Treibhausgase jedoch stark zu, kann nicht mehr ausreichend Wärmeenergie in den Weltraum abgegeben werden, es kommt zur Aufheizung der Atmosphäre, zum Treibhauseffekt.

A7 Die Vielfalt der Primärenergien ermöglicht es, unterschiedliche Unterrichtsmethoden (Gruppenarbeit, Gruppenpuzzle, Projekt, Internetrecherche) zu nutzen. Im Folgenden können nur einige wenige Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Primärenergieträger aufgezeigt werden. Eine vollständige Darstellung würde mehrere Bände umfassen.

1. **Kohle** ist ein fossiler Energieträger. Der Massenanteil des Kohlenstoffs beträgt über 50%.
- *Vorzüge:* Kohle kann verbrannt werden, um die in ihr gespeicherte Energie in thermische oder elektrische Energie umzuwandeln. Aus Kohle können aber auch Gas und Benzin und einige Grundstoffe der chemischen Industrie gewonnen werden. Ein großer Teil der Kohle wird zur Herstellung von Koks eingesetzt. Koks wird zur Reduktion von Eisenoxiden im Hochofen benötigt.

- *Nachteile:* Bei der Verbrennung der Kohle entsteht Kohlenstoffdioxid, das zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt. Bei der Verbrennung der meisten Kohlesorten entsteht auch Schwefeldioxid, dieses lässt sich aber in modernen Kohlekraftwerken weitgehend entfernen. Die Kohlevorräte sind endlich.
- 2. Erdöl** besteht hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen. Rohöl ist mit mehr als 17 000 Verbindungen ein komplexes und vielfältiges Gemisch, das natürlich auf der Erde vorkommt. Erdöl ist der derzeit wichtigste Rohstoff der modernen Industriestaaten, der zur Erzeugung von Treibstoffen und für die chemische Industrie herausragende wirtschaftliche Bedeutung besitzt.
- *Vorzüge:* Die meisten chemischen Erzeugnisse lassen sich aus ca. 300 Grundchemikalien aufbauen. Diese Molekülverbindungen werden heute zu ca. 90 % aus Erdöl und Erdgas gewonnen. Zu diesen gehören: Ethen, Propen, Butadien, Benzol, Toluol, *ortho*- und *para*-Xylol. Nur ca. 6 bis 7 % des weltweit geförderten Erdöls werden für die chemischen Produktstammbäume verwendet, der weitaus größere Anteil wird einfach in Kraftwerken und Motoren verbrannt. Gibt es kein Erdöl mehr, müssen diese Grundchemikalien über alternative und kostenintensivere Verfahren mit hohem Energieverbrauch hergestellt werden. Der chemische Baukasten des Erdöls wird verwendet, um fast jedes chemische Erzeugnis zu produzieren. Dazu gehören Farben und Lacke, Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel. Erdöl ist viel zu schade, als dass es nur verbrannt wird.
 - *Nachteile:* Umweltbelastungen bei der Förderung, dem Transport, der Lagerung und Aufbereitung; bei der Verbrennung der Erdölprodukte entsteht Kohlenstoffdioxid, das zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt. Erdöl selbst und einige Produkte sind gesundheitsschädlich, giftig, sehr giftig und/oder cancerogen. Die Erdölvorräte sind endlich. Die Erdölvorräte sind sehr ungleichmäßig verteilt. Sie können die Ursache für kriegerische Auseinandersetzungen bilden.
