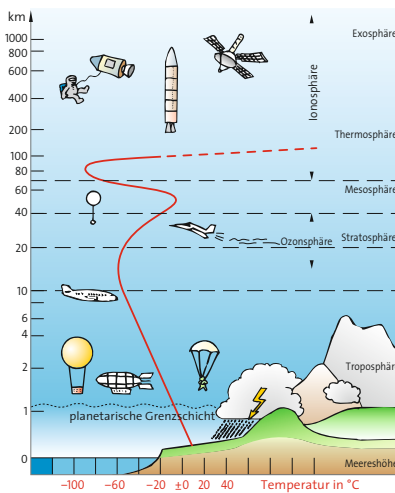




B1 Weltall-Foto mit Nordafrika, der Gibraltar-Straße und Südspanien



B2 Schichtung der Atmosphäre und Temperaturprofil (rote Linie). **A:** Erklären Sie, warum der Luftaustausch zwischen Troposphäre und Stratosphäre nur gering ist (vgl. INFO).

Auswertung

- a) Die Atmosphäre der Venus besteht ebenso wie die des Mars zu ca. 96% aus Kohlenstoffdioxid und zu ca. 3,5% aus Stickstoff. Die mittlere Temperatur auf der Venus beträgt 450°C , auf dem Mars -50°C . Vergleichen Sie mit den Bedingungen auf der Erde und beurteilen Sie die Lebensbedingungen auf unseren Nachbarplaneten.
- b) Stellen Sie Vermutungen an, warum sich die Temperaturen auf Venus und Mars so stark unterscheiden, und suchen Sie nach geeigneten Informationsquellen.

Unsere Atmosphäre – ein Ozean aus Luft

INFO

„Wir leben am Grunde eines Ozeans aus Luft“ stellte im Jahr 1640 der italienische Physiker EVANGELISTA TORRICELLI fest. Dieser Ozean aus Luft ist unsere Atmosphäre. Sie ist zwar wesentlich tiefer als das Weltmeer an seiner tiefsten Stelle, aus dem Weltall betrachtet erscheint sie aber nur als eine hauchdünne bläuliche Schicht (B1).

Unsere Atmosphäre ist lebensfreundlich. Aufgrund ihrer Schichtung (B2) und Zusammensetzung (B3) gewährleistet sie an der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von $+15^{\circ}\text{C}$ und sichtbares Licht, aus dem die schädliche UV-Strahlung der Sonne weitgehend herausgefiltert wurde. Sie enthält u. a. die Gase Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid, die für den Stoffwechsel der irdischen Lebewesen notwendig sind (vgl. S. 124 f).

Die ca. 10 km dicke Lufthülle über dem Erdboden, die **Troposphäre** (B2), stellt ca. 75% der gesamten Luftmasse unserer Atmosphäre dar. Innerhalb einer Entfernung von 50 km zur Erdoberfläche, d. h. bis einschließlich der **Stratosphäre**, sind bereits 99,9% enthalten. Die zwischen der Troposphäre und Stratosphäre gelagerte **Tropopause** ist mit ca. -60°C sehr kalt. Gase können diese kalte Schicht nur sehr schwer durchqueren.

Die drei Hauptbestandteile Stickstoff, Sauerstoff und Argon machen einen Volumenanteil von 99,96% aus (B3). Der restliche Volumenanteil von 0,04% beinhaltet Kohlenstoffdioxid, die anderen Edelgase sowie Spurenstoffe natürlicher und anthropogener Herkunft (B4 bis B6). Durch seine Aktivitäten, insbesondere durch die Nutzung fossiler Brenn- und Rohstoffe, zu denen auch Erdöl gehört, beeinflusst der Mensch die Zusammensetzung der Atmosphäre.

	Bestandteil	Formel	Volumenanteil
Hauptbestandteile	Stickstoff	N_2	78,08%
	Sauerstoff	O_2	20,95%
	Argon	Ar	0,93%
Hauptspurenstoffe	Kohlenstoffdioxid	CO_2	0,034%
	Neon	Ne	0,0018%
	Helium	He	0,0005%
	Methan	CH_4	0,00016%
	Krypton	Kr	0,00011%
	Wasserstoff	H_2	0,00005%
	Distickstoffmonoxid	N_2O	0,00003%
	Kohlenstoffmonoxid	CO	0,00002%
	Xenon	Xe	0,000009%
	Spurenstoffe	Ozon	O_3
Kohlenwasserstoffe (ohne Methan)		C_xH_y	10 bis 100 ppb
nitrose Gase		NO_x	0,01 bis 5 ppb
Schwefeldioxid		SO_2	0,1 bis 2 ppb
Difluordichlormethan		CF_2Cl_2	230 bis 300 ppt
Fluortrichlormethan		CFCl_3	160 ppt

B3 Zusammensetzung reiner Luft (in Meereshöhe). (Hinweis: 1 ppb (part per billion, $1 : 10^{-9}$) entspricht 1 mg pro kg oder 1 mm^3 pro m^3 ; 1 ppt (part per trillion, $1 : 10^{-12}$) entspricht 1 ng pro kg oder 1 mm^3 pro 1000 m^3 .)

