

Cornel Stan

# Energie versus Kohlendioxid

Wie retten wir die Welt?  
59 Thesen

SACHBUCH

 Springer

# Energie versus Kohlendioxid

Cornel Stan

# Energie versus Kohlendioxid

Wie retten wir die Welt?  
59 Thesen

 Springer

Cornel Stan  
Forschungs- und Transferzentrum Zwickau  
Zwickau, Deutschland

ISBN 978-3-662-62705-1      ISBN 978-3-662-62706-8 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62706-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort

Wie retten wir die Welt? Sind dafür Thesen tatsächlich vom Nutzen? Manche Thesen haben im Laufe der Geschichte physikalische, geistige, soziale, politische, wirtschaftliche und technische Systeme oder Abläufe stark beeinflusst, oft auch revolutioniert.

Die These ist eine Behauptung, deren Wahrheit in der Regel eines Beweises bedarf. Manche Thesen basieren allerdings auf Postulaten, die unbewiesen oder unbeweisbar sind, wie jene von Einstein. Andere Thesen wiederum sind kritische Zusammenfassungen von Geschehnissen, wie jene von Luther. Mathematiker und Physiker leiten Thesen aus theoretischen und experimentellen Erkenntnissen ab, die sie selbst oder andere Gelehrte gewannen.

Mit Bezug auf unsere komplexe Welt, die möglicherweise vor einem Wärmekollaps steht, ist man gut beraten, sowohl Zusammenfassungen von Geschehnissen, als auch theoretische und experimentelle Erkenntnisse mit manchen Postulaten zu kombinieren.

So wurden auch die Thesen in diesem Buch formuliert. Manche Geschehnisse und Erkenntnisse werden in dem Buchtext systematisch aneinander gegliedert, bis sie in eine These münden, welche wie eine selbstverständliche Schlussfolgerung klingt. Andere Thesen werden dem erklärenden Text vorangesetzt, als mutige

Behauptungen, sie sollen den Leser zunächst provozieren. Danach werden sie mit Fakten unterfüttert, wobei einige Postulate, gestützt auf langjährige und vielfältige wissenschaftliche Erfahrungen des Autors nicht fehlen.

In dieser Weise entsteht ein System, in dem manche Thesen am Ende einer Ableitung, andere am Anfang einer Demonstration stehen, das macht alles lebhafter.

Der vorgeschlagene Rettungsplan steht im ganz finalen Kapitel, als Zusammenfassung der Thesen die in den einzelnen Kapiteln abgeleitet oder demonstriert wurden.

Worum geht es aber eigentlich in diesem thesenbehafteten Buch? Haben wir überhaupt eine Chance die Welt aus dem Dilemma Energie versus Kohlendioxid zu befreien?

Die Weltbevölkerung wird in den nächsten drei Jahren acht Milliarden Menschen umfassen, in den nächsten drei Jahrzehnten werden es zehn Milliarden sein. Andererseits lassen die technische und die wirtschaftliche Entwicklung in der Welt den jährlichen Pro-Kopf-Energieverbrauch kräftig steigen. Die Anzahl der Menschen von Jahr zu Jahr, multipliziert mit dem jeweiligen Pro-Kopf-Verbrauch, zeigt einen explodierenden Energiebedarf. Ob Homo sapiens diese Energie irgendwie beschaffen kann ist nicht mehr das Problem: Die Entfaltung der meisten Energieformen verursacht aber Kohlendioxid, dieses hat bereits eine bedrohliche Atmosphärenenerwärmung bewirkt, seine Klimaneutralität ist jetzt zwingend erforderlich. Das Schließen aller Kohlekraftwerke, aber auch der kohlendioxidfreien

Atomkraftwerke, das Verbot aller Verbrennungskraftmaschinen, die Schiffe, Flugzeuge, Baumaschinen und Automobile bewegen, das sind radikale Ideen ohne Vorstellungen über die Konsequenzen. Alternativlösungen haben die jeweiligen Ideenträger schon gar nicht.