- 3. Das Uranisotop ^{235}U** ist die einzige bekannte natürlich vorkommende Atomart, die zu einer nuklearen Kettenreaktion fähig ist. ^{235}U wird in Kernkraftwerken zur Energiegewinnung genutzt. Grundlage eines Kernkraftwerkes ist die Energie, die bei der Spaltung von Atomkernen frei wird. In einem Kernkraftwerk (KKW) – häufig auch Atomkraftwerk (AKW) genannt – wird elektrische Energie durch Kernspaltung gewonnen. Die Erzeugung elektrischer Energie geschieht indirekt. Die Wärme, die bei der Kernspaltung entsteht, wird auf ein Kühlmittel übertragen. Meist ist das Kühlmittel Wasser, bei der Erwärmung wird Wasserdampf erzeugt, der dann eine Dampfturbine antreibt. Ein Kernkraftwerk weist in der Regel mehrere Blöcke auf.
- *Vorzüge:* Uran steht wahrscheinlich als Energierohstoff noch für mehr als 200 Jahre zur Verfügung, wobei die Reichweite natürlich von mehreren Faktoren abhängt: Ausbau der Kernkraft, technologische Weiterentwicklung der Nutzung, Förderkosten für Uran, Preis des Urans usw. Uran wird derzeit überwiegend in politisch stabilen Ländern gefördert. Aufgrund seiner hohen Energiedichte und seiner sehr guten Lagerfähigkeit kann Uran gut bevorratet werden. Die Erzeugung von Energie aus Uran beim Betrieb von Kernkraftwerken kann nahezu ohne Freisetzung von Kohlenstoffdioxid erfolgen.
 - *Nachteile:* Wegen der Gesundheitsgefahren der Radioaktivität und des möglichen Einsatzes in Atomwaffen ist der Abbau und die Verwendung von Uran politisch stark umstritten. Der Uranabbau kann zu Umweltschäden und Gesundheitsschäden führen, da durch den Uranbergbau Uran und radioaktive Folgeprodukte (z. B. das radioaktive Edelgas Radon) freigesetzt werden und aus dem Untergrund an die Oberfläche gelangen. Auch die Uranvorräte sind endlich. Das größte Problem ist die sichere „Endlagerung“ abgebrannter Brennstäbe und kontaminierten Materials.
- 4. Erdgas** ist ein brennbares Naturgas, das hauptsächlich aus Methan besteht. Häufig enthält Erdgas auch größere Anteile an Ethan, Propan, Butan und Ethen. Ein Nebenbestandteil ist häufig Schwefelwasserstoff, der durch „Entschwefelung“ entfernt werden muss, ein weiterer Nebenbestandteil ist Kohlenstoffdioxid. Dieses wird in die Luft abgegeben. Von großem Wert sind Erdgase, die einen höheren Anteil an Helium (bis zu sieben Prozent) enthalten. Diese sind die Hauptquelle der Heliumgewinnung.
- *Vorzüge:* Erdgas kann in Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung verbrannt werden. Ein Erdgaskraftwerk kann in Spitzenzeiten des Energieverbrauchs hochgefahren und in Zeiten geringen Energieverbrauchs heruntergefahren werden. Bei der Verbrennung von Erdgas wird bezogen auf die Verbrennungswärme z. B. von 1 kWh weniger Kohlenstoffdioxid erzeugt als bei der Verbrennung von Braunkohle, Steinkohle oder Heizöl. Erdgas kann anstelle von Benzin zum Betrieb von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden.
 - *Nachteile:* Bei der Verbrennung von Erdgas wird Kohlenstoffdioxid gebildet.

