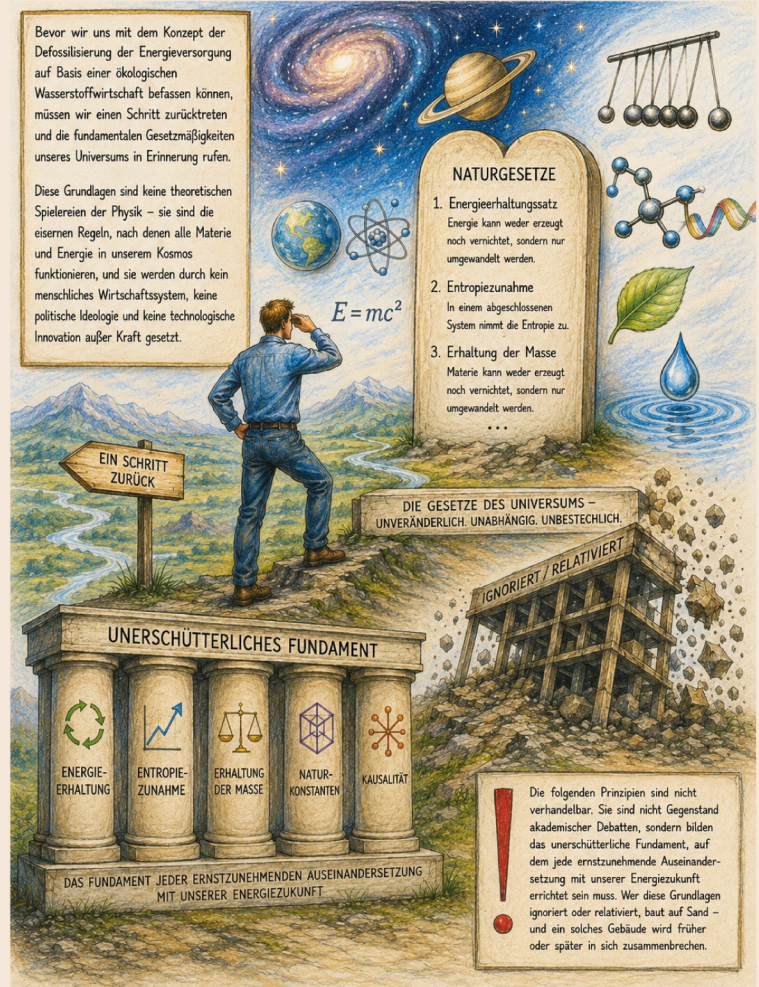


Karl-H Flatow

Defossilisierung



Karl-H Flatow
Defossilisierung

Defossilisierung

Karl-H Flatow

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über dnb.dnb.de abrufbar.

Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends und Korrelationen gemäß §44b UrhG („Text und Data Mining“) zu gewinnen, ist untersagt.

© 2026 Karl-H Flatow

Herstellung und Verlag:

BoD · [Books on Demand GmbH](#), Überseering 33, 22297 Hamburg

ISBN: 978-3-6963-4952-3

Inhalt

Prolog: Die physikalischen Grundlagen einer neuen Energiewirtschaft	8
1. Energie: Das ewige Gleichgewicht.....	10
2. Materie: Das Gesetz der ewigen Erhaltung	12
3. Die radikale Konsequenz: Kein Wachstum – kein Abfall	14
4. Das Vorbild der Natur: Kreislauf statt Linearität	16
5. Unkontrolliertes Wachstum: Die Krebsmetapher.....	18
6. Das Versagen unseres Wirtschaftssystems vor den Naturgesetzen	20
7. Der unausweichliche Schluss: Transformation oder Kollaps.....	22
Die fünf unumstößlichen Grundprinzipien im Überblick	24
Ausblick: Was dieser Prolog für das Weitere bedeutet	26
Kapitel 1: Zur Situation – Eine systemische Bestandsaufnahme.....	28
1.1 Die energiewirtschaftliche Ausgangslage: Zwischen Ausstieg und Anspruch.....	30
1.2 Verborgene Potenziale: Wasserstoff und Kohlenstoff aus Reststoffen	32
1.3 Sektorkopplung: Nicht Option, sondern Notwendigkeit	34
1.4 Der historische Bogen: Wie „Das Leben“ die Erde verändert hat.....	36
1.5 Das Feuer: Der erste große Schritt aus den Regelkreisen.....	38
1.6 Die Erschaffung von Kunstwelten: Triumph und Hypothek zugleich	40
1.7 Das Paradox der Moderne: Intelligenz ohne Ökologiebewusstsein	42
1.8 Fazit: Was die Bestandsaufnahme bedeutet	44
Kernaussagen dieses Kapitels im Überblick	46
Kapitel 2: Das Konzept – Die ökologische Wasserstoffwirtschaft.....	48
2.1 Jenseits der Elektrolyse: Ein pluraler Ansatz zur Wasserstoffgewinnung	50
2.2 Dezentral statt zentral: Die Brennstoffzelle als Herzstück der Energieversorgung...	54
2.3 Vergasung organischer Reststoffe: Der Schlüssel zur Mengenversorgung.....	56
2.4 CO ₂ -Neutralität: Was sie bedeutet und warum sie gilt	60
2.5 Speicherung und Transport: Der Vorteil von Wasserstoff	62
2.6 Ökonomie des Systems: Warum die Wasserstoffwirtschaft wirtschaftlicher ist	64
2.7 Systemische Wirkungen: Was ein Rückbau des Stromnetzes bedeutet.....	66
Das Konzept in der Übersicht: Sieben Kerneigenschaften der ökologischen Wasserstoffwirtschaft.....	68
Kapitel 3: Vom Konzept zur Wirklichkeit – Technik, Infrastruktur und der Weg der Transformation	70
3.1 Die Prozesskette im Detail: Von der Reststoffquelle zum Endenergienutzer	72
Stufe 1: Rohstoffeffassung und -aufbereitung.....	72
Stufe 2: Wasserstoffgenerierung.....	74

Stufe 3: Speicherung	76
Stufe 4: Transport und Distribution.....	78
Stufe 5: Dezentrale Nutzung über Brennstoffzellen	78
3.2 Die Wärme als primäre Zielgröße: Eine systemische Neuausrichtung	80
3.3 LOHC: Die unterschätzte Brückentechnologie	82
3.4 Methanisierung: Das Gasnetz als Energiepuffer der Nation	84
3.5 Sektorale Anwendungen: Wer profitiert wie?	86
Wohngebäude und Haushalte.....	88
Industrie.....	90
Mobilität.....	92
Landwirtschaft.....	94
3.6 Der Transformationspfad: Schrittweise, nicht abrupt	96
Die fünfstufige Prozesskette im Überblick.....	98
Kapitel 4: Wasserstoff im Detail – Generierung, Speicherung und Anwendung.....	100
4.1 Wasserstoff als Sekundärenergieträger: Was das bedeutet und warum es wichtig ist	102
4.2 Elektrolyse: Der direkte Weg von erneuerbarem Strom zu grünem Wasserstoff ...	104
4.3 Thermochemische Vergasung organischer Reststoffe: Feuer neu gedacht	106
Stufe 1: Dampfreformierung (Steam Reforming) – Thermolyse in Wasserdampfatmosphäre.....	108
Stufe 2: Wassergas-Reaktion (Water-Gas Shift Reaction)	110
Materialbilanz der thermochemischen Vergasung: Ein Zahlenbeispiel	112
4.4 Speicherung und Logistik: Der Schlüssel zur Versorgungssicherheit.....	116
4.4.1 LOHC – Flüssige organische Wasserstoffträger.....	118
4.4.2 Weitere Speichertechnologien im Überblick.....	120
4.5 Stationäre Anwendungen: Die Brennstoffzellenheizung als Herzstück	122
Die wärmegeführte Logik und ihr Effizienzgewinn	124
Leistungsszenarien: Was eine Beispielanlage leisten kann	126
4.6 Wasserstoffmobilität: Ein eigener Zweig mit eigener Logik.....	128
4.7 Die Kohle der Zukunft: Was mit dem CO ₂ aus der Vergasung passiert.....	130
Die Technologiebausteine im Überblick	132
Kapitel 5: Wirtschaft, Wertschöpfung und gerechter Wandel – Die ökonomische Dimension der Wasserstoffwirtschaft	134
5.1 Der blinde Fleck der Energiekostenrechnung: Warum Preisvergleiche täuschen ...	136
5.2 Der doppelte Kostenhebel: Wie Reststoffe Energiepreise nachhaltig senken ...	138
5.3 Investitionslogik: Warum die Wasserstoffinfrastruktur günstiger ist als ihr Ruf.....	140