Dieses Buch widmet sich der Suche nach Energieformen und -mengen für die Zukunft, bei Einhaltung der Klimaneutralität, teils durch drastische Senkung, teils durch Recyceln der dabei entstehenden Kohlendioxidemission.

Der Weg von Energie zu Kohlendioxid beginnt bei Menschen und Tieren mit der Atmung und mit der Nahrung. Bei den Pflanzen ergibt Kohlendioxid Nahrung, also ein umgekehrter Kreislauf, der beim Bau neuer Maschinen und Anlagen zunehmend Beachtung findet, wie zahlreiche Beispiele in diesem Buch zeigen.

Die Flugzeuge, die Tanker und die Automobile sind immer im Fokus der Kritik, die wahren Energiefresser und gleichzeitig Kohlendioxidverursacher sind aber andere, wie es im Buch dargestellt wird. Elektroantriebe statt Verbrennungsmotoren lösen auch nicht den Konflikt Energie-Kohlendioxid, dafür gibt es effizientere Wege, worauf auch eingegangen wird.

Ein zentraler Abschnitt des Buches ist der Energie ohne Kohlendioxid gewidmet, angefangen von den Hoffnungsträgern - Photovoltaik, Windkraft und Wasserkraft – mit ihren Vorzügen, aber auch mit ihren Nachteilen.

Die zukunftssträchtigen Lösungen zur Energieabsicherung bei gleichzeitiger Klimaneutralität werden jedoch

Vorwort

in diesem Werk hauptsächlich aus der Perspektive energetischer Kreisläufe betrachtet: Der Wasserkreislauf *Natur-Elektrolyse-Maschine-Natur* wird dem Kohlendioxidkreislauf *Natur- Photosynthese in Pflanzen- Maschine-Natur* gegenübergestellt.

Die Ergebnisse sind aus dieser Perspektive größtenteils überraschend.

Dass die Energieerzeugung Kohlendioxidemission verursacht ist allgemein bekannt. Dass aber Kohlendioxid Energie als Wärme, Strom und Kraftstoff generieren kann, wohl weniger, weswegen auch entsprechende Vorhaben vorgestellt werden.

Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf den entsprechenden Gebieten, mit aktiver Beteiligung des Autors, zusammen mit Industriepartnern aus mehreren Ländern, sind ein guter Anlass, sich diesen Themen zu widmen.

Cornel Stan      Zwickau, Deutschland, Oktober 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Teil I Energie und Kohlendioxid</b> .....	<b>1</b>
1 Materie .....	3
2 Energie versus Kohlendioxid bei der Ernährung von Menschen .....	7
3 Energie versus Kohlendioxid bei der Ernährung übriger Lebewesen .....	22
4 Energie aus Kohlendioxid für die Ernährung von Pflanzen und Bäumen ...	27
5 Flora und Fauna haben entgegengesetzte Kohlendioxidkreisläufe.....	32
6 Das Kohlendioxid, der Treibhauseffekt und die Erwärmung der Erdatmosphäre.	38
Literatur zu Teil I.....	49
<b>Teil II Verursacher der anthropogenen Kohlendioxidemission</b> .....	<b>51</b>
7 Autos mit Verbrennungsmotoren ade, Flugzeuge nicht? .....	53
8 Elektrifizieren wir auch Kreuzfahrtschiffe und Tanker? .....	59
9 Die wahren Energiefresser .....	68
10 Elektroantrieb statt Verbrennungsmotor löst nicht die Probleme.....	84
Literatur zu Teil II .....	91

