

KOHLNSTOFF

Der ewige Kreislauf

Kohlenstoff ist ein Hauptbaustein des Lebens. In einem ewigen Zyklus wird er gebunden, freigesetzt, erneut gebunden. Der unendliche Kreislauf beruht auf einem fragilen Gleichgewicht, das jetzt durch den Menschen aus dem Lot zu geraten droht. DANIEL RÖTTELE (INFOGRAFIK) UND THOMAS ANGELI (TEXT)

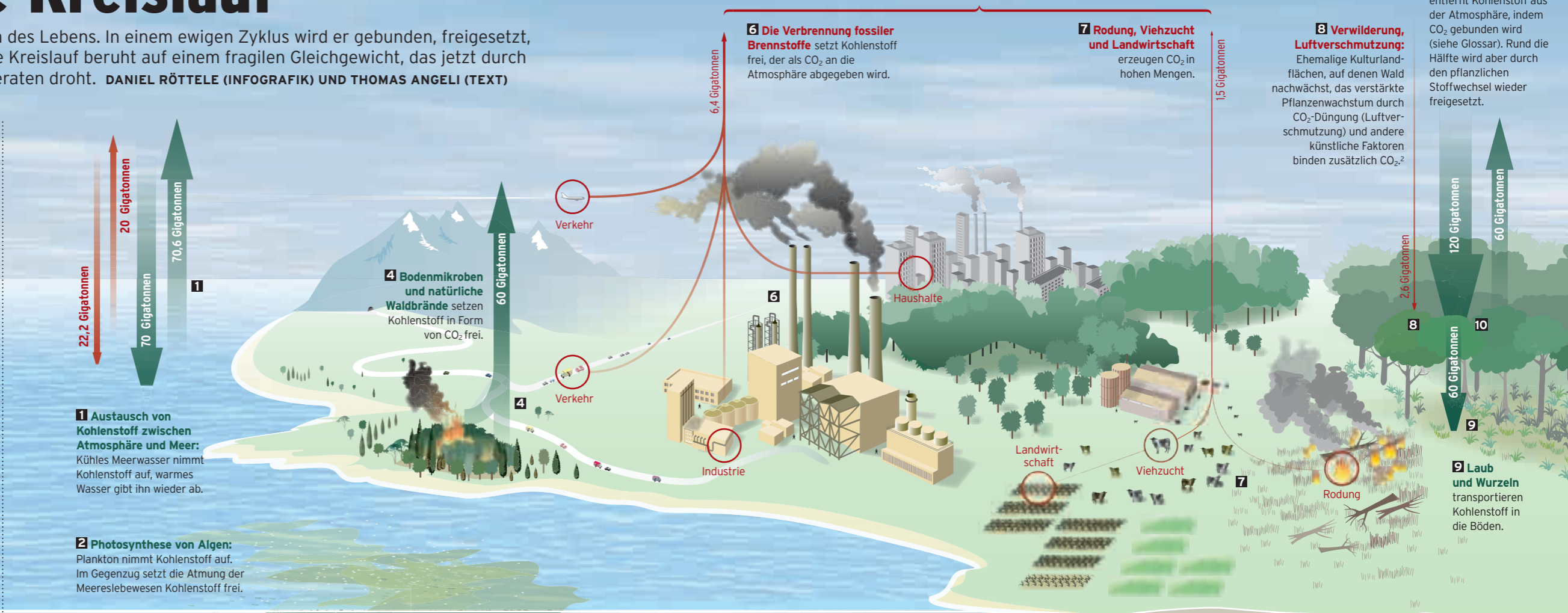
Wo Leben ist, ist Kohlenstoff. Er ist Teil von Laubblättern, Plastikbechern, Zeitschriften und Motorenöl. Er steckt tief in der Erdkruste in Jahrmillionen alten Kohle- und Erdöl-sedimenten, und er schwebt unsichtbar fürs Auge in den Luftschichten der Atmosphäre. Das gesamte Kohlenstoffvorkommen wird auf 75 Millionen Gigatonnen¹ geschätzt.

Kohlenstoff hat keinen festen Platz, er zirkuliert. In einem ewigen Kreislauf werden Kohlenstoff und seine Verbindungen aufgenommen, verwertet, ausgeschieden, wieder aufgenommen. Die grosse Masse zirkuliert sehr langsam, im Verlauf von mehreren 100 Millionen Jahren. Selbst der kurzfristige Kohlenstoffkreislauf übersteigt jedoch die menschliche Vorstellungskraft: Knapp 800 Gigatonnen Kohlenstoff (800 Billionen Kilogramm) werden verschoben.

Durch menschliche Aktivitäten werden zurzeit «nur» rund 7,9 Gigatonnen Kohlenstoff in Form von Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt. Sie stammen meist aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Kleine Ursache, grosse Wirkung: Weil sich nur ein winziger Teil des globalen Kohlenstoffs – etwa 0,001 Prozent – in der Atmosphäre befindet, wirkt sich jede Störung besonders stark aus: Luft, Erde und Ozeane erwärmen sich und lösen eine sogenannte «positive Rückkopplung» aus: Die immer wärmer werdende Luft heizt die Ozeane auf, weshalb diese weniger CO₂ aufnehmen können. Damit bleibt mehr CO₂ in der Atmosphäre, was den Treibhauseffekt verschlimmert – und beschleunigt.