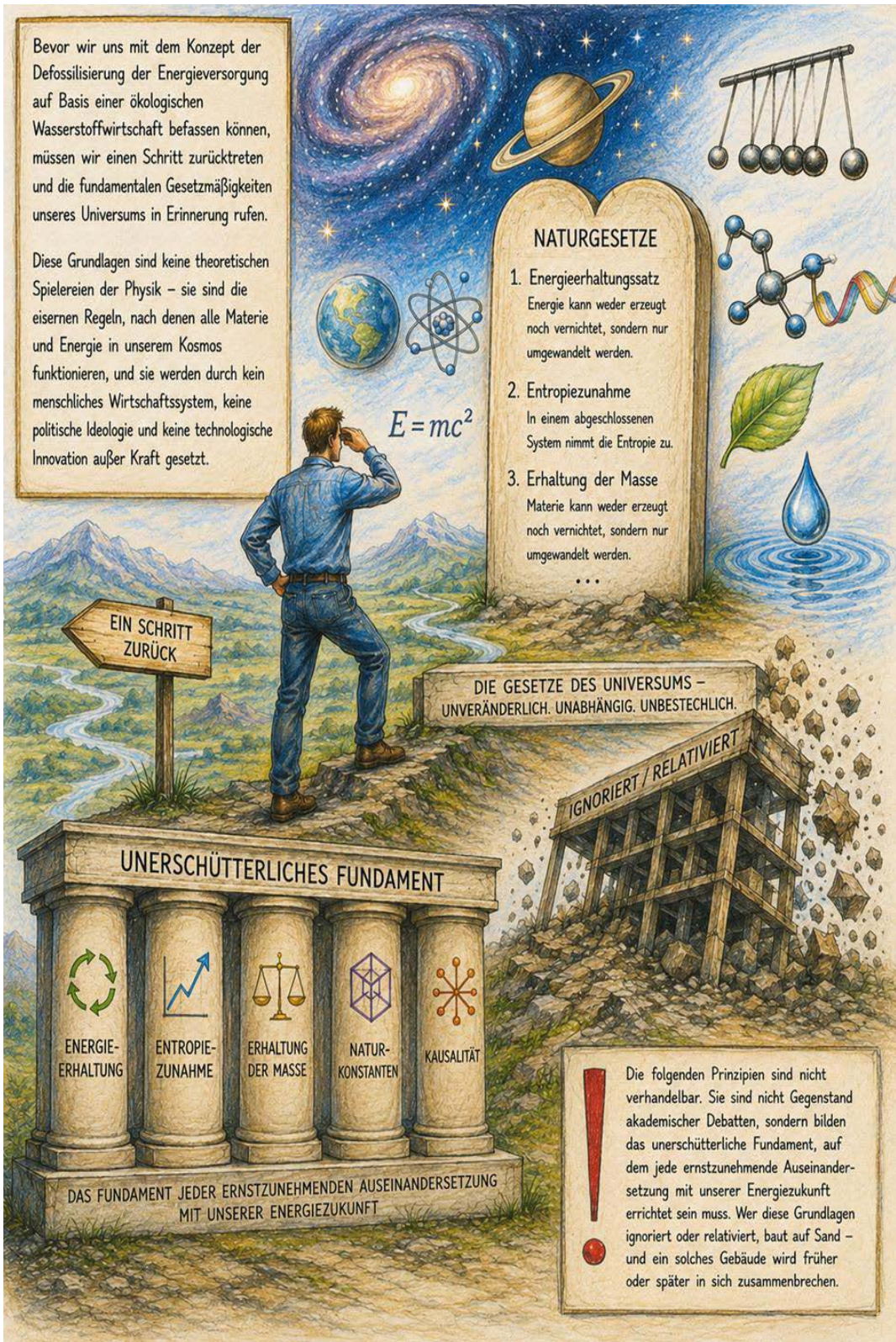
Gegenrechnung 1: Die Kosten des Status quo werden unterschätzt	142
Gegenrechnung 2: Infrastruktursynergien reduzieren den Neuinvestitionsbedarf drastisch	144
5.4 Neue Wertschöpfungsketten: Wer gewinnt in der Wasserstoffwirtschaft?	146
Konkrete Gewinner	148
5.5 Was die Politik leisten muss: Regulierung als Schlüsselgröße	150
Standards und Marktdesign	152
5.6 Gerechter Wandel: Akzeptanz, Beteiligung und soziale Gerechtigkeit	154
Ökonomische Schlüsselbotschaften: Was dieses Kapitel zusammenfasst.....	156