<b>Teil III Energie ohne Kohlendioxid.....</b>	<b>93</b>
11 Die Hoffnungsträger zuerst:	
Photovoltaik, Wind, Wasser.....	95
11.1 Die Photovoltaik.....	97
11.2 Die Windkraft.....	109
11.3 Die Wasserkraft.....	121
12 Die letzte Waffe: Die Atomkraft.....	131
13 Der energetische Wasserkreislauf:	
Natur – Elektrolyse – Maschine –	
Natur.....	137
13.1 Wasserstoffherstellung und -	
speicherung.....	137
13.2 Brennstoffzelle mit	
Wasserstoff.....	142
13.3 Verbrennungsmotor mit	
Wasserstoff.....	151
13.4 Verbrennungskraftmaschine	
mit Wasserstoff in der Rolle	
der Brennstoffzelle .....	154
14 Der energetische	
Kohlendioxidkreislauf: Natur –	
Photosynthese – Maschine – Natur.....	160
14.1 Ethanol, Methanol, Öl, Ether –	
Kraftstoffherstellung aus	
Pflanzen .....	160
14.2 Verbrennungsmotoren mit	
Ethanol, Methanol,	
Pflanzenölen und Ether.....	168
14.3 Brennstoffzelle mit Methanol	
und Pflanzenölen .....	175
14.4 Verbrennungskraftmaschine	
mit Alkoholen und Ölen in der	
Rolle der Brennstoffzelle.....	178
Literatur zu Teil III .....	182

<b>Teil IV Energie nutzt Kohlendioxid .....</b>	<b>185</b>
15 Kohlendioxidfressende Wärme­kraft­ma­schinen .....	187
16 Wärme, Strom und Kraftstoff aus Müll.....	194
17 Wärme, Strom und Kraftstoff aus Biogas .....	199
18 Wärme aus Abwasser und supereffiziente Verbrennungsmotoren mit Bionahrung .....	207
Literatur zu Teil IV .....	215
<b>Zusammenfassung der Thesen .....</b>	<b>217</b>

## **Teil I**

# **Energie und Kohlendioxid**



## Materie

Menschen, Fauna und Flora würden ohne Nahrung und Wärme nicht existieren. Die Menschen brauchen sowohl leibliche als auch geistige Nahrung, sowohl leibliche, als auch geistige Wärme. Genügt für Tiere und Pflanzen nur die leibliche Nahrung? Wohl kaum: Geistige Nahrung und Wärme brauchen sie auch, die Menschen können das oft, zum Beispiel aus dem Zusammensetzen der Mimose oder aus den Augen des Dackels deuten.

Menschen, Fauna und Flora einerseits, Nahrung und Wärme andererseits sind Erscheinungsformen der Materie.

Ist die *Materie* das Gegenstück der Idee, oder eine Schöpfung des Geistes? Platon (griechischer Philosoph, 428-348 v. Chr.) meinte, dass die Elemente Erde, Wasser, Luft, Feuer und Äther von einem Demiurgen, also von einem göttigen Schöpfergott, geschaffen wurden. Diese Elemente waren dann die Grundlage für alle anderen Körper.

Aristoteles (griechischer Universalgelehrter, 384-322 v. Chr.) raffinierte die Weisheit seines Lehrers Platon: „Materie ist die Möglichkeit, geformt zu werden“.

Schön gesagt – man erwartet also immer von der Materie etwas Materielles zu sein, also ein Stoff, ein Körper, eine **Masse** – ein Körper, der greifbar ist, eine Masse als Gewicht, messbar in Kilogramm!

*Die Erscheinungsform der **Materie** war, nach dem damaligen Wissensstand, die **Masse**.*

Und was oder wer bringt eine solche Masse in die eine oder in die andere Form? Ein Geist, als Prozesstreiber zwischen einem Brotteig und einem Brotlaib? Dieser Geist braucht dafür Energie!

Ist die **Energie** „lebendige Wirklichkeit und Wirksamkeit“, wie die griechischen Philosophen der Antike meinten? Erst im Jahre 1807 definierte Thomas Young (englischer Physiker, 1773-1829) die Energie als „Stärke ganz bestimmter Wirkungen, die ein Körper (also eine Masse) durch seine Bewegung hervorrufen kann“. Etwas umständlich ausgedrückt, nicht wahr? Damit ist eigentlich gemeint, dass der Bäcker mit seiner Muskelkraft die Arme derart bewegen kann, dass er aus einem Brotteig einen Brotlaib formen kann. Die Gelehrten könnten es manchmal klarer und einfacher sagen, wenn sie nicht unter dem Zwang zur Formulierung universell geltender Sätze stünden. Das ist wie mit den Gesetzen der Juristen.