5. Unter **Biomasse** werden alle rezenten Stoffe organischer Herkunft verstanden (rezent: gegenwärtig lebend, im Gegensatz zu fossil). Zur Biomasse gehören damit:
- die in der Natur lebenden Pflanzen und Tiere (Phyto- und Zoomasse),
 - die pflanzlichen und tierischen Rückstände bzw. Nebenprodukte (z. B. tierische Exkremente wie die Gülle),
 - abgestorbene, aber noch nicht fossile Pflanzen- und Tiermasse (z. B. Stroh),
 - im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung oder eine Nutzung von Pflanzen und Tieren entstanden sind (z. B. Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Stoffe des Hausmülls, Alkohol, Pflanzenöl usw.)
- Die Abgrenzung der Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern beginnt beim Torf, dem fossilen Sekundärprodukt der Verrottung. Damit zählt Torf im strengeren Sinn dieser Begriffsabgrenzung nicht mehr zur Biomasse. In einigen Ländern (u. a. Schweden, Finnland) wird Torf durchaus als Biomasse bezeichnet.
- Der Vielfalt der Biomasse entspringen die vielen Vorzüge und Nachteile, die eigentlich getrennt betrachtet werden müssten. Im Folgenden werden nur einige Beispiele aufgezeigt.
- **Vorzüge:** Die Nutzung von Biomasse ist im Hinblick auf Kohlenstoffdioxid weitgehend neutral, da nur das Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird, das zuvor bei der Entstehung der Biomasse der Atmosphäre entnommen wurde.
Holzpellets können zur Heizung und natürlich auch zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Sie haben einen Heizwert von ca. 5 kWh/kg. Damit entspricht der Energiegehalt von einem Kilogramm Pellets ungefähr dem von einem halben Liter Heizöl. Zur Herstellung von Holzpellets kann Restholz (Späne, Sägemehl, Äste usw.) eingesetzt werden. Holzpellets lassen sich in einer modernen Heizungsanlage automatisch zuführen.
Das bei der „Vergärung“, dem mikrobiologischen Abbau von organischen Stoffen in feuchter Umgebung unter Luftabschluss (anaerobes Milieu), gebildete Biogas besteht hauptsächlich aus Wasser, Kohlenstoffdioxid und Methan.
Das Biogas kann am Ort seiner Bildung, z. B. in Kläranlagen, auf einem Bauernhof, verbrannt werden. Das Methan kann abgetrennt und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. Die Biogasproduktion kann Abfallstoffe nutzen, die sonst die Umwelt belasten würden. Allerdings werden zur Biogasproduktion auch „Energiepflanzen“ angebaut.
Der Einsatz von Ethanol, Rapsöl und Rapsölmethylester hilft, fossile Energieträger einzusparen.
 - **Nachteile:** Beim Anbau von Energiepflanzen gehen Flächen der Nahrungsmittelproduktion oder des Umweltschutzes verloren. Wenn die Wälder aufgeräumt werden, alle Äste usw. genutzt werden, wird der natürliche Kreislauf des Waldes empfindlich gestört. Beim Verbrennen von Rapsölmethylester entstehen mehr und gefährlichere Reaktionsprodukte als bei der Verbrennung von Benzin oder Diesel.
6. Bei einem **Gezeitenkraftwerk** wird während der Flut ein vom Meer abgetrennter Stauraum mit Wasser aufgefüllt. Bei der darauf folgenden Ebbe wird das aufgestaute Wasser für den Betrieb der Turbinen genutzt. Die Turbinen können aber auch beim Füllvorgang arbeiten. Das größte bisher gebaute Kraftwerk dieser Art steht in Frankreich (240 MW), an der Mündung des Flusses Rance. Der Tidenhub kann hier bis zu 18 m erreichen.
- **Vorteile:** Die Nutzung der Gezeitenenergie ist Kohlenstoffdioxid-neutral.
Zurzeit gibt es auch Ansätze, die Meeresströmungen für energetische Zwecke zu nutzen. So wird in dem britisch-deutschen Projekt „Seaflo“ versucht, die kinetische Energie dieser Strömung mit großen Propellern – die unter Wasser angeordnet werden – umzusetzen.
Der Standort dieses neuen Strömungskraftwerks befindet sich vor der Küste Cornwalls.
 - **Nachteile:** Hohe Anforderungen an die Technik und das eingesetzte Material. Es muss ein genügender Tidenhub (mindestens 3 m) herrschen. Der Naturschutz wird beeinträchtigt.
7. **Erdwärme**
- **Vorzüge:** Die Erdwärme gehört zu den Energiequellen, deren Einsatz den Ausstoß von Treibhausgasen deutlich reduzieren kann. Im Gegensatz zu den anderen regenerativen Energien steht sie fast überall und jederzeit zur Verfügung – unabhängig vom Klima und von der Jahres- und Tageszeit. Mit den heute zur Verfügung stehenden Techniken lässt sich Erdwärme sowohl oberflächennah als auch in großen Tiefenbereichen bis zu 5000 m und mehr nutzen. Die niedrigen Temperaturen in den oberen Erdschichten werden vor allem zur Beheizung von Gebäuden genutzt. Weit verbreitet ist dabei der Einsatz wartungsarmer Erdwärmesonden. Die in größeren Tiefen vorhandenen thermischen Energiepotenziale werden über geothermische Tiefensonden, über die Förderung von heißen Tiefenwässern (Thermalwässern) oder durch die Errichtung von geothermischen Kraftwerken genutzt.
In Gebäuden kann die Erdwärme zur Heizung und Klimatisierung eingesetzt werden. Die Erdwärmennutzung ist bei geringer Tiefe des Grundwassers besonders effizient. Bei offenen Systemen entnimmt man kontinuierlich oberflächennahes Grundwasser. Am Wärmetauscher gibt

