

Absolute Energy & AnEx Information

Grundlagen zur Informationstheorie

Abstract :

Die Zusammenhänge von „Energie“ und „Information“ sind bislang weitgehend ungeklärt. Beide Aspekte werden zwar in Beziehung zueinander gesetzt, doch gelang bisher keine akzeptable Zuordnung.

Die vorliegenden Erkenntnisse zeigen auf, wie „absolute Energie“, „Energieformen“ und Information nahtlos in die bisherigen Wissenssysteme eingeordnet werden können. Integrierte Vorstellungen von Energie und Energieformen ergeben sich, indem relativistische, quantenphysikalische und klassische Sichtweisen miteinander verbunden werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Abgrenzung von absoluter, formloser „Energie“ gegenüber den „Energieformen“. Beide zeichnen sich durch grundlegend unterschiedliche Mechanismen der Informationsverarbeitung aus. Dabei erweisen sich jedoch nur die praktisch relevanten *Energieformen* über die thermodynamische Grösse der inneren Energie als berechenbar.

Zukünftig unterliegen Energieformbetrachtungen somit nicht mehr allein der physikalisch/ technischen Anwendungsbeschränkung. Mit der vorliegenden energetischen Zusammenführung wird ein allgemein gültiges Modell vorgestellt, das naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Fragestellungen auf eine gemeinsame energetische Grundlage stellt. Darüber werden wissenschaftliche Vorgehensweisen vereinheitlicht, wovon alle Forschungsgebiete profitieren können.

Inhaltsverzeichnis

GRUNDLAGEN ZUR INFORMATIONSTHEORIE.....	3
1 EINLEITUNG	3
1.1 Sichtweisen der grossen physikalischen Theorien.....	3
2 ANSATZ ZUR VEREINHEITLICHUNG DER PHYSIKALISCHEN THEORIEN	4
2.1 Die indirekte Wechselwirkung.....	4
2.2 Die direkte Wechselwirkung	4
2.3 Unstrukturierte Information	4
2.4 Strukturierte Information	4
3 VERALLGEMEINERUNG DES ENERGIEBEGRIFFES.....	5
3.1 Absolute Energie, „Die Raum-Zeit-Information“	6
3.2 Gesamtenergie einer Energieform	7
3.3 Die inneren Energien.....	7
4 ZUSAMMENFASSUNG.....	9
5 SCHLUSSFOLGERUNG	11
6 SACHREGISTER.....	12
7 LITERATUR.....	13

Grundlagen zur Informationstheorie

1 Einleitung

In der Physik sind verschiedene Berechnungsvorschriften für „Energie“ bekannt:

$$E = m \cdot c^2; \quad E = h \cdot \nu; \quad E_{\text{ges}} = E_{\text{pot}} (m \cdot g \cdot h) + E_{\text{kin}} (m/2 \cdot v^2); \quad \dots$$

Schon die verschiedenen Einheiten bringen zum Ausdruck, dass stets nur unterschiedliche energetische Aspekte beschrieben werden (Newtonmeter, Joule, Wattsekunde, Kalorie, Elektronenvolt, Erg, ...). Diese Erkenntnis ist physikalisch dahingehend gelöst, dass stets von „Energieformen“ gesprochen wird [1]. „Formen von Energie“ lassen sich - entsprechend der Beschränkungen der thermodynamischen Hauptsätze - in andere Energieformen überführen.

Wenn also „Formen von Energie“ stets unterschiedliche Aspekte von Energie beschreiben, bleibt die Frage offen, worin denn dann „Energie“ bestehen soll. Eine Abgrenzung zu den Energieformen ergibt sich aus der Kombination relativistischer, quantenphysikalischer und thermodynamischer Erkenntnisse.

1.1 Sichtweisen der grossen physikalischen Theorien

In der Physik gibt es drei grosse Bereiche, die jeweils ein ganz bestimmtes Formverhalten beschreiben. Unumstritten sind die Kenntnisse der *klassischen Physik*. Ihre Beschreibungen beruhen auf miteinander wechselwirkenden Teilchen, deren Ort und Impuls (Masse x Geschwindigkeit) sich eindeutig zuordnen lässt. Ihr zufolge kann sich ein Teilchen nicht gleichzeitig an zwei Orten aufhalten, und seine Geschwindigkeit ist prinzipiell jederzeit messbar. Albert Einstein erweiterte das Weltbild für den Bereich der hohen Geschwindigkeiten (nahe oder gleich der Lichtgeschwindigkeit) und für universelle Grössenordnungen im Rahmen der allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie. Kurz darauf entwickelte sich die *Quantenphysik*, um den Bereich der kleinsten Grundbausteine detaillierter zu klären. Seitdem besteht ein vehementer Richtungsstreit, der zumeist davon getragen ist, dass bestimmte Aspekte der einen oder anderen Theorie isoliert betrachtet werden. Ein mittlerweile beigelegter Streitpunkt liegt beispielsweise in der teilchen- oder wellenbasierten Betrachtungsweise.