Prolog: Die physikalischen Grundlagen einer neuen Energiewirtschaft

*„Die Natur macht keinen Sprung – und sie duldet keinen
Abfall.“*

Bevor wir uns mit dem Konzept der Defossilisierung der Energieversorgung auf Basis einer ökologischen Wasserstoffwirtschaft befassen können, müssen wir einen Schritt zurücktreten und die fundamentalen Gesetzmäßigkeiten unseres Universums in Erinnerung rufen. Diese Grundlagen sind keine theoretischen Spielereien der Physik – sie sind die eisernen Regeln, nach denen alle Materie und Energie in unserem Kosmos funktionieren, und sie werden durch kein menschliches Wirtschaftssystem, keine politische Ideologie und keine technologische Innovation außer Kraft gesetzt.

Die folgenden Prinzipien sind nicht verhandelbar. Sie sind nicht Gegenstand akademischer Debatten, sondern bilden das unerschütterliche Fundament, auf dem jede ernstzunehmende Auseinandersetzung mit unserer Energiezukunft errichtet sein muss. Wer diese Grundlagen ignoriert oder relativiert, baut auf Sand – und ein solches Gebäude wird früher oder später in sich zusammenbrechen.



Die physikalischen Grundlagen einer neuen Energiewirtschaft

1. Energie: Das ewige Gleichgewicht

Der erste und vielleicht wichtigste Grundsatz, den wir akzeptieren müssen, lautet:

Wir können keine Energie erzeugen oder vernichten – wir können Energie nur nutzen.

Der Energieerhaltungssatz – einer der fundamentalsten Sätze der Physik – stellt klar: Die Gesamtenergie eines geschlossenen Systems bleibt konstant. Energie kann weder aus dem Nichts erschaffen noch ins Nichts verschwinden. Sie wechselt lediglich ihre Form. Was wir im Alltag als „Energieerzeugung“ bezeichnen – das Verbrennen von Kohle im Kraftwerk, das Drehen von Windturbinen, die Kernspaltung im Reaktor – ist in Wahrheit immer nur eine Umwandlung: von einer Energieform in eine andere, für den Menschen nutzbare Form.