das Grundwasser seine Wärme ab (Hausheizung) oder es erwärmt sich durch überschüssige Raumwärme (Klimatisierung). Anschließend leitet man das abgekühlte bzw. erwärmte Wasser in den Grundwasserleiter zurück.

- **Nachteile:** Zur Nutzung der Erdwärme bedarf es einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe. Es sind hohe Anfangsinvestitionen notwendig. Der Einsatz der Erdwärme bietet sich zunächst für Neubauten an.

8. Bei der **Wasserkraft** wird die Energie des strömenden Wassers genutzt. Diese Energie kann in mechanische Energie umgewandelt werden. Früher wurden damit Mühlen betrieben. Heute wird mithilfe von Turbinen meist elektrische Energie erzeugt, der Wirkungsgrad beträgt über 90%.
- **Vorzüge:** „Wasserkraft“ gehört zu den regenerativen Energiequellen und ist Kohlenstoffdioxid-neutral. Die „Wasserkraft“ hatte von allen regenerativen Energiequellen den höchsten Anteil an der Stromerzeugung. Es entstehen keine Abfallstoffe, es werden nicht fortlaufend Rohstoffe verbraucht. Vor den Kraftwerken wird der Müll aus dem Wasser entfernt. In den Turbinen wird das Wasser mit Luft angereichert.
 - **Nachteile:** Unter Umständen starke Eingriffe in die Natur: Begradigung von Flüssen, Errichtung von Stauseen, Umsiedlung der Bevölkerung, Veränderung der Fließgeschwindigkeit, Behinderung der Wanderung der Fische.

9. Bei der **Windenergie** wird die Energie der strömenden Luftmassen genutzt. Die Nutzung der Energie des Windes ist eine der ältesten Formen der Nutzung der Energie aus der Umwelt. Heute werden Windenergieanlagen vor allem zur Gewinnung elektrischen Stroms eingesetzt. In einigen Bereichen der deutschen Nordsee werden inzwischen über 70% des elektrischen Stroms aus Windenergie gewonnen. Die Erzeugung von elektrischer Energie aus Windenergie hat in Deutschland die Erzeugung elektrischer Energie aus „Wasserkraft“ überholt.
- **Vorzüge:** Es werden keine Rohstoffe fortwährend verbraucht, es entstehen keine Abfallstoffe, Windenergie ist Kohlenstoffdioxid-neutral. Die Energie, die zur Herstellung einer Windenergieanlage eingesetzt werden muss, hat sich nach Auskunft der Befürworter energetisch in kurzer Zeit amortisiert.
 - **Nachteile:** Da der Wind nicht immer mit gleicher Geschwindigkeit (als günstig gilt 6,9 m/s in einer Höhe von 80 m) weht, kann die Windenergie nur im Verbund mit Speichereinrichtungen oder anderen Energiequellen genutzt werden. Windenergie kann nur Teil eines Energiemixes sein. Das Landschaftsbild wird beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung wird von Kritikern als „Verspargelung“ bezeichnet.

