

Energie – was ist das eigentlich?

Norbert Harthun

1	Einleitung	1
2	„Energie“- ein schillernder Begriff in Wirtschaft und Politik	1
3	Energie ist Weltraum- und Planetensache	3
4	Berühmte Wissenschaftler zum Wesen der Energie.....	7
5	Äquivalenz von Energie und Masse	12
6	Feldenergie und strukturierter Raum.....	14
7	Literaturquellen	18

Es wird zunächst ein Überblick gegeben über Anwendungsfälle ohne genauere Definition des abstrakten Begriffes „Energie“. Anschließend werden die zwei Grundbegriffe „Potentielle“ und „Kinetische Energie“ erläutert und „Energie“ als Arbeitsfähigkeit definiert. Im Zusammenhang mit der historischen Entwicklung des Energiebegriffes wird auch auf die Problematik „Kraft, Masse, Energie“ eingegangen und schließlich der Feldbegriff als gemeinsame Basis herausgestellt. Am Schluss wird kurz der Unterschied zwischen Energie und Information dargestellt.

1 Einleitung

Kraft und Arbeit sind ursprünglich Begriffe aus der Erfahrung des Menschen im täglichen Leben. So ist Kraft mit der Vorstellung von Muskelanspannung verbunden und Arbeit z. B. mit dem Heben eines Gewichts. Inzwischen gibt es unzählige technische Systeme, die dem Menschen viel körperlichen Energie-Einsatz abnehmen. Sie sind von ihm im Laufe der Zeit entwickelt worden und machen ihm das Leben komfortabler (bzw. mit den Nebeneffekten oft gefährlicher) als vorher. Für tiefer gehende Energie-Diskussionen ist es schon sinnvoll, sich mit den Begriffen gut auszukennen.

2 „Energie“- ein schillernder Begriff in Wirtschaft und Politik

In diesem Abschnitt geht es zunächst um Anwendungen und noch nicht um wissenschaftliche Grundlagen. Da die technischen Anwendungen im Alltag unüberschaubar sind, findet man auch eine sehr große Zahl von Energie-Bezeichnungen, die einem mehr oder weniger vertraut sind. Bild 1 zeigt eine Übersicht.

So gibt es eine Grobeinteilung in die „Formen Wärme, Kraft und Licht“. Schon hier erkennt man, dass die Unterschiede zwischen Kraft und Energie verwischt wurden; zumindest hat man „Kraft“ recht wenig hinterfragt [1; S. 7]. Dies wird durch den als Erklärung gelieferten Satz noch unterstrichen: „Die Nutzenergie ‚Wärme‘ wird dabei größtenteils zur Beheizung von Räumen eingesetzt, die Nutzenergie ‚Kraft‘ (mechanische Energie) zum überwiegenden Teil zum Betrieb von Kraftfahrzeugen, also im Verkehrsbereich“. Der Bereich der elektrischen Energie (Betrieb von Maschinen, elektronischer Geräte wie Radio, Fernsehgerät und Rechner) wird vereinfachend mit „Licht“ bezeichnet.

Neben dem Wort „Nutzenergie“ für die drei oben diskutierten Begriffe „Wärme, Kraft, Licht“ findet man die Bezeichnung „Endenergie“, d. h. „Energie in der Form, wie sie dem Endverbraucher zugeführt wird, z.B. Strom, Fernwärme, Erdgas Heizöl, Kraftstoffe, feste Brennstoffe usw.“ Dann gibt es noch „Primärenergie: Energie in der ursprünglichen, technisch noch nicht aufbereiteten Form, z.B. Kohle, Rohöl, Uran und die Solarstrahlung“ [1]. Sie werden auch gerne „Primärenergieträger“ genannt. Mit „Sekundärenergieträger“ werden Strom und Fernwärme bezeichnet.

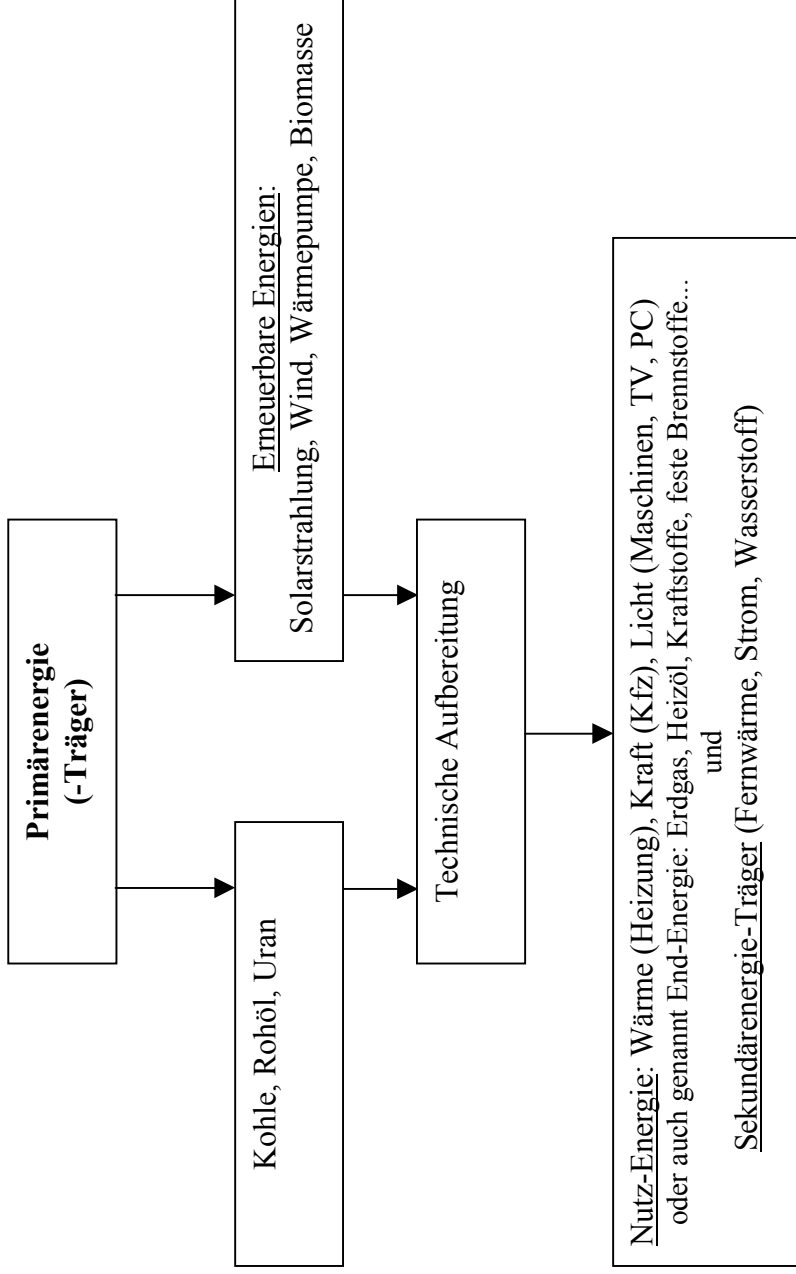


Bild 1 Energie-Arten (anwendungsorientiert)

Indem man von Energieträgern spricht, wird man schon etwas genauer. Stoffe wie Kohle, Erdgas als „Energie“ zu bezeichnen ist schon sehr großzügig...Dass aber diese Stoffe neben ihren sonstigen Eigenschaften auch Energie tragen können, ist eine Erfahrungstatsache und korrekt ausgedrückt. „Energie tragen“ bedeutet hier, die Stoffe haben sie gespeichert, sie können unter bestimmten Umständen (chemische) Energie liefern; z.B. Kohle wird angezündet und verbrennt. Mit den Augen der Physik gesehen handelt es sich bei ihnen um potentielle Energie.

Stoffe sind Energieträger

Etwas ganz anderes gilt für den „Sekundärenergieträger Strom“. Hier ist der Stromleiter (meist Kupfer) zwar ein Stoff, der die freien Elektronen zur Energieübertragung zur Verfügung stellt. Aber die betreffende Energie ist keineswegs im Kupfer enthalten (wie in der Kohle); sie wird lediglich mit Hilfe der Kupferleitung transportiert. Die Energie für den Verbraucher kommt aus dem Generator am Anfang des Kupferkabels, wo sie mit Hilfe von veränderlichen Magnetfeldern in den Leiter gekoppelt wird.