Die Sprache des Alltags verrät uns hier auf subtile Weise. Begriffe wie „Energieverbrauch“, „Energieeinsparung“, „Energieverlust“ oder „Energieverschwendung“ sind physikalisch gesehen schlicht falsch – und doch sind sie tief in unserem kollektiven Denken verankert. Diese begriffliche Unschärfe ist keine Kleinigkeit: Sie prägt, wie wir über Energiefragen nachdenken, wie wir Politik gestalten und welche Lösungen wir als realistisch betrachten.

Was diese Begriffe tatsächlich beschreiben, ist der Übergang von Energie aus technisch leicht nutzbaren oder biologisch verwertbaren Formen in Formen, die schwer oder gar nicht nutzbar sind. Wenn wir ein Auto fahren, wird chemische Energie des Kraftstoffs in Bewegungsenergie – und zu einem großen Teil in Wärme umgewandelt, die an die Umgebung abgegeben wird. Die Energie ist nicht „verschwunden“; sie ist schlicht in eine Form übergegangen, aus der wir sie nicht mehr zurückgewinnen können, ohne erneut Energie aufzuwenden. Diese Irreversibilität, beschrieben durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, ist das, was wir umgangssprachlich als „Verlust“ wahrnehmen.

Für eine zukunftsfähige Energiewirtschaft bedeutet dies: Wir müssen lernen, mit den Energieformen zu arbeiten, die uns die Natur zur Verfügung stellt, ohne dabei massive Mengen an Energie in unüberwindbare Wärme zu „verwandeln“. Die ökologische Wasserstoffwirtschaft, die in diesem Buch vorgestellt wird, orientiert sich genau an diesem Prinzip: Sie nutzt vorhandene Energie- und Stoffströme, um Wasserstoff zu generieren, der als Energieträger gespeichert, transportiert und bei Bedarf wieder in nutzbare Energie umgewandelt werden kann – mit deutlich weniger unnötigen Transformationsverlusten als herkömmliche fossile Systeme.

DER ERSTE UND VIELLEICHT WICHTIGSTE GRUNDSATZ: WIR KÖNNEN KEINE ENERGIE ERZEUGEN ODER VERNICHTEN – WIR KÖNNEN ENERGIE NUR NUTZEN.

Der Energieerhaltungssatz – einer der fundamentalsten Sätze der Physik – stellt klar: Die Gesamtenergie eines geschlossenen Systems bleibt konstant. Energie kann weder aus dem Nichts erschaffen noch ins Nichts verschwinden. Sie wechselt lediglich ihre Form.

ENERGIEERHALTUNGSSATZ

Die Gesamtenergie eines geschlossenen Systems bleibt konstant.

$$\sum E_{\text{vorher}} = \sum E_{\text{nachher}}$$



WINDTURBINEN
(kinetische Energie)

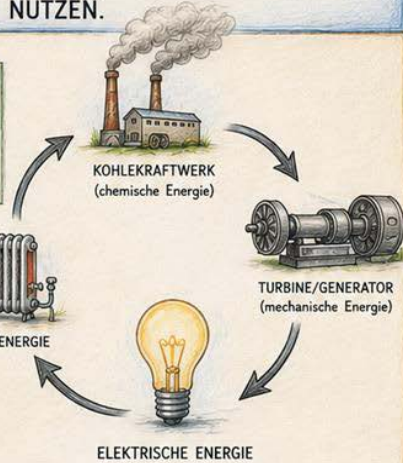


KERNREAKTOR
(nukleare Energie)



PHOTOVOLTAIK
(Strahlungsenergie)

Was wir im Alltag als „Energieerzeugung“ bezeichnen – das Verbrennen von Kohle im Kraftwerk, das Drehen von Windturbinen, die Kernspaltung im Reaktor – ist in Wahrheit immer nur eine Umwandlung: von einer Energieform in eine andere, für den Menschen nutzbare Form.