A8

- a) Der Heizwert der Holzpellets ist viel kleiner als der Heizwert des Erdöls bei gleicher Masse. Man benötigt also mehr Platz für die Lagerung von Holzpellets, wenn man die gleiche Wärmemenge durch Verbrennung von Holzpellets gewinnen möchte. Allerdings kann auslaufendes Heizöl aus einem leckgeschlagenen Tank das Erdreich verseuchen. Entscheidend ist, dass Heizöl aus dem fossilen Energierohstoff Erdöl gewonnen wird. Bei der Verbrennung des Heizöls entsteht Kohlenstoffdioxid, das in die Atmosphäre gelangt und zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt. Auch bei der Verbrennung von Holzpellets gelangt Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre, allerdings haben die Pflanzen bei ihrem Wachstum Kohlenstoffdioxid der Atmosphäre entzogen. Bei der Verbrennung der Holzpellets entsteht also kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid.
- b) Biogas ist insbesondere dann eine Alternative zu Erdöl und Holzpellets, wenn es durch die bakterielle Zersetzung von organischem Material, wie Stallmist, Klärschlamm und Speiseresten, gewonnen wird. Wenn extra Energiepflanzen für die Gewinnung von Biogas angebaut werden, ist dieses kritischer zu bewerten. Methan und auch Erdgas sind eine Alternative zum Erdöl, weil bei der Verbrennung von Methan bzw. Erdgas bezogen auf die gleiche Energiemenge weniger Kohlenstoffdioxid entsteht.
- Der Einsatz Holzpellets zur Erzeugung von Wärme ist dann sinnvoll, wenn Restholz oder Holz, das durch Windbruch anfällt, für Holzpellets genutzt wird. Abzulehnen sind Holzpellets, die durch das Abholzen von Tropenhölzern gewonnen werden. Beim Verbrennen von Holzpellets fällt auch Feinstaub an, der die Luftqualität negativ beeinflusst. Die Heizungen müssen also gepflegt und überwacht werden.
- Die Verbrennung von Erdgas bzw. Methan beeinflusst die Luftqualität nicht oder sehr wenig. Beim Verbrennen von Holzpellets fällt auch Asche an. Diese kann, wenn sie schadstofffrei ist, als Dünger eingesetzt werden. Beim Düngen erhöht sie den pH-Wert des Bodens.

10.51 Zusammenfassung und Übung (S. 444 – 446)

Zu den Aufgaben

A1

Name	Molekülformel	Halbstrukturformel	Strukturformel
Methanol	CH ₄ O	CH ₃ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Ethanol	C ₂ H ₆ O	CH ₃ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Propan-1-ol	C ₃ H ₈ O	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Butan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

A2

Butan-1-ol	Butan-2-ol	2-Methylpropan-2-ol
H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
primäres Alkohol-Molekül	sekundäres Alkohol-Molekül	tertiäres Alkohol-Molekül

Andere Lösungen sind möglich.

A3 Es gibt zwei mögliche Lösungen:

Name	Strukturformel
2-Methylbutan-1,2,3-triol	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \quad \text{H} \end{array}$
3-Methylbutan-1,2,3-triol	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$

A4

Butan-1-ol	2-Methylpropan-1-ol	Butan-2-ol	2-Methylpropan-2-ol
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
primär	primär	sekundär	tertiär

A5

a) Siedetemperatur Wasser: 100 °C, Siedetemperatur Ethanol: 78 °C

Die hohe Siedetemperatur des Wassers deutet darauf hin, dass der Zusammenhalt zwischen den Wasser-Molekülen außergewöhnlich groß ist. Zwischen einem Wasserstoff-Atom eines Moleküls und dem Sauerstoff-Atom eines anderen Moleküls besteht eine starke Anziehung, die man als Wasserstoffbrücke (H-Brücke) bezeichnet. Jedes Wasser-Molekül kann zwei Wasserstoffbrücken zu Nachbar-Molekülen bilden. Dabei geht jeweils ein Wasserstoff-Atom eine Wechselwirkung mit einem nicht bindenden Elektronenpaar eines Sauerstoff-Atoms ein. Wasserstoffbrücken werden ständig gelöst und mit anderen Molekülen neu gebildet. Wasserstoffbrücken sind starke Wechselwirkungen zwischen den polaren Bindungen der Moleküle von Wasserstoff-Verbindungen. Das Ethanol-Molekül besitzt eine OH- bzw. Hydroxygruppe. Die Bindung zwischen dem Wasserstoff- und dem Sauerstoff-Atom ist stark polar, mit einer positiven Teilladung am Wasserstoff-Atom und einer negativen am Sauerstoff-Atom. Es liegt ein Dipol vor. Zwischen Ethanol-Molekülen können sich Wasserstoffbrücken ausbilden.