Zurück zum Becker: Die Kraft seiner Arme, die immer wieder auf einer oder der anderen Strecke wirkt, bedeutet mechanische Arbeit. Und diese Arbeit ist eine Energieform.

Kann die Masse (in dem Fall das Gewicht des Bäckers) die Energie seiner Arme beeinflussen? Oder umgekehrt, geht der Bäcker ein, wenn er zu viel knetet? Zugegeben, dieses Beispiel könnte zu philosophischen Spekulationen auf falschen Pisten führen.

Es gibt ein einfacheres Beispiel, das Ergebnis ist allerdings für Nicht-Spezialisten total unerwartet:

Wenn wir einen Liter Benzin (das sind etwa 0,7 Kilogramm Masse) in einem Kolbenmotor verbrennen, entsteht Arbeit am beweglichen Kolben und damit an der Kurbelwelle, die an das Rad übertragen wird. Ist unser Kilogramm Benzin dadurch verschwunden? Man würde sofort „ja“ sagen: Energie wurde mit Masse bezahlt.

Das ist absolut falsch! Das Benzin hat während der Verbrennung chemisch mit Sauerstoff aus der Luft reagiert, es kam zu anderen Bestandteilen (*hauptsächlich Kohlendioxid, Wasser und einem größtenteils nichtreagierenden Stickstoffanteil in der Luft, dazu, gelegentlich, auch zu einigen Spuren von Stickoxiden und von anderen Stoffen, die zumindest in der Massenbilanz vernachlässigbar sind*). Ist die Masse der resultierenden Bestandteile kleiner als die Summe der Massen von Benzin und Luft?

Nein, grob betrachtet bleibt sie gleich. Genauer betrachtet ist aber die Masse nach der Energieentfaltung größer als zuvor, sagt Einstein!

*Die Erscheinungsformen der **Materie** waren, nach diesem Wissensstand, **Masse und Energie**.*

Das Wissen bleibt aber nicht auf einem Stand.

Die Sonne schickt in allen Richtungen, so auch zu unserer Erde, elektromagnetische Wellen. Auf diesen Wellen reiten mit Lichtgeschwindigkeit (300 Millionen Meter pro Sekunde) Photonen, das sind die winzigsten Teilchen, die von Menschen bisher entdeckt wurden. Bis vor Kurzem hat man die Photonen als Energieteilchen ohne eigene Masse betrachtet. Inzwischen hat man aber doch ihre winzige Masse detektiert. Interessant an den elektromagnetischen Wellen ist aber noch etwas anderes: Eine Sonnenstrahlung, als Mutter aller Strahlungen, wird auf allen Wellenlängen emittiert, von der kosmischen über Gamma-, Röntgen- und ultraviolette Strahlung bis in den sichtbaren und infraroten Bereich. Dazu ist die Intensität der Strahlung auf diesen Wellenlängen (Watt pro Kubikmeter) stark unterschiedlich [1].

Jede Strahlung von elektromagnetischen Wellen, ob von der Sonne, von einem Körper (auch Menschenkörper), oder von einem elektrischen/elektronischen Gerät ist auf Grund der variablen Intensitäten und Wellenlängen ein Informationsträger!

Die Information ist eine Kodierung, die der Empfänger nutzt, um die empfangene Energie in seinen eigenen Massenanteilen zu sortieren.

Die Erscheinungsformen der **Materie** sind, nach dem jetzigen Wissensstand, **Masse, Energie und Information**.