Felder (über)tragen Energie

Beim „Primärenergieträger Solarstrahlung“ kann man im eigentlichen Sinne nicht von „Stoff“ sprechen, der Energie trägt, sondern es handelt sich um elektro-magnetische Wellen, die Energie übertragen, transportieren und ist eine höchst dynamische, „schwingende“ Angelegenheit. Auch wenn andererseits das Licht als Strom von Teilchen (Photonen) aufgefaßt werden kann, so ist es makroskopisch kein Körper, kein Stoff wie Kohle usw. Daher kann man zusätzlich formulieren:

Strahlung trägt Energie

Bei den verschiedenen Energieformen hat man es offensichtlich mit Stoffen (Körpern), Strahlung (elektro-magnetischen Wellen/Photonen) und Feldern zu tun, wobei „Strahlung“ als eine Sonderform zu den Feldern gehört.

Der Vollständigkeit wegen seien noch Windenergie, Wasserkraftwerke, Gezeiten-, Wellen-, Strömungsenergie, Müll- und Holzverbrennung, Deponie- und Faulgas sowie Erdwärme (Geothermie) und Meereswärme erwähnt. Sie alle werden zusammen mit der Solarenergie „erneuerbare Energien“ genannt.

3 Energie ist Weltraum- und Planetensache

Wenn man die vielfältigen Energiearten in etwas größerem, nämlich kosmischen Zusammenhang sieht, so läßt sich für sie durchaus ein Ordnungsschema aufstellen (Bild 2) [2]. Es gibt im Grunde genommen nur drei große Quellen bzw. Standorte energetischer Wirkungen: Mond, Sonne und Erde. Der Mond verursacht die Gezeiten; Die Sonne liefert Strahlung, bewirkt den Wasserkreislauf, die Luftbewegung und die Photosynthese, die alle lebenserhaltenden Pflanzen sowie Öl-, Erdgas- und Kohlevorräte schuf. Was macht nun die heutige Technik aus dem Angebotenen?

Die Gezeiten-, Wasser- und Windkraftwerke sowie die Solarzellen sind alles Systeme, die keine thermische Aufheizung bzw. Verbrennung von Stoffen mit Hilfe erschöpfbarer

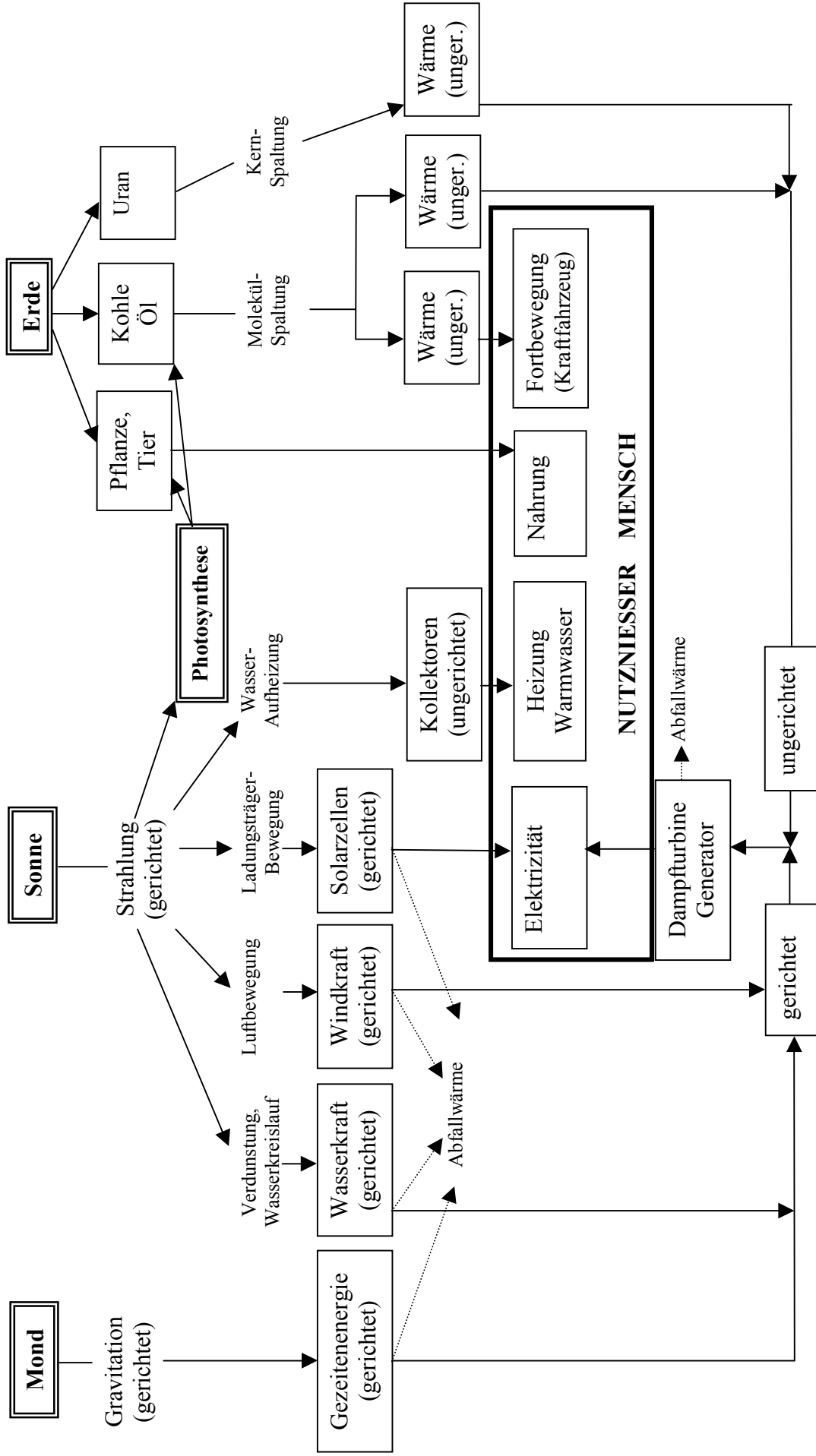


Bild 2 Energie-Arten (technologische Sicht)

Erdvorräte erfordern, also relativ elegant erscheinen. Allerdings entsteht bei allen Verfahren Wärme als Abfall, wenn auch in Grenzen.

Dann gibt es die Energiewandlungssysteme, die zur Funktion die minderwertigste Energieform benötigen: Die Wärme, die hauptsächlich durch Spaltung, also Struktur-Abbau hochwertiger Stoffe gewonnen werden muß. Kohle, Öl, Erdgas werden verbrannt und Atomkerne gespalten. Hier werden erst Abfallstoffe und die niedrigste Energieform Wärme geschaffen, um verlustreich Fortbewegung oder elektrische Energie zu erzielen mit Hilfe von Turbinen und anderer technischer Hilfsmittel.

Wärme = minderwertigste Energieform und „Abfall-Energie“

Was ist nun trotz aller Unterschiede das Gemeinsame an allen Verfahren? Es ist die Bewegung aufgrund von Unterschieden. Bei Gezeiten- und Wasserkraftwerken ist es die Wasserströmung aufgrund von Niveau-Unterschieden, bei Windanlagen die Luftströmung aufgrund von Temperaturunterschieden, bei Solarzellen die Ladungsträgerbewegung, verursacht durch Licht; bei Solarkollektoren (Solarthermie) die Wärmebewegung des aufgeheizten Wassers, bei Dampfturbinen ebenso und bei Verbrennungsmotoren die der Verbrennungsgase. Es handelt sich also wirklich um ein höchst dynamisches Geschehen!

Nun muß man aber doch wieder unterscheiden: Bei Gezeiten-, Wasserkraft- und Windkraftwerken ist die Strömung überwiegend geordnet, makroskopisch ist sie gerichtet. Über die inneren Vorgänge in Solarzellen kann man ebenfalls sagen, dass die Ladungsträger richtungsorientiert sind. Allerdings hier im „Mikro-Bereich“. Unter diesem Bereich seien Bahnen (Weglängen) von Atomen, Molekülen und Ladungsträger verstanden, die bis in den Millimeterbereich gehen, alle Weglängen darüber seien dem „Makro-Bereich“ zugeordnet.

Bewegung auf jeden Fall, aber geordnet oder ungeordnet ?