b) Siedetemperatur Wasser: 100 °C, Siedetemperatur Methanol: 65 °C

Im Unterschied zu einem Wasser-Molekül kann jedes Methanol-Molekül nur ein Wasserstoff-Atom zur Verfügung stellen, um eine Wasserstoffbrücke zum Nachbar-Molekül auszubilden. Insgesamt sind daher die zwischenmolekularen Kräfte schwächer als beim Wasser. Dementsprechend ist auch die Siedetemperatur von Methanol mit 65 °C niedriger als die von Wasser.

A6

a) Das Diagramm beschreibt den Verlauf der Siedetemperaturen für die Stoffklassen der Alkane und Alkanole. Auf der x-Achse ist die Zahl der Elektronen im Molekül und auf der y-Achse die entsprechende Siedetemperatur aufgetragen. In beiden Fällen steigen die Kurven innerhalb der homologen Reihe an. Die Kurve der Alkanole liegt über der der Alkane.

Während die Kurven bei den ersten Gliedern der homologen Reihen noch weit auseinanderliegen, kommt es am Ende zu einer Annäherung der Siedetemperaturen.

b) Die Siedertemperaturkurve der Alkanole liegt über der Kurve der Alkane mit ähnlicher Kettenlänge und Elektronenzahl. Dies ist auf die Polarität der OH-Gruppe zurückzuführen, die zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Alkanol-Molekülen führt.

c) Mit zunehmender Kettenlänge nähern sich allerdings die Siedetemperaturen von Alkanen und entsprechenden Alkanolen an, da die London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte) zwischen den Alkan-Molekülen bzw. Alkylgruppen mit zunehmender Molekülgröße und damit zunehmender Elektronenzahl immer größer werden. Sie gewinnen gegenüber den Wasserstoffbrücken einen immer größeren Anteil an den zwischenmolekularen Kräften. Der erste bei Zimmertemperatur feste Alkohol ist Dodecan-1-ol.

A7

a) Obwohl beide Moleküle ähnliche Molekülmassen besitzen, hat Butan eine deutlich geringere Siedetemperatur als 1-Propanol. Die zwischenmolekularen Kräfte müssen zwischen den Butan-Molekülen wesentlich schwächer sein als zwischen den Propan-1-ol-Molekülen. Zwischen den Butan-Molekülen herrschen schwache London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte), dagegen zwischen Propan-1-ol-Molekülen relativ starke Wasserstoffbrücken.

b) Aufgrund der Kettenlänge der Hexan-Moleküle sind die London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte) zwischen den Hexan-Molekülen ähnlich groß wie die Wasserstoffbrücken zwischen den Methanol-Molekülen. Daraus folgen die ähnlichen Siedetemperaturen von Methanol und Hexan.

A8

Ethanol-Moleküle besitzen eine polare Hydroxygruppe und eine unpolare Ethylgruppe. Der Stoff ist daher sowohl hydrophil als auch lipophil. Das Ethanol wirkt als Lösungsvermittler (Emulgator).

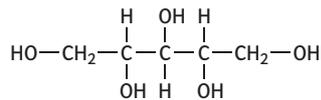
A9

Es gibt kein Pentan-2,2-diol, denn es ist instabil. Die Erlenmeyer-Regel besagt, dass chemische Verbindungen, die an einem Kohlenstoff-Atom mehr als eine Hydroxygruppe (–OH) tragen, nicht stabil sind, sondern zur Abspaltung von Wasser neigen.

A10

a) Glycerin-Moleküle können aufgrund der OH-Gruppen Wasserstoffbrücken zu Wasser-Molekülen ausbilden. Glycerin dient daher als Feuchthaltemittel in Kuchen (dieser bleibt länger saftig). In Cremes dient Glycerin der Haut als Feuchtigkeitsspender.

b) Glycerin ist hygroskopisch und bindet Wasser aus der Luftfeuchtigkeit.