**These 1: Die Erscheinungsformen der Materie – Masse, Energie und Information – beeinflussen sich während eines Prozesses zwischen zwei Gleichgewichtszuständen eines materiellen Systems gegenseitig.**



## Energie versus Kohlendioxid bei der Ernährung von Menschen

Kann sich ein Mensch mit der Energie der Sonnenstrahlen direkt ernähren? Wohl kaum. Das würde zwar eines der größten Probleme der Menschheit lösen, die Unterernährung. Gerade in den Weltregionen, in denen dieses Problem besonders akut ist, scheint die Sonne am meisten.

Das funktioniert aber nicht. Der Tourist, der so hungrig nach der Urlaubssonne auf Mallorca ist, kann sich durch zu langes Liegen an der Sonne, ohne Schirm und ohne Creme, Hautverbrennungen, Kopfschmerzen und Durchfall holen. Die elektromagnetische Strahlung der Sonne prallt auf seinen Körper mit allen Wellenlängen, hohen Intensitäten, als Wärmestrom, der über Stunden als *Wärme* (eine Energieform, wie die *Arbeit*) gesammelt wird. Gesammelt ist aber nicht gespeichert, Wärme kann man nicht speichern, sie wirkt nur während der Zustandsänderungen des armen Subjektes. Die Form in der der Körper diese Energie speichert heißt *Innere Energie*. Er speichert sie aber kodiert, auf Wellenlängen und Intensitäten, in seinen diversen Organen. Die Muskeln werden heiß und wollen Wasser durch die Haut sprühen, die Haut lässt zwar das Wasser

durch ihre Poren raus, ihr Gewebe an der Oberfläche wird aber von den Sonnenstrahlen verbrannt und getrocknet, am Ende ist sie feuerrot und schält sich ab. Dem Gehirn geht es nicht viel besser: Die Erhöhung seiner inneren Energie durch die gewaltige Wärmezufuhr lässt die Moleküle in den Grauzellen richtig tanzen, das bewirkt Wahnvorstellungen in einem ungewollten Halbschlaf.

Wenn manche Wellenlängen und Intensitätsspitzen gemieden werden können, dann gibt die Sonnenstrahlung der menschlichen Seele Glück, sie gibt dem Körper Wärme: Aber sie kann nicht den Hunger stillen, sie kann ihre Energie nicht den Körperzellen vermitteln, die sie für die Erhaltung der Körperfunktionen benötigen. Die Zellen brauchen Kohlenstoffe und Kohlenwasserstoffe, die mit dem Sauerstoff aus der Luft, durch chemische Reaktionen, die der Verbrennung ähneln, direkt vor Ort Wärme generieren.

**These 2: Die Energie die ein Mensch oder jedes andere Lebewesen für die Ernährung seiner Körpermasse zwecks einer zu führenden Arbeit benötigt, kann weder durch Sonnenstrahlung auf der Haut, noch durch Windböen in der Nase oder durch Wassermassage der Muskeln generiert werden.**

Wenn in einem Verbrennungsmotor Benzin mit Sauerstoff aus der Luft verbrannt wird, entsteht auch das bereits erwähnte Kohlendioxid. Und wenn in den Zellen des menschlichen Körpers Kohlenwasserstoffe (Kohlenhydrate) mit Sauerstoff aus der eingeatmeten Luft chemisch, ähnlich den Verbrennungsvorgängen, reagieren? Entsteht dann auch Kohlendioxid?

Ein Mensch atmet im Durchschnitt 12 bis 15 Mal pro Minute Luft in die Lungen ein. Die zwei Lungen haben gewöhnlich ein Volumen zwischen 0,5 und 0,7 Liter. Der Mensch atmet also zwischen 6 und 10,5 Liter Luft pro Minute ein. 8 Liter pro Minute können als Richt- und Vergleichswert dienen. *Die vier Zylinder eines Automobil-Kolbenmotors mit einem Gesamthubvolumen von zwei Litern saugen bei einer Drehzahl von 3000 U/Min 1500 Mal pro Minute Luft an.*

Bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C enthalten die 8 Liter, die der Mensch pro Minute einatmet, 9,5 Gramm Luft. *Im Vergleich dazu saugt der Kolbenmotor bei 3000 U/Min 3,56 Kilogramm Luft pro Minute an.*