Bei den Verfahren, wo (erst) Wärmeenergie erzeugt wird, liegt im Mikro-Bereich ungerichtete Bewegung vor, eine unkontrollierte, regellose Bewegung. Versucht man eine Bewertung aus der Sicht der Bewegungsform, so kommt man bei der Beurteilung von Dampfturbine und Verbrennungsmotor zu keinem schmeichelhaften Urteil: Wie schon gesagt, wird die Struktur von Stoffen weitgehend zerstört bzw. abgebaut, um Wärmeenergie mit der zugehörigen ungerichteten Bewegung im Mikro-Bereich zu erzeugen. Dann erst wird daraus mit Hilfe von (makroskopischer) Technik, nämlich Turbinenschaufeln, Kolben, Pleuelstange und Kurbelwelle eine gerichtete (geordnete) Bewegung (Translation und Rotation) erzeugt, die dann Fortbewegung und Elektrizität ermöglicht. Also liegt ein verlustreicher Umweg vor!

Aber ganz so „rasserein“ sind die oben erwähnten Verfahren mit gerichteter Strömung auch nicht: Auch bei ihnen liegt im Mikro-Bereich ungerichtete Bewegung vor. Das gilt für den Aufprall der Strömung auf die Turbinenschaufeln des Wasserkraftwerkes oder jenen auf den Flügel einer Windanlage. Lediglich die Solarzellen schneiden bestens ab. Dort gehört die regellose Bewegung von Teilchen nicht zwangsläufig zur Energiewandlung dazu, sondern ist nur bei der Verlustwärme zu finden, die grundsätzlich bei allen besprochenen Verfahren auftritt.

Trotz des anschaulichen Überblicks in Bild 2 scheint die Sache kompliziert zu werden. Deswegen zunächst ein Blick auf physikalische Grundlagen-Definitionen. Eigentlich gibt es dort nur zwei prinzipielle Energieformen: Potentielle und kinetische Energie (Bild 3).

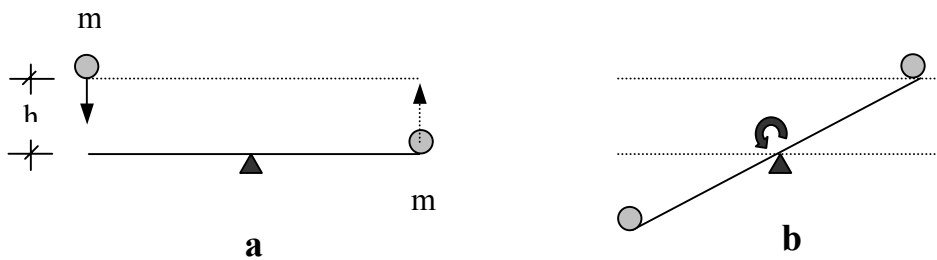


Bild 3 Veranschaulichung der potentiellen Energie
a) Anfangssituation b) nach dem Fallen

Wurde ein Körper mit der Masse m auf die Höhe h gehoben, so hat man die Arbeit $m \cdot g \cdot h$ (g = Erdbeschleunigung) in ihn hineingesteckt. Und diese Arbeit ist nicht verloren; denn wenn man den Körper auf das eine Ende eines sehr leichten gleicharmigen Hebels fallen lässt, so wird ein Körper gleicher Masse am anderen Ende auf die gleiche Höhe geschleudert werden.

Die auf die Höhe h gehobene Masse hatte also tatsächlich eine bestimmte Arbeitsfähigkeit, die man unter geeigneten Umständen wirklich in Arbeit umsetzen kann. Die Physik nennt eine solche Fähigkeit, Arbeit zu erbringen „Energie“ [3, S.56, 60].

Energie = Arbeitsfähigkeit

Die Energie scheint also in dem gehobenen Körper gespeichert worden zu sein. Der Körper mit der Masse m wurde gegen das Gravitationsfeld der Erde gehoben und bei genaueren Betrachtungen muss man auf Wechselwirkungen zwischen Masse und Gravitationsfeld bei Durchlaufen eines Weges h kommen.

Etwas anders gesehen sagt man: „Jeder gehobene Körper der Masse m besitze die Energie $m \cdot g \cdot h$, weil er um das Stück h relativ zur Erde gehoben ist. Er verdankt diese Energie also seiner speziellen ‚Lage‘ relativ zur Erde, weswegen man in diesem und in analogen Fällen auch von ‚Energie der Lage‘ spricht“ [3]. Meistens benutzt man die Bezeichnung ‚Potentielle Energie‘ d.h. unter bestimmten Umständen in Arbeit umsetzbare Energie (potentiell = möglich).

Statisch oder schwingvoll – potentielle oder kinetische Energie

Eine weitere Erfahrung aus dem täglichen Leben ist die „Sache mit dem Schwung“: Man kann versuchen, einen Nagel in ein Brett zu treiben, indem man den Hammer darauf legt. Viel Erfolg hat man nicht, nur mit dessen Gewicht. Schwungvolle schnelle Hammerschläge dagegen führen bald zum Ziel. Indem man die Masse (m) des Hammers mit hoher Geschwindigkeit (v) auf den Nagelkopf treffen ließ, gab man ihr viel Bewegungsenergie ($1/2 \cdot m \cdot v^2$) mit. Diese zweite Art der Energie wird auch kinetische Energie genannt. Es leuchtet ein, daß sich potentielle und kinetische Energie qualitativ sehr stark unterscheiden. Kinetische Energie hat ein Körper, der sich bewegt. Als Bewegungsarten kommen grundsätzlich Translation (geradlinig) und Rotation (kreisend) in Frage, außerdem die Schwingung als Mischform von potentieller und kinetischer Energie. Daher tauchen auch öfters Energie-Namen mit entsprechenden Bezeichnungen auf wie zum Beispiel „Schwingungsenergie“.

Aus Grundlagen-Sicht gibt es neben potentieller und kinetischer Energie nominell noch acht weitere Formen (Bild 4), die aber von den beiden anderen nicht unabhängig sind. Deswegen sind diese beiden sehr formalen Energiebezeichnungen besonders kenntlich gemacht. Die acht anderen Energien können je nach realer Situation in potentieller oder auch kinetischer Form vorliegen. Betrachtet man zum Beispiel die „Elastische Energie“ eines gespannten Bogens, die im Werkstoff des Bogens, in seiner Struktur gespeichert ist, so liegt der Fall der potentiellen Energie vor bis zu dem Moment, in dem der Pfeil weg schnellte. Nun liegt die Energie in kinetischer Form vor; sie steckt im fliegenden Geschöß.

Die vielen anderen Namen zeigen außerdem an, dass die Physik den inneren Zusammenhang der als verschieden aufgefassten Energieformen noch nicht aufklären konnte!

4 Berühmte Wissenschaftler zum Wesen der Energie

Für ein tieferes Verständnis ist es oft ein guter Weg, zu den Quellen zu gehen: Was waren die ursprünglichen Vorstellungen? Anwendungen, Erscheinungsformen und Definitionen wurden schon besprochen. Aber was ist zum eigentlichen Wesen der Energie zu sagen? Dazu seien hier Betrachtungs- und Vorgehensweisen berühmter Wissenschaftler als Leitfaden für eigenes Weiterdenken vorgestellt.

F. Zwicky: „Es ist für uns ganz unwesentlich zu wissen, was Energie ist“ (!?)

„Es ist interessant festzustellen, dass, obwohl jeder Physiker und Chemiker für das Auftreten von Energie in ihren Verkleidungen entscheidende Kriterien besitzt, die meisten Lehrbücher den Begriff Energie entweder gar nicht oder nur schlecht definieren. Da steht zum Beispiel in dem schönen modernen Buch „The Feynman Lectures on Physics“ (Addison-Wesley Publishing Company Inc. Redding, Massachusetts) meiner drei Kollegen, der Professoren R. P. Feynman, R. B. Leighton und M. Sands, auf Seite 4-2: ‚Es ist wichtig einzusehen, dass die heutige Physik nicht weiß *was* Energie ist‘. Das geht meiner Meinung nach zu weit. Streng genommen ist es für uns ganz unwesentlich zu wissen, *was* Energie ist. Es ist dies auch philosophisch eine vollkommen sinnlose Frage. Was wir aber wissen müssen, ist einmal, ob wir Energie auf andere Erscheinungen zurückführen oder mit anderen Erscheinungen in Beziehung setzen können, und zweitens, wie wir Energie erkennen können. Beide Fragen kann der Physiker positiv beantworten. Für unsere Diskussion...definieren wir Energie in der Tat dahingehend, dass sie ein Attribut der Materie oder des Strahlungsraumes ist, die immer ganz oder teilweise in *kinetische Energie* eines *materiellen Körpers umgewandelt werden kann*. Das heißt, falls ein Körper, der zuerst relativ zu mir als Beobachter ruht, plötzlich in Bewegung gesetzt wird, so sage ich, dass er relativ zu mir kinetische Energie gewonnen hat, und diese Energie ist ihm entweder von einem gewissen phänomenologischen Inhalt eines anderen Körpers oder aber des Strahlungsraumes vermittelt worden [4; S. 119, 120]...Energie, welcher Art sie auch sei, ist ein Etwas, das prinzipiell imstande ist, ruhende Materie in einen Bewegungszustand zu versetzen oder aber, umgekehrt, bewegte Materie zum Stillstand zu bringen [4; S. 142]“. Mit „Materie“ ist hier Stoffliches bzw. ein Körper gemeint. Zwicky berichtet sozusagen aus der „Gegenwart“; denn in Sachen Energie hat sich seit seiner Zeit (1966) grundlagenmäßig wirklich nicht viel getan. Dafür bringt der Nobelpreisträger W. Ostwald zunächst die Weisheit der Alten:

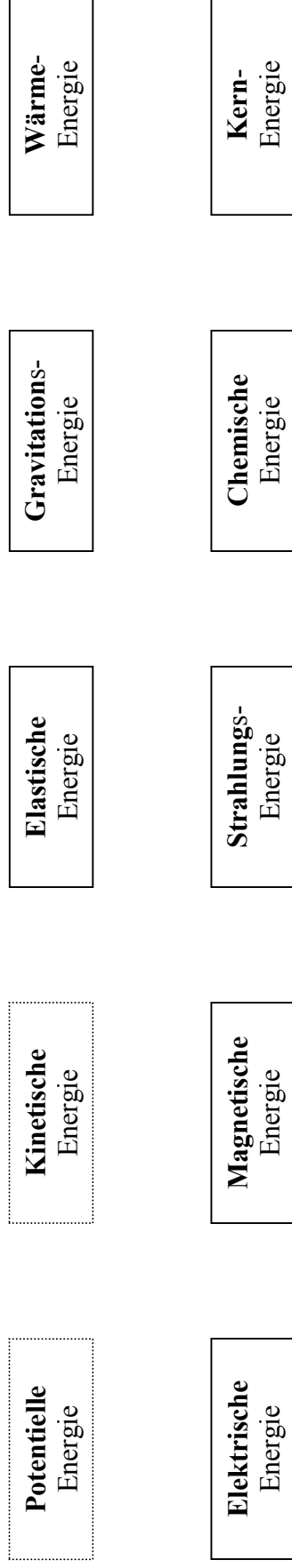


Bild 4 Energie-Arten (grundlagenorientiert)

Die Elemente des Aristoteles: Erde, Wasser, Luft und Feuer waren Eigenschaften

„Bezüglich der Energie wurde folgende Beziehung zur Materie festgestellt. Die Elemente waren ursprünglich nicht Stoffe, sondern Eigenschaften. Die des *Aristoteles*, nämlich Erde, Wasser, Luft und Feuer stellen die Eigenschaften fest, flüssig und gasförmig dar, während das Feuer die Wärme, oder vielleicht noch allgemeiner die Energie darstellt. Auch die Elemente der Alchimisten: Quecksilber, Schwefel, Salz sind Vertreter von Eigenschaften, nämlich der metallischen, brennbaren und löslichen Stoffe und diese ‚philosophischen‘ Elemente durften durchaus nicht mit den gewöhnlichen Stoffen gleichen Namens verwechselt werden. Im Verlauf der Entwicklung werden diese abstrakten Elemente immer konkreter, bis sie in unserer Zeit als die letzten wägbaren Bestandteile aller wägbaren Stoffe definiert wurden.

Die verschiedenen Energiearten wurden dagegen zuerst durchaus stofflich aufgefasst; im achtzehnten Jahrhundert ist beständig von der Feuermaterie, den elektrischen Flüssigkeiten usw. die Rede. Diese Materien verflüchtigten sich im Laufe der Entwicklung begrifflich mehr und mehr und wurden als Kräfte bezeichnet“[5].

Mit einem großen Sprung über die Jahrhunderte sei folgende Aussage zitiert: „Ein entscheidender Fortschritt kam 1847 durch Joule zustande: Der Zusammenhang zwischen Chemie, Wärmelehre, Elektrizität, Magnetismus und Biologie wurde als eine „Umwandlung“ gedeutet. Die Umwandlung verallgemeinert, was bei der mechanischen Bewegung geschieht: Es wird postuliert, dass sich „etwas“ erhält und dennoch qualitativ verwandelt wird. Genau das ist in der Mechanik der Fall. Die Gesamtenergie bleibt erhalten, während potentielle in kinetische Energie umgewandelt wird oder umgekehrt. Joule definierte ein allgemeines Äquivalent der physiko-chemischen Transformationen, mit dessen Hilfe die sich erhaltende Größe, die man später als „Energie“ bezeichnen sollte, gemessen werden kann. Er stellte die erste Äquivalenz her, indem er die mechanische Arbeit maß, die nötig ist, um die Temperatur einer bestimmten Wassermenge um ein Grad zu erhöhen. Auf diese Weise wurde in der verwirrenden Vielfalt der neuen Effekte ein vereinheitlichendes Element entdeckt. Die Erhaltung der Energie durch all die verschiedenen Umwandlungen hindurch, die ein physikalisches, chemisches und biologisches System erfahren kann, wurde zum Leitprinzip bei der Erforschung dieser neu entdeckten Prozesse [6]“.

Es war also zu dieser Zeit die Energie – auch wenn sie noch nicht so hieß – als „vereinheitlichendes Element entdeckt“ worden. Was noch lange nicht klar war: Welche Prioritäten musste man setzen, welches waren die Grundgrößen ?

Heinrich Hertz (gest. 1894) schreibt im Vorwort von [7]:“...daß es die Aufgabe der Physik sei, die Erscheinungen der Natur auf die einfachen Gesetze der Mechanik zurückzuführen“ und weiter auf S. 17: „Noch bis in die Mitte des Jahrhunderts erschien als letztes Ziel und als letzte anzustrebende Erklärung der Naturerscheinungen die Rückführung derselben auf unzählige Fernkräfte zwischen den Atomen der Materie. Diese Anschauungsweise entsprach vollständig dem Systeme der mechanischen Prinzipien, welches wir als das erste bezeichnet haben...Jetzt, gegen Ende des Jahrhunderts hat die Physik einer anderen Denkweise ihre Vorliebe zugewandt. Beeindruckt von dem überwältigenden Eindrucke, welchen die Auffindung des Prinzipes von der Erhaltung der Energie ihr gemacht hat, liebt sie es, die in ihr Gebiet fallenden Erscheinungen als Umsetzungen der Energie in neue Formen zu behandeln, und die Rückführung der Erscheinungen auf die Gesetze der Energieverwandlung als ihr letztes Ziel zu betrachten. Diese Behandlungsart kann auch schon von vornherein auf die elementaren Vorgänge der Bewegung selbst angewandt werden; alsdann entsteht eine neue, von der ersten verschiedene Darstellung der Mechanik, in welcher der Begriff der Kraft

zurücktritt zugunsten des Begriffs der Energie. Eben dieses so entstandene neue Bild der elementaren Bewegungsvorgänge ist es, welches wir als das zweite bezeichnen“...

Streitfrage aus der Physik-Geschichte: Kraft oder Energie als Fundamentalgröße ?

Es gab zunächst zwei Sichtweisen der Physik; eine erste, die den Begriff „Kraft“ als elementar ansah und eine zweite, die statt dessen die „Energie“ als Fundamentalgröße für alles andere betrachtete. Hierzu kann Jammer über Poyntings Theorie des Energiestroms (bezogen auf die Elektrische Energie) zitiert werden: „...ist aber der Energietransport nicht mehr auf die Leiter beschränkt. Das umgebende Medium bzw. der leere Raum ist der Schauplatz, auf dem sich die Energie bewegt... Im Gegensatz zu den älteren Theorien der Fernwirkung, wonach Energie in einem Raumpunkt A verschwindet und in einem Raumpunkt C wieder auftaucht, ohne einen dazwischen liegenden Punkt B zu affizieren, stattdes die neue Feldtheorie des Elektromagnetismus die Energie mit einer kontinuierlichen Existenz sowohl in der Zeit also auch im Raume aus“[8; S.186].