Vor rund 55 Millionen Jahren geriet der Kohlenstoffkreislauf letztmals aus dem Gleichgewicht. Innerhalb einer geologisch kurzen Zeit gelangten rund 2000 Gigatonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre und erwärmten sie. Dadurch kam es auf der Erde zu einem Massensterben. Und rund 100 000 Jahre verstrichen, bis das Klima wieder im Lot war.

Der Mensch stört das Gleichgewicht: Der Ausstoss von Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus menschlichen Aktivitäten nimmt stetig zu (siehe Grafik unten rechts). Dadurch wird der Treibhauseffekt stark beschleunigt.



1 Austausch von Kohlenstoff zwischen Atmosphäre und Meer: Kühles Meerwasser nimmt Kohlenstoff auf, warmes Wasser gibt ihn wieder ab. 70 Gigatonnen

2 Photosynthese von Algen: Plankton nimmt Kohlenstoff auf. Im Gegenzug setzt die Atmung der Meereslebewesen Kohlenstoff frei. 70,6 Gigatonnen

4 Bodenmikroben und natürliche Waldbrände setzen Kohlenstoff in Form von CO₂ frei. 60 Gigatonnen

5 Meerwasserkreislauf: Absinkendes Oberflächenwasser schleust 91,6 Gigatonnen (Gt) Kohlenstoff in die Tiefe, rund 100 Gt steigen jedoch wieder auf. 90 Gigatonnen

Die kurzfristigen Kohlenstoffströme
 — natürliche Ströme
 — durch den Menschen verursachte Ströme in Gigatonnen¹ Kohlenstoff pro Jahr
 Die Mengenangaben sind langjährige Mittelwerte. Langfristige Kreisläufe (etwa bei der Verwitterung von Gestein) sind in der Grafik nicht berücksichtigt.

6 Die Verbrennung fossiler Brennstoffe setzt Kohlenstoff frei, der als CO₂ an die Atmosphäre abgegeben wird. 6,4 Gigatonnen

7 Rodung, Viehzucht und Landwirtschaft erzeugen CO₂ in hohen Mengen. 1,5 Gigatonnen

8 Verwitterung, Luftverschmutzung: Ehemalige Kulturlandflächen, auf denen Wald nachwächst, das verstärkte Pflanzenwachstum durch CO₂-Düngung (Luftverschmutzung) und andere künstliche Faktoren binden zusätzlich CO₂.² 2,6 Gigatonnen

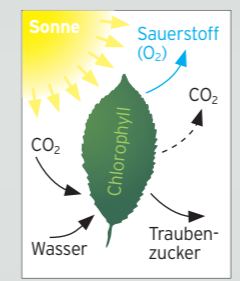
10 Die Photosynthese der Landpflanzen entfernt Kohlenstoff aus der Atmosphäre, indem CO₂ gebunden wird (siehe Glossar). Rund die Hälfte wird aber durch den pflanzlichen Stoffwechsel wieder freigesetzt. 60 Gigatonnen

9 Laub und Wurzeln transportieren Kohlenstoff in die Böden. 60 Gigatonnen

Kleines Kohlenstoff-Glossar

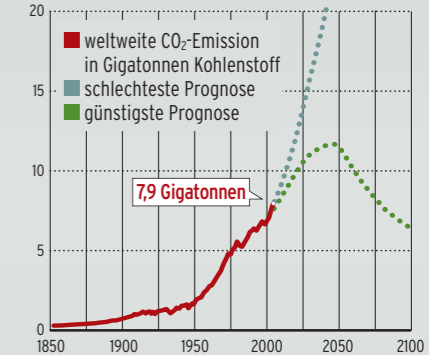
Kohlenstoff: Das chemische Element mit dem Kürzel «C» ist bezüglich Vorkommen das bedeutendste der Erde. Alles lebende Gewebe ist darauf aufgebaut. Kohlenstoff kann komplexe Molekülverbindungen eingehen. Er weist von allen Elementen die grösste Vielfalt chemischer Verbindungen auf.
Kohlenstoffdioxid (CO₂): Das farb- und geruchlose Gas entsteht bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Stoffen wie etwa fossilen Energieträgern. CO₂ entweicht in die Atmosphäre und trägt damit entscheidend zur Klimaerwärmung bei.

Photosynthese: Sonnenenergie und der Farbstoff Chlorophyll lösen in den Pflanzenzellen chemische Prozesse aus: Die CO₂-Moleküle werden aufgespalten. Kohlenstoff wird in der Pflanze gebunden, indem er mit anderen Elementen Moleküle bildet. Diese sind die Bausteine des Pflanzenwachstums. Sauerstoff wird an die Umwelt abgegeben.



CO₂-Ausstoss nimmt zu

Vom Menschen verursachte weltweite CO₂-Emissionen: Verlauf und Prognosen



¹eine Gigatonne = 1 Milliarde Tonnen oder 1 Billion Kilogramm ² Diese Prozesse sind zum heutigen Zeitpunkt sehr schlecht erforscht.

QUELLEN: IPCC, N. GRUBER/ETH ZÜRICH, «FRANKFURTER ALLGEMEINE SONNTAGSZEITUNG» (GRAFIKVORLAGE)