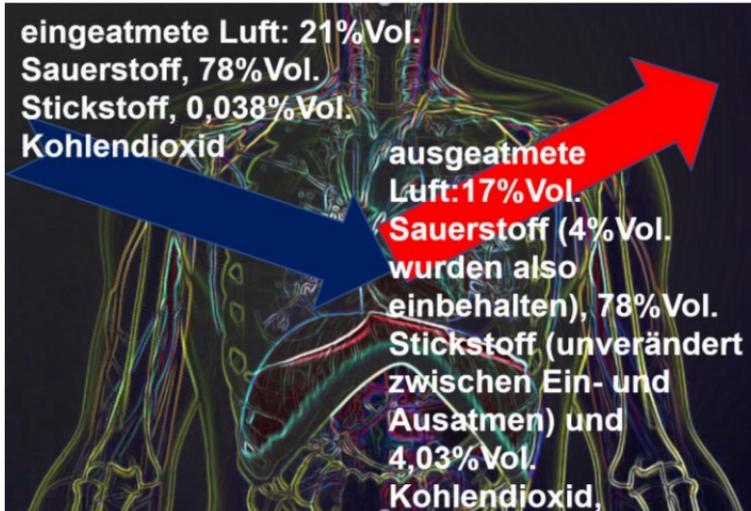
Der Kolbenmotor nimmt demzufolge 375-mal mehr Luftmasse pro Minute als der Mensch ein.

Andererseits atmet der Mensch unter den gezeigten Bedingungen, bei voller Puste, eine Abluft aus, in der sich durchschnittlich 0,605 Gramm Kohlendioxid pro Minute befinden. *Beim Motor sind es, unter den gezeigten Bedingungen, bei Volllast, 750 Gramm Kohlendioxid pro Minute, also 1240-mal mehr als beim Menschen (beide Kohlendioxidwerte werden des Weiteren noch abgeleitet).*

Zwischen dem Lufteinnahme-Verhältnis Motor/Mensch und dem Kohlendioxidausgabe-Verhältnis Motor/Mensch steht also ein Faktor von rund 1:3 (375:1240).

Diese Zahlen können wie folgt abgeleitet werden: Der Mensch atmet in den 8 Litern Luft pro Minute 21%Vol. Sauerstoff, 78%Vol. Stickstoff, 0,038%Vol. Kohlendioxid und, im Übrigen, Edelgase wie Neon,

Argon, Krypton. Beim Ausatmen sind es 17%Vol. Sauerstoff (4%Vol. wurden also einbehalten), 78%Vol. Stickstoff (unverändert zwischen Ein- und Ausatmen) und, nunmehr auch 4,03%Vol. Kohlendioxid, welches aus der Verbrennung der eingenommenen Nahrung, beziehungsweise aus den Prozessen im gesamten Organismus resultieren.

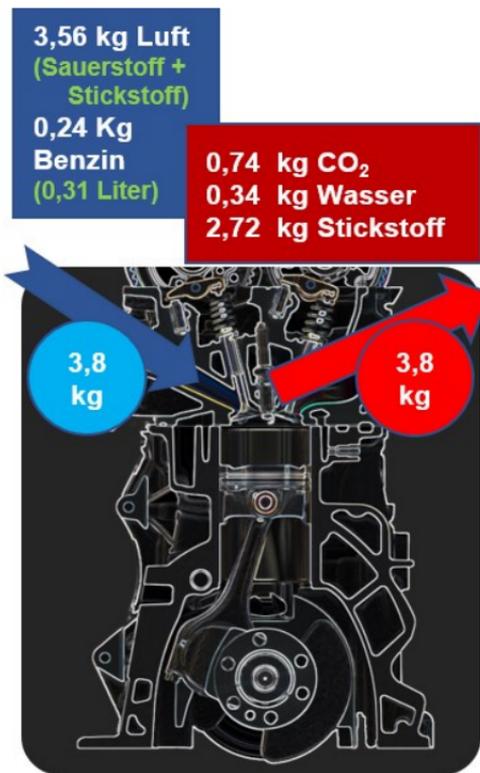


**Bild 1** Ein Mensch atmet pro Minute 9,5 Gramm Luft (8 Liter, davon 0,038%Vol  $\text{CO}_2$ ); beim Ausatmen sind es 4,03% Vol.  $\text{CO}_2$ , (dafür sank die Sauerstoffkonzentration in der ausgeatmeten Luft um 4%)