Zeit, Raum und Masse: Sinnvollere Fundamentalgrößen als Kraft bzw. Energie ?

Hertz befürwortet eine dritte Sichtweise [7; S. 29]: „Eine dritte Anordnung der Prinzipien der Mechanik ist diejenige...dass sie von nur drei unabhängigen Grundvorstellungen ausgeht; denen der Zeit, des Raumes und der Masse. Sie betrachtet daher als ihre Aufgabe, die natürlichen Beziehungen zwischen diesen dreien und allein zwischen diesen dreien darzustellen. Ein vierter Begriff, wie der Begriff der Kraft oder der Energie...ist als selbständige Grundvorstellung beseitigt...“

Kraft und Energie seien (nur) die Wirkung von Masse und Bewegung

Wollen wir ein abgerundetes, in sich geschlossenes, gesetzmäßiges Weltbild erhalten, so müssen wir hinter den Dingen, welche wir sehen, noch andere, unsichtbare Dinge vermuten, hinter den Schranken unserer Sinne noch heimliche Mitspieler suchen. Diese tiefer liegenden Einflüsse erkannten wir in den ersten beiden Darstellungen an, und wir dachten sie uns als Wesen einer eigenen und besonderen Art, deshalb schufen wir zu ihrer Wiedergabe in unserem Bilde die Begriffe der Kraft und der Energie. Es steht uns aber noch ein anderer Weg offen. Wir können zugeben, daß ein verborgenes Etwas mitwirke und doch leugnen, daß dieses Etwas einer besonderen Kategorie angehöre. Es steht uns frei, anzunehmen, daß auch das Verborgene nichts anderes sei als Bewegung und Masse, und zwar solche Bewegung und Masse, welche sich von der sichtbaren nicht an sich unterscheidet, sondern nur in Beziehung auf uns und auf unsere gewöhnlichen Mittel der Wahrnehmung. Diese Auffassung ist nun eben unsere Hypothese. Wir nehmen also an, daß es möglich sei, den sichtbaren Massen des Weltalls andere denselben Gesetzen gehorchende Massen hinzu zu dichten von solcher Art, daß dadurch das ganze Gesetzmäßigkeit und Verständlichkeit gewinnt, und zwar nehmen wir an, daß dies ganz allgemein und in allen Fällen möglich sei, und daß es andere Ursachen der Erscheinungen auch gar nicht gebe, als die hierdurch zugelassenen. Was wir gewohnt sind als Kraft und Energie zu bezeichnen, ist dann für uns nichts weiter als eine Wirkung von Masse und Bewegung, nur braucht es nicht immer die Wirkung grobsinnlich nachweisbarer Masse und grobsinnlich nachweisbarer Bewegung zu sein. Eine derartige Erklärung einer Kraft aus Bewegungsvorgängen pflegt man eine dynamische zu nennen, und man kann wohl sagen, daß die Physik gegenwärtig derartigen Erklärungen in hohem Grade hold ist. Die Kräfte der Wärme hat man mit Sicherheit auf die verborgenen Bewegungen greifbarer Massen zurückgeführt. Durch Maxwells Verdienst ist die Vermutung fast zur Überzeugung geworden,

daß wir in den elektrodynamischen Kräften die Wirkung verborgener Massen vor uns haben...“

Diese Zeilen zeigen wieder einmal, dass in der Physik schon damals keine absolute Gewißheit bestand, welcher Begriff nun fundamental ist, auf dem alle anderen aufbauen oder von dem alle weiteren abgeleitet werden können.

Ostwalds „Energetik“ gibt der Energie die erste Priorität

Über die Zeit um 1890 berichtet Ostwald, dass er auf die Idee kam: „Wie wär’s, wenn die Energie allein primäre Existenz hat und die Materie nur ein sekundäres Erzeugnis der Energie, ein durch bestimmte Ursachen zusammengehaltener Komplex verschiedener Energien ist?“. Mit „Materie“ ist hier „Masse“ gemeint, wie aus seinen weiteren Sätzen deutlich hervorgeht. Damit ist Ostwald lange vor Einstein auf die Idee der Äquivalenz von Masse und Energie gekommen! Er trug seine Auffassung von der „Energetik“ auf der 67. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck, 16.-20.9.1895 vor und schreibt selbst: „Es war das erstemal, dass ich mich persönlich vor einer solchen einmütigen Schar ausgesprochener Gegner befand...“ und Kern dieser Auffassung war: „Dass alles Geschehen in der Welt nur in Änderungen der Energie im Raume und in der Zeit besteht, und dass somit diese drei Größen die allgemeinsten Grundbegriffe sind, auf welche alle messbaren Dinge zurückzuführen sind...Es gibt nur eine Größe, welchen allen Gebieten voll gemeinsam ist, und dies ist weder Raum, noch Zeit, noch Masse, sondern die Energie [5]“.

Ein Gegner Ostwalds in Lübeck war Ludwig Boltzmann. Er schreibt zum Thema Energie [9; S. 111]:“...Im grellen Gegensatz...zur ...Hypothese der Existenz materieller Punkte...steht die neueste Anschauung Herrn Ostwalds, nach der die Energie das eigentlich Seiende sei und eines besonderen irgendwie benannten Trägers gar nicht bedürfe. Ich gebe das letztere von der Wärmeenergie, solange diese für sich allein betrachtet wird, zu. Aber schon bei Erklärung oder sagen wir Beschreibung der Gesetze der kinetischen Energie stößt man auf eine Schwierigkeit, welche meines Wissens noch nicht bemerkt worden ist. Obwohl dieselbe eigentlich mehr philosophischer Natur ist, will ich doch den Versuch wagen, sie hier begreiflich zu machen.

Betrachten wir die Wärme als das ursprünglich Gegebene oder wenn man will Seiende. Wir können dann annehmen, daß sie an verschiedenen Stellen des Raumes in verschiedener Menge vorhanden sein, sowie daß sie von Ort zu Ort wandern kann. Um die Gesetze dieser Wanderung zu beschreiben, führen wir die Begriffe der Temperatur, Wärmekapazität usw. ein...Wir haben dann eine ebenso klare Beschreibung der reinen Wärmephänomene, als wenn wir sagen, die Materie sei das Existierende und die Wärme eine Eigenschaft derselben...“

Wärme als ursprünglich Seiendes und nicht als Eigenschaft ?

...Definiere ich die kinetische Energie als das ursprünglich Gegebene, so mache ich offenbar einen großen Fehler, wenn ich, wie es Herr Ostwald...zu tun scheint, bloß Gesetze für die Ortsveränderungen der Massen aufstelle und die kinetische Energie als das Produkt der halben Masse in das Geschwindigkeitsquadrat der betreffenden Ortsveränderungen (Geschwindigkeit; der Verfasser) definieren. Ich müßte im Gegenteil Gesetze für die Wanderungen der kinetischen Energie selbst im Raume aufstellen; bei Aufstellung derselben müßte ich dann irgendwo einen durch Zahlen ausdrückbaren Begriff (die Masse m) einführen, und es müßte sich dann hinterher als Erfahrungstatsache (Naturgesetz) ergeben, daß jedesmal,

wo kinetische Energie ist, der Wert dieses Zahlenfaktors im Raume fort wandert und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche gleich der Quadratwurzel aus einem Bruche ist, dessen Nenner jene Zahl m und dessen Zähler der doppelte Wert der Energie ist. Aus den obigen Ausführungen dürfte klar hervorgehen, wie weit wir noch von einer einwurfsfreien Naturbeschreibung vom energetischen Standpunkte entfernt sind...“

Es scheint, als bewegte man sich im Kreise und alles würde komplizierter statt übersichtlicher. Man erkennt, dass schon früher die Meinungen darüber weit auseinander gingen, was als Grundgröße anzusehen ist; die Begriffe „Kraft, Energie, Masse, Zeit und Raum,“ standen zur Wahl und man diskutierte darüber, was oder welche Kombination am zweckmäßigsten sei. Später kam noch die Vorstellung von Feldern hinzu, die den Raum erfüllen. Doch mit fortschreitenden Erkenntnissen verschmolzen zwei scheinbar getrennte Begriffe miteinander: Energie und Masse.