DIE SPRACHE DES ALLTAGS VERRÄT UNS HIER AUF SUBTILE WEISE.

ENERGIEVERBRAUCH



ENERGIEEINSPARUNG



ENERGIEVERLUST



ENERGIEVERSCHWENDUNG



Diese Begriffe sind physikalisch gesehen schlicht falsch – und doch sind sie tief in unserem kollektiven Denken verankert. Diese begriffliche Unschärfe prägt, wie wir über Energiefragen nachdenken, wie wir Politik gestalten und welche Lösungen wir als realistisch betrachten.

Was diese Begriffe tatsächlich beschreiben, ist der Übergang von Energie aus technisch leicht nutzbaren oder biologisch verwertbaren Formen in Formen, die schwer oder gar nicht nutzbar sind.



Die Energie ist nicht „verschwunden“; sie ist schlicht in eine Form übergegangen, aus der wir sie nicht mehr zurückgewinnen können, ohne erneut Energie aufzuwenden. Diese Irreversibilität, beschrieben durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, ist das, was wir umgangssprachlich als „Verlust“ wahrnehmen.

ZWEITER HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK:

In jedem realen Prozess nimmt die Entropie eines geschlossenen Systems zu.
Energie degradiert – sie wird zu weniger nutzbarer Energie.

Für eine zukunftsfähige Energiewirtschaft bedeutet dies: Wir müssen lernen, mit den Energieformen zu arbeiten, die uns die Natur zur Verfügung stellt, ohne dabei massive Mengen an Energie in überwindbare Wärme zu „verwandeln“. Die ökologische Wasserstoffwirtschaft orientiert sich genau an diesem Prinzip: Sie nutzt vorhandene Energie- und Stoffströme, um Wasserstoff zu generieren, der als Energieträger gespeichert, transportiert und bei Bedarf wieder in nutzbare Energie umgewandelt werden kann – mit deutlich weniger unnötigen Transformationsverlusten als herkömmliche fossile Systeme.



Energie: Das ewige Gleichgewicht

2. Materie: Das Gesetz der ewigen Erhaltung

Analog zur Energie gilt für Materie: Wir können keine Materie erschaffen oder vernichten – wir können sie nur nutzen und durch chemische oder physikalische Prozesse verändern.

Das Gesetz der Massenerhaltung, formuliert im 18. Jahrhundert von Antoine Lavoisier, ist eines der ältesten und robustesten Prinzipien der Chemie: Die Summe der Massen aller Ausgangsstoffe einer chemischen Reaktion ist stets gleich der Summe der Massen aller Reaktionsprodukte. Nichts geht verloren – es verändert sich nur die Form.

Wenn wir Plastik „entsorgen“, verschwindet es nicht. Es landet in Deponien, in Ozeanen, in der Nahrungskette – oder es wird verbrannt und setzt dabei Kohlendioxid und andere Verbindungen frei, die in die Atmosphäre gelangen. Wenn wir Kohle verbrennen, verwandeln wir festen Kohlenstoff in gasförmiges CO_2 – die Atome bleiben erhalten, aber ihre Form ändert sich grundlegend, mit weitreichenden Konsequenzen für unser Klima. Wenn wir Düngemittel auf Äcker ausbringen, wandert ein Teil davon in Gewässer, verändert dort Ökosysteme und erscheint schließlich vielleicht im Trinkwasser.

Unter Alltagsbedingungen – also abseits von Kernreaktoren und Teilchenbeschleunigern – können wir die Umwandlung von Materie in Energie (und umgekehrt) vernachlässigen. Einsteins berühmte Formel $E = mc^2$ beschreibt zwar diese Äquivalenz, doch im Alltag und in der Industrie gelten Masse und Energie praktisch als getrennte Erhaltungsgrößen.

DAS GESETZ DER MASSENERHALTUNG: MATERIE KANN NICHT ERSCHAFFEN ODER VERNICHTET WERDEN – SIE KANN NUR GENUTZT UND VERÄNDERT WERDEN.