**Fazit:** Von dem eingeatmeten Luftvolumen wurden 4% Sauerstoff einbehalten, in dem ausgeatmeten Luftvolumen erschienen rund 4% Kohlendioxid. Allerdings hat das Kohlendioxid Moleküle mit einer größeren Masse als jene, die 99% der Luft ausmachen (Stickstoff und Sauerstoff). Aus diesem Grund ist die ausgeatmete Luft schwerer als die eingeatmete, ein bemerkenswertes Ergebnis!

Der Vergleich zwischen der innerhalb eines Jahres eingenommenen Luftmasse und der ausgestoßenen Kohlendioxidmasse zwischen Menschen und Motor führt dann zu einer ganz neuen Erkenntnis:

Im Falle des Menschen bedeuten die 9,5 Gramm Luft pro Minute 0,57 Kilogramm Luft pro Stunde, beziehungsweise 5 Tonnen Luft pro Jahr! Der Kohlendioxidausstoß von 0,605 Gramm pro Minute summiert sich zu 318 Kilogramm pro Jahr.



**Bild 2** Ein Zwei-Liter-Kolbenmotor saugt 3,56 kg Luft pro Minute an, dazu 0,24 kg Benzin und stößt nach ihrer Verbrennung 0,74 kg CO<sub>2</sub>, 1,42 kg Wasser und 1,64 kg Stickstoff aus (dazu einige Milligramm Stickoxide und andere Stoffe)

*Der Motor braucht 3,56 Kilogramm Luft pro Minute, das sind 1871,136 Tonnen jährlich -vorausgesetzt er würde das gesamte Jahr über, durchgehend, bei Volllast mit 3000 U/Min laufen. Der Motor läuft aber nicht durchgehend bei voller Last und munterer Drehzahl das ganze Jahr über.*

Der Mensch aber auch nicht: Wenn er sich eine angenehme Zeit im Sessel genehmigte, würde er  $2100 \text{ m}^3$  Luft jährlich einatmen, vorausgesetzt dieser Zustand würde sich ein Jahr lang nicht ändern. Der Kohlendioxidausstoß würde unter diesen Bedingungen 163 Kilogramm jährlich betragen (4,03% Vol.  $\text{CO}_2$  in der ausgeatmeten Luft multipliziert mit der  $\text{CO}_2$  Dichte). Wenn der Mensch aber richtig belastet würde, wären es  $25.000 \text{ m}^3$  Luft und  $1980 \text{ kg CO}_2$ .

Und der Motor? Die jährliche Durchschnittsfahrstrecke eines Automobils in der Europäischen Union liegt statistisch bei rund 15.000 Kilometer im Stadt-Land-Verkehr und zwar nicht immer bei Volllast, sondern nach einem Fahrprofil zwischen Leerlauf, Teillast und selten Volllast. Ein Automobil funktioniert also etwa 2 Stunden täglich, der Mensch aber 24 aus 24!

Der durchschnittliche jährliche Streckenverbrauch eines Mittelklasse-Automobils mit Kolbenmotor beträgt 7 Liter [Kraftstoff/100 km], das sind 1050 Kilogramm Kraftstoff pro Jahr. Daraus resultieren, bei einer üblicherweise vollständigen Verbrennung des Benzins,  $3255 \text{ kg CO}_2$  [2].