5 Äquivalenz von Energie und Masse

Weitest bekannt ist die Hasenöhrl-Einsteinsche Beziehung zwischen Energie (E), Masse (m) und Lichtgeschwindigkeit (c):

$$E = m \cdot c^2$$

Mit E ist ursprünglich Strahlungsenergie gemeint, die der Masse m proportional ist, also eine Energieform, die nicht unbedingt kinetische Energie im klassischen Sinne ist ($1/2 \cdot m \cdot v^2$) und schon gar nicht potentielle. Sie gibt „...der ‘unwägbareren‘ Strahlungsenergie der klassischen Physik die ‘Gleichberechtigung‘ mit der gewöhnlichen wägbareren Materie. Da c^2 eine sehr große Zahl ist, nämlich $9 \cdot 10^{20}$, ist die Masse selbst recht erheblicher Mengen von Strahlungsenergie sehr klein, wenn sie in den üblichen Einheiten ausgedrückt wird. So wird eine Taschenlampe mit einer 10W-Birne...pro Minute...um $7 \cdot 10^{-12}$ g leichter. Andererseits verliert die Sonne dadurch, daß sie ihre Strahlung in den umgebenden Raum schickt, täglich $4 \cdot 10^{11}$ Tonnen. In allen Fällen, in denen eine physikalische oder chemische Umwandlung stattfindet, bei der eine bestimmte Menge an Energie freigesetzt wird, ist die Masse der entstehenden Endprodukte um die Masse der freigesetzten Energie geringer als die Masse der Ausgangsprodukte“[10; S. 220].

Es fällt auf, daß in der Physik-Literatur zwar von „Umwandlungen“ wie oben die Rede ist, aber auf die Begriffe „Struktur oder –änderung“ (Gefüge, Anordnung der Teile eines Ganzen) nicht genauer eingegangen wird. Es interessiert nur die jeweilige Menge der Energie, also die Quantität und nicht wie und wo sie „untergebracht“ ist sein könnte – ein wichtiges Qualitätsmerkmal!

Bei der Energie steht „Quantität“ im Vordergrund – nicht „Qualität“

Bei Berücksichtigung des Begriffes „Struktur“ liest sich die Gleichung $E = m \cdot c^2$ etwas anders: Das Gleichheitszeichen hat nur für die Energie-Menge Gültigkeit, für die quantitative Seite. Für den qualitativen Aspekt ist sie jedoch unvollständig. Auf der linken Seite handelt es sich um kinetische und um Strahlungsenergie, die sich ausbreitet und eine Raum-Zeit-Struktur hat (elektromagnetische Wellen). Auf der rechten Seite liegt eine konzentrierte „klotzige“ Sache vor, nämlich eine konzentrierte Masse mit räumlicher Strukturierung. Es handelt sich also um ganz verschiedene Qualitäten.

Bei Zerstrahlen der Masse (m) eines Atomkerns in Energie (E) wird diese Struktur zerstört! Der Fall der totalen Zerstrahlung einer Masse ist ein theoretisches Extrem, aber die Kernspaltung ist Realität. Bei der Uran-Spaltung werden Kern-Bruchstücke und Strahlungsenergie freigesetzt. Diese Energie war offensichtlich durch die Struktur gebunden, die zerschlagen wurde (Bindungsenergie).

In Masse-Strukturen ist Energie enthalten Energetische Wirkungen durch Struktur-Änderung

Ein weiteres Beispiel bestätigt diesen Satz: Steinkohle hat als chemische (Struktur-) Energie (Bindungsenergie) die Strahlungsenergie der Sonne aus alten Zeiten gespeichert, aus Zeiten, in denen die Kohle noch als Wald herangewachsen war.

Man weiß also um die Äquivalenz von Energie und Masse, aber auch der Massebegriff ist in der Physik noch längst nicht geklärt: "...Obwohl (der fundamentale Begriff der Masse) für alle Zweige der Physik von entscheidender Bedeutung ist und ein unentbehrliches begriffliches Werkzeug des wissenschaftlichen Denkens darstellt, scheint er sich allen Versuchen zu einer völlig befriedigenden Erklärung und einer logisch sowohl wie wissenschaftlich einwandfreien Definition zu entziehen... nirgends erzielt offenbar die Wissenschaft eine vollständige Beherrschung aller begrifflichen Schwierigkeiten, die er birgt. Man muß zugeben, dass trotz gemeinsamer Bemühungen von Physikern und Philosophen, Mathematikern und Logikern bisher keine endgültige Klärung des Massenbegriffes erzielt werden konnte.

Der moderne Physiker kann mit Recht auf seine eindrucksvollen Erfolge in Wissenschaft und Technik stolz sein. Aber er sollte sich ständig bewußt bleiben, dass die Grundlagen seines imponierenden Gebäudes und die Grundbegriffe seines Faches, wie zum Beispiel der Massenbegriff, mit bedenklichen Unsicherheiten und ernststen Schwierigkeiten behaftet sind, deren er noch nicht Herr geworden ist“ [11; S. 241].

Masse: „Zusammengehaltener Komplex verschiedener Energien“

An dieser Stelle kann man sich wieder auf Ostwalds Aussage besinnen, dass „die Energie allein primäre Existenz hat“ und Masse „ein zusammengehaltener Komplex verschiedener Energien ist“. Wenn von verschiedenen Energien die Rede ist, so kann man bei einer realen Masse bei realistischen Temperaturen schon einmal die enthaltene Wärme-Energie als „makroskopischem Vertreter“ aufführen. Geht man ins Kleinste hinein, so stößt man auf Atomhüllen und Kerne. Beide haben in ihren Strukturen Energie gespeichert, die jeweils in unterschiedlicher Menge und Form vorliegt.

Im Zusammenhang mit dem Struktur-Begriff sollte man sich mindestens jeweils in den zwei bereits erwähnten Bereichen bewegen, im „Makro-“ und im „Mikro-Bereich“. Jammer weist mit seinen Worten ebenfalls auf diese zwei Welten hin: „Warum ist es so, daß bei den normalen physikalisch-chemischen Vorgängen (d.h. im Makro-Bereich, d. Verf.) die große Mehrheit der ‘Massergie‘ (Masse, der Verf.) eines Körpers latent und inaktiv bleibt und nur ein unendlich kleiner Betrag an den ‘Energietransformationen‘ teilnimmt? Warum verhält sich das physikalische Substrat nicht immer so wie in der Physik der Elementarteilchen (Mikro-Bereich, d. Verf.)? Die Antwort auf diese Frage liegt jenseits des Bereichs der Relativitätstheorie. Sie liegt in den quantenmechanischen Aspekten der Dynamik des Atoms, in dem Existieren stationärer Zustände und diskreter Energieniveaus. Dies ist der

entscheidende Grund für das Festhalten und das ‘Überleben‘ des klassischen Massebegriffs“ [8; S. 204].

Es bietet sich gleich die Frage an nach dem, was denn strukturiert sei. Ist es die „Urform“ der Energie, die an diesem Ort in besonderer Weise strukturiert ist? Bei Jammer kann man schon ähnliche Vermutungen lesen: „Masse und Energie sind identisch, sie sind synonym für das gleiche physikalische Substrat“[8; S. 202].

6 Feldenergie und strukturierter Raum

In den bisherigen Überlegungen (und besonders in der historischen Physikkultur) wurde öfters der „Raum“ erwähnt, der auch zu den Fundamentalbegriffen der Physik gehört. Aus der Alltagserfahrung „Möbel in einem Zimmer“ könnte man ihn für eine „Art leere Schachtel halten, die unabhängig von Gegenständen darin gedacht werden kann“[11; S. 30]. Wesentlich besser zu den bisherigen Ausführungen passend ist folgende Aussage: „...haben wir uns den Raum...nicht als qualitätslosen geometrischen Raum, sondern als physikalischen Raum vorzustellen, der auch bei Abwesenheit von Masseteilchen vielfältige, komplexe Strukturen annehmen kann“[11; S.32].

Ein schönes Beispiel ist aus dem Alltag bekannt, nämlich dass Eisenteilchen in der Umgebung eines Magneten von ihm angezogen werden. Damit wird eindeutig klar, dass der Raum nahe um den Magneten andere Eigenschaften hat, als der von ihm weit entfernte Bereich. In der Nähe des Magneten liegt eine andere „Raumqualität“, ein anderer „Raumzustand“ vor als in größerer Entfernung. Der Magnet erzeugt im umgebenden Raum ein „Feld“, genauer: Ein Magnetfeld.