A11

Xylit (Pentan-1,2,3,4,5-pentol)

Aufgrund der zahlreichen Hydroxygruppen ist Xylit in Wasser leicht löslich.

Zuckeralkohole, eigentlich Alditole, sind nichtcyclische Polyole, die sich strukturell als Reduktionsprodukte von Kohlenhydraten (Zuckern) ableiten.

Die allgemeine Formel lautet $\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_n\text{CH}_2\text{OH}$.

A12 In der Abbildung erkennt man, dass sich die Flüssigkeiten in den beiden linken Reagenzgläsern vollständig vermischt haben, im dritten Reagenzglas zeigt die alkoholische Phase noch eine Blaufärbung, im rechten Reagenzglas hat sich das Alkanol gar nicht mit dem Wasser vermischt. Bei den Alkanolen Methanol und Ethanol überwiegt aufgrund der kurzen unpolaren Alkylgruppen der Moleküle der polare Charakter der Hydroxygruppe. Diese beiden Alkanole sind hydrophil. Beim Propanol-Molekül ist die Alkylgruppe schon länger, der lipophile Charakter nimmt dadurch zu. Beim Heptanol-Molekül schließlich überwiegt die unpolare Kette gegenüber der polaren Hydroxygruppe ganz eindeutig, Heptanol zeigt einen deutlich lipophilen und hydrophoben Charakter.

A13 Kunststoffe bestehen aus Polymeren, das sind Makromoleküle, die wiederum aus kleineren Molekülen, den Monomeren, aufgebaut sind.

A14

- a) Die Verwendung von Ethanol anstelle von Benzin soll die Abhängigkeit von Erdölimporten mindern. Ferner handelt es sich bei Ethanol um einen nachwachsenden Rohstoff.
- b) Einige Probleme, die mit der Herstellung von Ethanol aus Zuckerrohr aufgetreten sind:
- Der Anbau von Zuckerrohr auf Flächen, die bisher der Nahrungsmittelproduktion dienten, führte dazu, dass Grundnahrungsmittel importiert werden mussten und zu einer Landflucht mit Bildung von Slums in den Großstädten.
 - Der Zuckerrohranbau erforderte eine intensive Düngung mit ihren negativen Folgen.
 - Die Abwässer der Ethanolfabriken verschmutzten die Flüsse.
 - Die staatliche Förderung führte zu einer Festlegung auf den Pkw als dominantes Verkehrsmittel; der öffentliche Personennahverkehr wurde nicht mehr gefördert.
 - Der enorme Aufwand an Steuermitteln (bis zu 15 Mrd. US-Dollar pro Jahr) führte dazu, dass das Geld für lebenswichtige Projekte fehlte.
- c) Nachwachsende Rohstoffe besitzen eine wesentlich günstigere Kohlenstoffdioxid-Bilanz als fossile Rohstoffe. Wenn man den Kohlenstoffdioxid-Ausstoß bei Anbau, Pflege, Düngung, Ernte und Verarbeitung nicht berücksichtigt, wird bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe nur gerade so viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie die Pflanze beim Wachstum gebunden hat. Diesem Vorteil stehen allerdings die in **b)** genannten Nachteile gegenüber.