*Der Kohlendioxidausstoß von Automobilen wurde von der Europäischen Union ab 2020 auf einen Flottenwert von 95 Gramm  $\text{CO}_2$ /km] gesenkt. 0,095 kg/km ergeben bei 15.000 km/Jahr  $1425 \text{ kg CO}_2$ /Jahr. Bei der*

*für 2050 geplanten CO<sub>2</sub>-Limitierung von 20 gCO<sub>2</sub>/km, die ein Flottenverbrauch von 0,88 Liter Kraftstoff/100km bedeuten würde, wäre der jährliche Kohlendioxidausstoß gerade einmal 300 Kilogramm.*

Der jährliche Kohlendioxidausstoß des Menschen liegt, je nach Belastung, zwischen 163 und 1980 Kilogramm Kohlendioxid.

**These 3: Der Verbrennungsmotor eines modernen, durchschnittlichen Automobils emittiert bei einer jährlichen Fahrstrecke von 15.000 Kilometern im Stadt-Land-Verkehr, nach einem üblichen EU-Fahrprofil, genauso viel Kohlendioxid pro Jahr wie ein durchschnittlicher Mensch mit einem in Europa üblichen Arbeitsprogramm.**

Für einen einzelnen Verbrennungsmotor in einem Automobil wird es jedoch kaum möglich sein einen Kraftstoffverbrauch von 0,88 l/100km zu erreichen, der zu 20 Gramm Kohlendioxidausstoß je Kilometer führen könnte. Dafür gibt es zwei Alternativlösungen: Entweder eine Kombination Verbrennungsmotor/Elektromotor im Antriebssystem jedes einzelnen Autos, oder die Herstellung einer überproportionalen Anzahl von Elektroautos im Vergleich zu Verbrenner-Autos innerhalb einer Marke [2].

Vor solchen Lösungen empfiehlt sich aber unbedingt die Nutzung von CO<sub>2</sub>-neutralen Bio-Kraftstoffen, auf die in einem weiteren Kapitel ausführlich eingegangen wird.

Der Mensch ernährt sich mit vielen Energieträgern welche Kohlenstoff enthalten, so wie der Motor. Auch wenn der jährliche Kohlendioxidausstoß von Men-

schen und Motor vergleichbar ist, besteht derzeit zwischen den jeweiligen Energieträgern ein prinzipieller Unterschied: Die Lebensmittel mit denen sich der Mensch ernährt enthalten Kohlenstoffatome, welche in einem natürlichen, relativ kurzzeitigen biologischen Kreislauf recycelt werden. Der Motor wird jedoch bisher hauptsächlich mit fossilen Brennstoffen ernährt – Kraftstoffe aus Erdöl sowie Erdgas – die in Millionen von Jahren in jener Form entstanden sind. Das vom Motor ausgestoßene Kohlendioxid infolge ihrer Verbrennung wird in der Atmosphäre, ohne Recycling innerhalb eines messbaren Zeitintervalls akkumuliert.

**These 4: Ein Verbrennungsmotor braucht, wie der Mensch, Energieträger, die eine Photosynthese durchlaufen, wie Bioabfall, oder organische Veränderungen erfahren haben, wie Biogas. Erst dann wird ein Vergleich zwischen der Kohlendioxidemission des Menschen und des Verbrennungsmotors zulässig.**

Welche der Lebensmittel des Menschen enthalten Kohlenstoffatome, die dann, infolge der Energieverarbeitung im Organismus zu Kohlendioxid werden? Die Antwort ist klar: alle! Der Mensch braucht Kohlenwasserstoffe, Proteine und Fette. Alle enthalten Kohlenstoffatome. Mineralstoffe wie Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Selen oder Zink, sowie Vitamine wie Thiamin, Niacin oder Pyridoxin sind in einem so geringen Prozentsatz enthalten, dass sie für eine reine Massenbilanz vernachlässigbar sind.

Was die Nahrungsmenge anbetrifft, braucht ein gesunder Mensch, der weder faul noch Leistungssportler ist, eine tägliche Lebensmittelzufuhr von durchschnittlich