Lebensalltag und Physik meinen mit „Raum“ etwas ganz Verschiedenes

Beim Begriff „Raum“ stellt man sich unwillkürlich etwas Leeres vor, den Platz zwischen Gegenständen oder zwischen Gebäuden usw. Ursprünglich stammt das Wort ja auch aus der Welt, die der Mensch mit seinen Sinnen direkt erfahren kann, aus seinem Lebensbereich. In der Physik geht es bei „Raum“ aber noch um ganz andere Größenordnungen, die dem Menschen direkt nicht zugänglich sind: der Raum zwischen den atomaren Teilchen im „mikroskopischen“ Bereich und dem makroskopischen Raum, dem Kosmos. Diese Bereiche sind erfüllt von den verschiedensten Feldarten: Elektrische, magnetische, gravitative usw. Auch der Lebensraum des Menschen ist von Feldern durchsetzt. Man denke nur an das Erdmagnetfeld oder das Gravitationsfeld, für die der Mensch aber keine direkten Sinnesorgane hat und sich daher unter „Raum“ etwas Leeres vorstellt. Deswegen ist es sinnvoll, das aus dem Alltagsleben stammende und dort mit der Vorstellung „leer“ verbundene Wort „Raum“ in der physikalischen Betrachtungsweise der Welt immer mit der Vorstellung von Feldern zu verbinden, die ihn durchziehen oder erfüllen.

Ein Raum ist immer Feld-erfüllt

Wie am Beispiel des Magneten schon erkennbar war, werden im allgemeinen Fall diese Felder sehr unterschiedlich und ungleichmäßig verteilt, also strukturiert sein, was nach [12] sogar für das Vakuum gilt. Die Physik lehrt ganz allgemein, dass in der Umgebung von Körpern eine bestimmte Raumstruktur besteht, die von ihnen mitbestimmt wird. Hier zeigt es sich, dass es völlig berechtigt ist, statt ‚Raumstruktur‘ stets ‚Feldstruktur‘ zu sagen. Beides stimmt in der Physik überein und durch das Meiden des Begriffes ‚Raum‘ wird auch der

innere Konflikt mit der Lebenserfahrung vermieden, der normalerweise auch zum Kopfschütteln führt, wenn aus der allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein das Wort „Raumkrümmung“ auftaucht. Wie kann etwas Leeres denn auch noch gekrümmt sein? Es wird gern die Tatsache herangezogen, dass ein Stern, der hinter der Sonne stand (bei einer Sonnenfinsternis), doch gesehen werden konnte, weil die Lichtstrahlen durch das starke Gravitationsfeld der Sonne gebogen wurden – und schon erklärte man das mit „Krümmung des Raumes“. Der Verfasser hat, in Gesprächen diese Modellvorstellung kritisierend, gerne spottend gefragt, wo denn da die Schienen im Raume eine Kurve machten...Warum blieb man nicht bei der viel besseren – weil anschaulichen – Erklärung mit Feldstrukturen? Die Antwort findet sich bei einem Kenner der Theorie und beruht lediglich auf einer starren Definition, die unbedingt konsequent eingehalten wurde, ohne Rücksicht auf reale Erfahrungen:

„Wenn Astronomen...feststellen, dass Lichtstrahlen von einer einzigen fernen Quelle in der Nähe sehr schwerer Körper rechts und links um diesen herum in ein und dasselbe Teleskop auf der Erde gelangen können, so würde man in der Begriffswelt der Newtonschen Mechanik davon sprechen, dass die Lichtstrahlen wie durch eine Linse verbogen werden. In der allgemeinen Relativitätstheorie sind nach Definition Lichtstrahlen als ‚Geraden‘ zu verstehen, so dass als einzige Lösung zur Erklärung dieses Vorganges von einer Krümmung des Raumes gesprochen werden muss“ [13]. Dieses Zitat zeigt zumindest eine gewisse Weltfremdheit der allgemeinen Relativitätstheorie auf und es bietet sich folgende Empfehlung an, um Verwirrungen zu vermeiden:

„Raum“ in der Physik-Literatur stillschweigend durch „Feldstruktur“ ersetzen!

In Hinsicht auf die spezielle Relativitätstheorie kommt es aber noch schlimmer als bei der „Raumkrümmung“: Görnitz schreibt: „Allerdings ist die Verbindung der speziellen Relativitätstheorie mit der Quantenphysik...ein noch nicht zufriedenstellend gelöstes mathematisches Problem. Die genauen Ergebnisse in den Berechnungen werden bisher dadurch erhalten, dass unendlich große Größen, die im Verlaufe der Rechnungen auftreten, gleich Null gesetzt werden. Solche Unstimmigkeiten könnten ein Hinweis darauf sein, dass der speziellen Relativitätstheorie – als einer Theorie der klassischen Physik – noch eine Veränderung ins Haus steht“ [13; S. 67]. Die Unterstreichungen wurden vom Verfasser dieses Aufsatzes vorgenommen, der nur vermuten kann, dass er an dem Tag als diese Art von Mathematik gelehrt wurde, in der Schule fehlte. Außerdem vermutet er, dass Görnitz in seiner Solidarität zu einem Physik-Kollegen mit „Veränderung“ diskret eine räumliche Änderung meinte, nämlich den Papierkorb...Aber Schluss mit der Polemik und zurück zur Sachlichkeit!

Quantenstruktur der Energie

Oben wurde schon im Zusammenhang mit der Äquivalenzformel erwähnt, dass in der Physik-Literatur zwar viel von „Energie-Umwandlungen“ die Rede ist, aber wenig vom Begriff „Struktur“. Dafür wurde er hier um so mehr betont. Man weiß, nichts ist perfekt; es gilt aber auch: man findet überall „Perlen“. Und so auch im ‚Editorial‘ der Zeitschrift ‚Physik in unserer Zeit‘: „Die Quantenmechanik erfand die Vakuumenergie und die allgemeine Relativitätstheorie verlieh dem Raum eine Struktur – selbst dem leeren“ [14]. Wenn die Physik vom Raum spricht und gleichzeitig von Atomen in diesem Raum, so bedeutet das eine Strukturierung des (felderfüllten) Raumes und schon 1895 meinte Boltzmann in Lübeck: „Ich sehe keinen Grund, nicht auch die Energie als atomistisch eingeteilt anzusehen!“ Planck hat dafür den Begriff Quanten gesetzt [5; S. 188]. Damit wurde eine Strukturierung der Energiemenge, eine Einteilung in Stufen eingeführt. Und bezogen auf die Energie-Stufen oder auch –Beträge schreibt C. F. v. Weizsäcker im Vorwort zu Görnitz‘ Buch:...,erwies sich die

Quantentheorie als unausweichlich; nicht ein einziges empirisches Resultat hat sich gefunden, das den Aussagen der Quantentheorie widersprach“ [13]. Dies bezieht sich, das darf man nicht vergessen, auf die Welt des ganz Kleinen.

Das folgende Zitat verwendet zwar ein makroskopisches Beispiel, ist aber durchaus ganzheitlich gemeint: „Die Unterscheidung zwischen Materie und Feld (muss) in dem Moment, wo man sich über die Äquivalenz von Masse und Energie klargeworden ist, als etwas Unnatürliches und unklar Definiertes erscheinen. Können wir den Materiebegriff nicht einfach fallen lassen und eine reine Feldphysik entwickeln? Was unseren Sinnen als Materie erscheint, ist in Wirklichkeit nur eine Zusammenballung von Energie auf verhältnismäßig engem Raum. Wir können die Materiekörper auch als Regionen im Raum betrachten, in denen das Feld außerordentlich stark ist. Daraus ließe sich ein gänzlich neues philosophisches Weltbild entwickeln, das letztlich zu einer Deutung aller Naturvorgänge mittels struktureller Gesetze führen müßte, die überall und immer gelten. Ein durch die Luft geworfener Stein ist in diesem Sinne ein veränderliches Feld, bei dem die Stelle mit der größten Feldintensität sich mit der Fluggeschwindigkeit des Steines durch den Raum bewegt. In einer solchen neuen Physik wäre kein Raum mehr für beides: Feld und Materie; das Feld wäre als das einzig Reale anzusehen“ [15]. Es sei an Abschnitt vier erinnert: das hat Ostwald schon 1895 gesagt!