Analog zur Energie gilt für Materie:
Wir können keine Materie erschaffen oder vernichten – wir können sie nur nutzen und durch chemische oder physikalische Prozesse verändern.

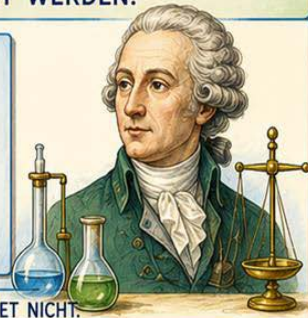
GESETZ DER MASSENERHALTUNG

Antoine Lavoisier, 1789

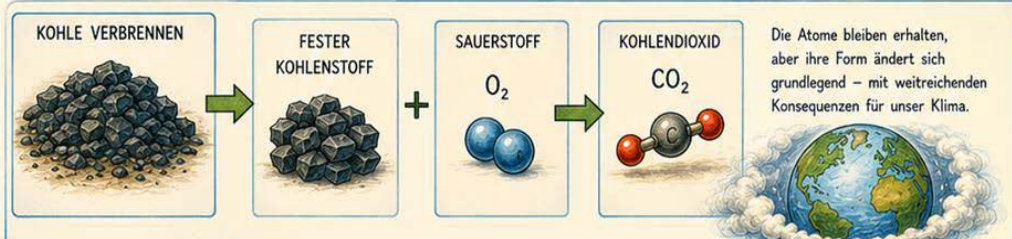
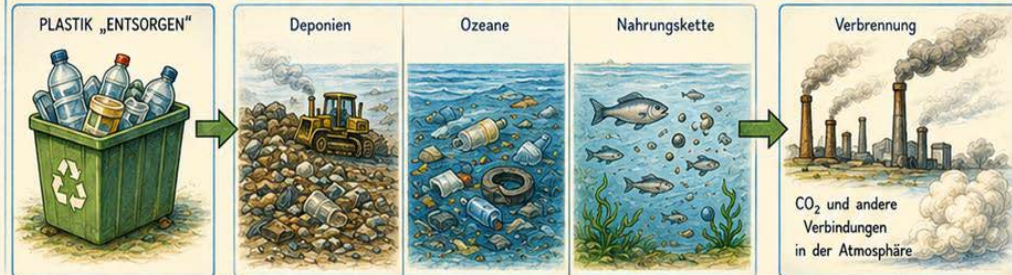
Die Summe der Massen aller Ausgangsstoffe einer chemischen Reaktion ist stets gleich der Summe der Massen aller Reaktionsprodukte.

$$\sum m_{\text{Ausgangsstoffe}} = \sum m_{\text{Produkte}}$$

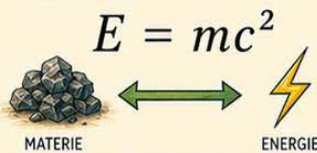
Nichts geht verloren – es verändert sich nur die Form.



MATERIE VERÄNDERT IHRE FORM – ABER SIE VERSCHWINDET NICHT.



UNTER ALLTAGSBEDINGUNGEN – also abseits von Kernreaktoren und Teilchenbeschleunigern – können wir die Umwandlung von Materie in Energie (und umgekehrt) vernachlässigen.



Einsteins berühmte Formel $E = mc^2$ beschreibt zwar diese Äquivalenz, doch im Alltag und in der Industrie gelten Masse und Energie praktisch als getrennte Erhaltungsgrößen.



IN EINEM GESCHLOSSENEN SYSTEM BLEIBT DIE GESAMTMASSE KONSTANT. WIR KÖNNEN MATERIE NUTZEN, TRANSFORMIEREN UND UMVERTEILEN – ABER SIE BLEIBT IMMER EIN TEIL DES SYSTEMS.



Materie: Das Gesetz der ewigen Erhaltung