Erdöl und die anthropogenen Emissionen

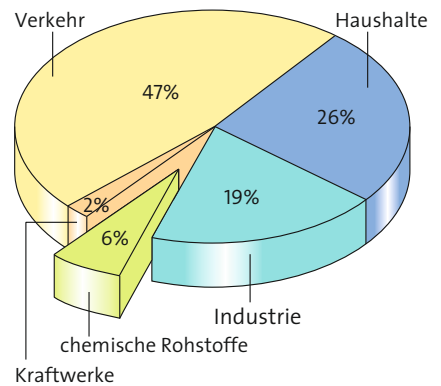
Die Atmosphäre ist ein offenes System (vgl. S. 59, B3), in das ständig Stoffe in Form von **Emissionen**¹ eintreten und als **Immissionen**² wirken (B6). Unter den **anthropogenen**³ Emissionen nehmen solche, die in Verbindung mit der Nutzung von Erdöl und Erdgas in die Atmosphäre gelangen, einen Spitzenplatz ein. Das liegt daran, dass der weitaus größte Teil der Kohlenwasserstoffe aus dem Erdöl verbrannt wird, obwohl man aus Erdöl auch 90 % aller Erzeugnisse der organischen Synthesechemie herstellt (B4, B5, vgl. auch S. 96, B2). Wenn Erdöl chemisch zu hochwertigen Kunststoffen, Farbstoffen oder gar Medikamenten verarbeitet wird, ist die **Wertschöpfung** viel höher, als wenn Erdölprodukte verbrannt werden.

Warum verbrennt man dennoch so viel Erdöl? Aus Erdöl lassen sich hochwertige flüssige Kraftstoffe herstellen, die (noch!) relativ billig sind. Erdöl lässt sich mit vergleichsweise geringem Aufwand fördern, transportieren und zu Kraftstoffen verarbeiten. Daher gewinnt man heute den weitaus größten Teil der Brennstoffe für Verkehrsmittel, für die Industrie und für das Heizen von Häusern aus Erdöl und Erdgas. Die Prognosen darüber, wie lange noch Erdöl und Erdgas als Primärenergieträger den ersten Platz einnehmen werden, sind unterschiedlich. Es ist aber davon auszugehen, dass dies bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts der Fall sein wird.

Im Erdöl und in den anderen fossilen Brennstoffen (Erdgas und Kohle) ist solare Lichtenergie gespeichert. Sie wurde vor Jahrmillionen durch Photosynthese (vgl. S. 125) in chemische Bindungsenergie umgewandelt. Bei der Verbrennung wird die gespeicherte Energie als Wärme verfügbar, der (z. B. in Alkanen) gebundene Kohlenstoff wird bis zu seiner höchsten Oxidationsstufe IV oxidiert und liegt nach der Verbrennung im Kohlenstoffdioxid gebunden vor. Wegen der intensiven Nutzung der fossilen Brennstoffe wird in unserer Zeit mehr Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre ausgestoßen, als photosynthetisch gebunden werden kann. Ein Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre ist die Folge (vgl. S. 105, B6).



B4 Anthropogene Emissionsquellen: Industrie, Kraftwerke, Verkehr, Haushalte, Handwerk



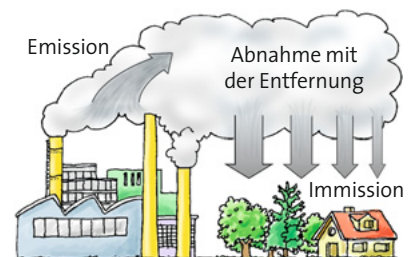
B5 Verwendung von Erdöl. Ca. 75% des geförderten Erdöls werden verbrannt.

Aufgaben

A1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Verbrennung von 2,2,4-Trimethylpentan. Bestimmen Sie die Oxidationszahlen der Kohlenstoff-Atome im Edukt und im Produkt.

A2 Berechnen Sie die Ozonkonzentration in mg pro m³ Luft, die dem Volumenanteil von 185 ppb (Normbedingungen) entspricht.

A3 Erläutern Sie, warum die Wertschöpfung bei der Verarbeitung von Erdöl zu Kunststoffen größer ist als bei der Verarbeitung zu Benzin.



B6 Emissionen und Immissionen. **A:** Erklären Sie den Zusammenhang.

¹ von *emittere* (lat.) = aussenden. Als Emission bezeichnet man Stoffe, Geräusche, Strahlen, Wärme usw., die an die Umwelt abgegeben werden.

² von *immittere* (lat.) = hineinsenken. Als Immissionen bezeichnet man Stoffe, Geräusche, Strahlen, Wärme usw., die auf Lebewesen und Sachgüter einwirken.

³ von *anthropos* (griech.) = Mensch und von *genea* (griech.) = Abstammung

Fachbegriffe

Troposphäre, Tropopause, Stratosphäre, Emission, Immission, anthropogen, Wertschöpfung