Materie = außerhalb des Bewusstseins bestehende Wirklichkeit; Ungeformtes

Mit „Materie“ ist seitens der Philosophie laut Duden „Die außerhalb des Bewusstseins bestehende Wirklichkeit; Urstoff; Ungeformtes“ gemeint. Leider wird dieser Begriff gleichzeitig auch für Körperliches, Stoffliches benutzt, so auch bei Einstein. In der Übersicht (Bild 5) ist „Materie“ jedenfalls im philosophischen Sinne zu verstehen. Je tiefer man geht bzw. je feiner die Modellvorstellungen werden sollen, um so mehr geht der Weg von der Naturwissenschaft in die Philosophie und weit weg von naturwissenschaftlicher Empirie („Versuch und Irrtum-Forschung“). Wenn vom „Ungeformten“ die Rede ist, kann man auch das Fremdwort „Kontinuum“ benutzen und die Vorstellung eines einheitlichen unstrukturierten Feldes damit verbinden. Möchte man lieber eine stofforientierte Sicht, so könnte man, wie schon in Abschnitt fünf erwähnt: „Substrat“ (Grund-, Unterlage) sagen.

„Feld wäre als das einzig Reale anzusehen“

Für die ersten, feinsten Strukturbildungen im Kontinuum/Substrat bietet sich die Vorstellung stehender Wellen an. Stehende Wellen haben Schwingungsknoten und –bäuche, ein räumliches Nebeneinander von Ruhe und Bewegung, von Teilchen- und Wellencharakter. Außerdem handelt es sich um ein vernetztes Geschehen. Hierzu sei wiederum Weizsäcker zitiert: „Die klassische Physik glaubt an ein Raum-Zeit-Kontinuum, in dem sich trennbare Körper unter dem Einfluss der von ihnen erzeugten Kräfte bewegen. Für die Quantentheorie hingegen – so analysiert Görnitz – gibt es keine in Strenge ‘trennbaren Objekte‘. ‚Natur ist Beziehung‘ ist eine These seines Buches. Trennung der Objekte ist nur eine genäherte Beschreibung. Diese Näherung zu überwinden hieße freilich eine für uns nicht in Strenge ausführbare Forderung. ‚Holismus‘ aber, also ‚ganzheitliches Denken‘ ist das Anliegen...Eine...Trennung, die nach Görnitz überwunden werden soll, ist die Gegenüberstellung...der ausgedehnten, geometrisch beschreibbaren Substanz und der denkenden, bewussten Substanz“ [13].

Ganzheitliches Denken auch in der Physik gefragt

Materie - Energie – Masse

- Strukturierung (Information aufprägen) als verbindender Vorgang -

Makroskopischer Bereich			
↑ Zunehmende „Verstofflichung“	Körper, Gegenstand: Stoff	Raum: Leerer Platz	Im Alltag mit den Sinnen noch direkt erfahrbar und Mechanisch-energetische Wirkungen
	Stoffliches hat träge und schwere Masse	Erfüllt von Feldern	Raum physikalisch genauer betrachtet!
		Felder enthalten und übertragen Energie	Folgerichtig gilt: Energie = Feldstruktur , beispielsweise Wellen oder Quanten
	Felder haben Struktur	Energetische Wirkungen durch Struktur-Änderungen	
Mikroskopischer Bereich			
Elementarteilchen		Nach Einstein: Ort hoher Feldintensität	
$E = m c^2$		Verbindende Äquivalenzbeziehung	
Materie = Feld		Materie: Urstoff, Ungeformtes ; außerhalb des Bewusstseins bestehende Wirklichkeit. <u>Achtung:</u> Wird leider auch oft verwirrend für Körperliches, d.h. Stoffliches verwendet!!	
Kondensations- stufen	Materie		Görnitz: „Im Rahmen der Urtheorie sind mathematische Konzepte und Modelle entwickelt worden, mit denen man zeigen kann, wie eine derartig definierte Information zu Energie und weiter auch zu Materie, die sogar Ruhemasse besitzt, kondensieren kann“ } Görnitz: „Einzige fundamentale Substanz“
	↑ Energie		
	↑ Information		
	↑ Geist		

Bild 5 Physikalisch-philosophische Übersicht: „Von der Materie zur Masse“

In der Übersicht zu Materie, Energie und Masse ist unten bei der „Materie“ eine gepunktete Trennlinie angebracht und Görnitz' Ansichten in einem kleinen „Unterschema“ extra angedeutet (Bild 5). Wie schon erwähnt, ist der Begriff „Materie“ und noch tiefere Bereiche jeder Spekulation oder Weltanschauung offen. Die folgenden, zum Teil kommentierten Zitate seien zur Anregung des Lesers und zum Ausklang dieser Ausführungen wiedergegeben: Görnitz beschreibt „Kondensationsstufen“ (S. 252) vom „Geist“ über Energie, Information, Materie zur Masse und betont: „...keine Notwendigkeit,... die Spaltung in ‚Geist‘ und ‚Materie‘ weiterhin aufrecht zu erhalten“ (S. 154). Später: „Geist – welcher Information mit beinhalten kann“ (S. 255). Gefühlsmäßig spricht einen diese Aussage wohl an. Er meint allerdings einen recht abstrakten Informationsbegriff und schreibt dazu: „Dass Information keine Masse besitzt, ist sicherlich ebenfalls konsensfähig“ (S. 252). Damit hat er sicher recht, denn Information ist gleichbedeutend mit Strukturunterschieden; sie benötigt allerdings Masse oder Energie, aber lediglich nur als Träger. Sie selbst hat tatsächlich keine Masse. Dann aber verwechselt er leider semantische Information mit syntaktischer. Mit semantischer Information wird der subjektive Bedeutungsinhalt bezeichnet, der sich erst „hinter der Stirn“ bildet; dort in Wissen und Erkenntnis umsetzt; syntaktisch ist der objektive, messbare Teil; eben der Strukturunterschied eines Trägers [16]. Er schreibt. „Da sich der Informationsbegriff auf mögliche Wissbarkeit bezieht, ist es naheliegend, dass es auch Information über Information geben kann“ (S. 253). An dieser Stelle begibt er sich durch die Mischung von semantischem und syntaktischem Informationsbegriff in einen Teufelskreis, aus dem man besser aussteigt.

Zum Schluss sei noch die kürzest mögliche Zusammenfassung formuliert:

Energie und Information sind in Strukturen gespeichert
Information = Struktur-Unterschiede; Energetische Wirkungen = Struktur-Änderungen

7 Literaturquellen

- [1] Bundesminister f. Forschung und Technologie (Hrsg.): Erneuerbare Energien; Bonn 1992; ISBN 3-88135-244-9
- [2] Norbert Harthun: Energetische Wirkungen in Natur und Technik – Vergleichende Untersuchung ausgewählter Phänomene; Kosmische Evolution 1978 Nr. 1; S. 57-66
- [3] L. Bergmann; Cl. Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 1; W. de Gruyter + Co; Berlin 1965
- [4] F. Zwicky: Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild; Droemer Knaur München 1966
- [5] W. Ostwald: Lebenslinien Bd. 2; Kap 8; S. 151-181
- [6] Prigogine, Ilya; Stengers, Isabelle: Dialog mit der Natur – neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens; München, Zürich 1981; R. Piper & Co
- [7] Heinrich Hertz: Die Prinzipien d. Mechanik (Hrsg. P. Lenard); 2. Aufl. Verlag von Ambrosius Barth Leipzig 1910
- [8] M. Jammer; Der Begriff der Masse in der Physik; Wiss. Buchgesellsch. Darmstadt; 2. Aufl. 1974
- [9] Ludwig Boltzmann; Populäre Schriften 3. Aufl. vermutlich Wien 1905
- [10] G. Gamow: Biographie der Physik; Econ Verl. Düsseldorf, Wien 1965
- [11] H. Jodl; Felder; Akad. Verlagsges. Wiesbaden 1976
- [12] J. Raffelski; B. Müller: Die Struktur des Vakuums; Harri Deutsch; Thun 1985
- [13] Thomas Görnitz: Quanten sind anders- Die verborgene Einheit der Welt; Heidelberg, Berlin, Spektrum, Akad. Verlag 1999; ISBN 3-8274-0571-8
- [14] Editorial; Physik in unserer Zeit 31 (2000) Nr. 3 S. 131
- [15] Einstein A.; Infeld L. Die Evolution der Physik; rowohlt's deutsche enzyklopädie 1966
- [16] Norbert Harthun „Informationen zur Information“; raum & zeit Jg. 17 (1999)

November 2001