A15

- a) Die Industrieländer wollen Kosten sparen und ihre Umwelt nicht mit der Deponierung oder dem Verbrennen der Kunststoffabfälle belasten. Der Export ist zudem eine günstige Alternative zum Recycling, da das Recycling hier immer noch relativ teuer ist. Schwellen- und Entwicklungsländer haben geringe Lohnkosten, sodass die Kosten fürs Sortieren und Recyceln dort niedrig sind. Für Schwellen- und Entwicklungsländer ist der Import aber auch wirtschaftlich vorteilhaft, da Containerschiffe auf dem Weg in die Länder besser ausgelastet werden und das Granulat aus recyceltem Plastik für einfache Produkte verwendet werden kann. Meist landen die Kunststoffabfälle allerdings größtenteils auf ungeordneten Deponien ohne Sickerwasser- oder Gasauffangvorrichtungen. Gesammelt, sortiert und verwertet werden sie dort oft durch private Personen und Organisationen, die den Müll unter schwierigen Bedingungen und Gesundheitsrisiken trennen und Wertstoffe herausuchen.
- b) Wenn der Export verboten wird, würde viel mehr Müll in den Industrieländern verbleiben, der entsorgt werden müsste. Für die Entsorgung fehlen aber die Recyclinganlagen, sodass ein Großteil des Mülls thermisch verwertet werden müsste. Auch die Müllverbrennungsanlagen würden nicht ausreichen und der Müll müsste beispielsweise in Zementwerken verbrannt werden. Wenn Industrieländer ihre Abfälle stattdessen trennen und effizient verwerten, können sie viel zum Klimaschutz beitragen. Dies und die Verbrennung von nicht nutzbarem Restmüll in effizienten Müllverbrennungsanlagen senken die Treibhausgasemissionen. Auch die Vermüllung der Weltmeere kann dadurch vermindert werden. Klare politische und rechtliche Regelungen durch Abfallwirtschaftsgesetze oder ähnliche Maßnahmen sind dazu notwendig.

Linktipp:

<https://www.quarks.de/umwelt/muell/so-wirkt-sich-chinas-einfuhrverbot-auf-unseren-plastikmuell-aus/> (zuletzt abgerufen am 04.03.2020)

A16 Erdöl als Rohstoff

a) Vorteile: Erdöl steht zur Verfügung; Kunststoffe mit gewünschten Eigenschaften können hergestellt werden; Erdöl kann zunächst als Kunststoffprodukt verwendet werden und später der thermischen Verwertung zur Energiegewinnung zugeführt werden.

Nachteile: Dieses Erdöl steht dann nicht sofort als Energieträger zur Verfügung. Der große Anteil an Plastikmüll ist ökologisch bedenklich.

b) Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen können an manchen Stellen sicherlich eine Alternative sein. Bisher gibt es aber noch nicht solch ein großes Spektrum von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, die denen aus Erdöl vergleichbar wären. Bei der Herstellung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen fällt der CO₂-Ausstoß geringer aus und die Ressource Erdöl wird geschont. Problematisch bei Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen ist der Preis. Preisunterschiede liegen im Bereich Faktor 2 bis 5, um den die Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen teurer sind als die Kunststoffe aus Erdöl. Für Biokunststoffe gibt es bisher noch keine umfassenden Ökobilanzen.

A17 In [B11] sind die folgenden Verfahren dargestellt:

Extrusion (von lat. *extrudere*, ausstoßen): Die Schmelze wird kontinuierlich durch ein gekühltes Werkzeug gepresst. Je nach Form der Ausgangsöffnung (Düse) können z. B. Rohre oder Bänder erzeugt werden.

Spritzgießen: Hierbei handelt es sich um ein nicht-kontinuierlich ablaufendes Extrusionsverfahren. Das gekühlte Werkzeug wird durch ein Ventil geöffnet, die geschmolzene Masse wird eingespritzt, anschließend wird das Ventil geschlossen. Der Hohlraum des Werkzeugs bestimmt die Form.

Hohlkörperblasen: Ein durch Extrusion hergestelltes, abgekühltes, aber noch warmes und verformbares Schlauchstück wird in das Innere der geöffneten zweiteiligen Blasform gegeben.

Diese wird dann geschlossen. Durch Einführen von Druckluft in den Schlauch wird dieser erweitert und an die Innenwände der entsprechend vorgeformten Blasform gepresst. Die Nahtstelle, die durch die beiden Teilen der Blasform entsteht, ist später noch erkennbar.

Folienblasen: Dieses Verfahren ähnelt dem Hohlkörperblasen. Hier wird ein durch Extrusion hergestellter dünnwandiger Schlauch in einem Blaskopf durch eine ringförmige Düse mit Druckluft aufgeblasen. Ohne Formgebung durch ein Werkzeug entsteht eine Folie, die anschließend aufgeschnitten wird.

Pressen: Dieses Verfahren hat Ähnlichkeiten mit dem Spritzgießen. Der geschmolzene Kunststoff wird in eine zweigeteilte Form gegeben und durch Schließen des Werkzeug unter Druck in seine Form gepresst.