Die Quantentheorie hebt die Wellennatur von Teilchen hervor und beschreibt sie mit der Wellenfunktion Ψ (Psi). Zugleich führte sie den Aspekt der „Nichtlokalität“ ein. Damit lässt sich der Bezug zum Teilchen nur noch über Wahrscheinlichkeitsinterpretationen aus dem Betragsquadrat $|\Psi|^2$ herleiten [2]. Ein weiteres unverkennbares Merkmal von Quantensystemen besteht in der Kenntnis der permanenten Wechselwirkungen zwischen einem beobachteten System und einem Beobachter. Massgebliches Prinzip solcher „verschränkt“ bezeichneter Systeme ist, dass die Summe aller Teilchen *mehr* ist als die Summe seiner Einzelteile (Superpositionsprinzip [3]).

Derartige quantenphysikalische Vorstellungen haben zur Folge, dass sowohl schwer zu akzeptierende Interferenzen von Teilchen oder Teilchengruppen mit sich selbst (Verschränkungen*), aber auch unterschiedlich zu interpretierende „Tunneleffekte“ im Grundsatz akzeptiert werden müssen. Dies zieht die Schlussfolgerung nach sich, dass

der für uns „normale“ (klassische) Teilchencharakter erst mit einer Beobachtung oder Messung entsteht. Nichtlokale Welleneigenschaften gehen prinzipiell verloren, sobald eine direkte Wechselwirkung* (z.B. in Form einer Beobachtung) stattgefunden hat [4]. Von dem Moment an können Teilchen oder Teilchengruppen nicht mehr mit sich selbst interferieren, - eben, weil sie in einer irreversiblen, direkten Wechselwirkung mit einer anderen Form von Energie stehen.

2 Ansatz zur Vereinheitlichung der physikalischen Theorien

Werden nun herkömmliche (teilchenbasierte) und moderne (wellenbasierte) Vorstellungen über den Begriff der Energie und Information* miteinander vereint [5], gelingt eine intensiv gesuchte physikalische Vereinheitlichung. Dafür werden zunächst sowohl die Vorstellungen von realen, ortsbezogenen Teilchen und die von nichtlokalen Wellen miteinander verbunden. Das verbindende Prinzip ergibt sich aus einer Modellvorstellung für die Verarbeitung/ Nichtverarbeitung von Information.

2.1 Die indirekte Wechselwirkung

Als erste Verallgemeinerung wird vorgeschlagen, wellenartiges Verhalten allgemein als „indirekte“ Wechselwirkung aufzufassen. In diesem Zustand sind „Teilchen“ oder „Teilchengruppen“ lediglich *indirekt* wechselwirkend* miteinander verbunden (verschränkt*) [6]. Das Bezugssystem sagt aus, dass keine herkömmlichen Teilchenstrukturen zugeordnet werden können, solange sie sich in keiner direkten Informationsbeziehung, bzw. in keiner direkten Wechselwirkung mit ihrer Umgebung befinden.

2.2 Die direkte Wechselwirkung

Nehmen die betrachteten Systeme hingegen klassischen Teilchencharakter an, so liegen *direkte* Wechselwirkungen vor. Bislang nichtlokale (indirekte) Welleneigenschaften lassen sich demnach nur aufgrund von *direkten* Wechselwirkungen hinsichtlich des Ortes, der Masse und Geschwindigkeit eindeutig zuordnen.

2.3 Unstrukturierte Information

Sehr viel deutlicher wird das Prinzip, wenn der Aspekt der Information hinzugezogen wird. Prinzipiell ist der Bereich der *indirekten* Wechselwirkungen, der quantenphysikalisch über die Wellenfunktion beschrieben ist, stets von *unstrukturierter* Information durchzogen. Erst im Falle einer direkten Wechselwirkung erlangt ein Teilchen seine reale (Informations-)Struktur.

2.4 Strukturierte Information

Damit bewirkt allein die Strukturierung von Information dass „Formen von Energie“ bezüglich ihres Ortes oder ihres Impulses „klassisch“ festgelegt werden können. Der eigentliche Schlüssel jeglicher Betrachtungen liegt also in der Struktur oder Nicht-Struktur von Information. Der Aspekt wird um so wichtiger, je klarer er dem Wesen der „Energie“* oder „Energieform“* zugeordnet werden kann.

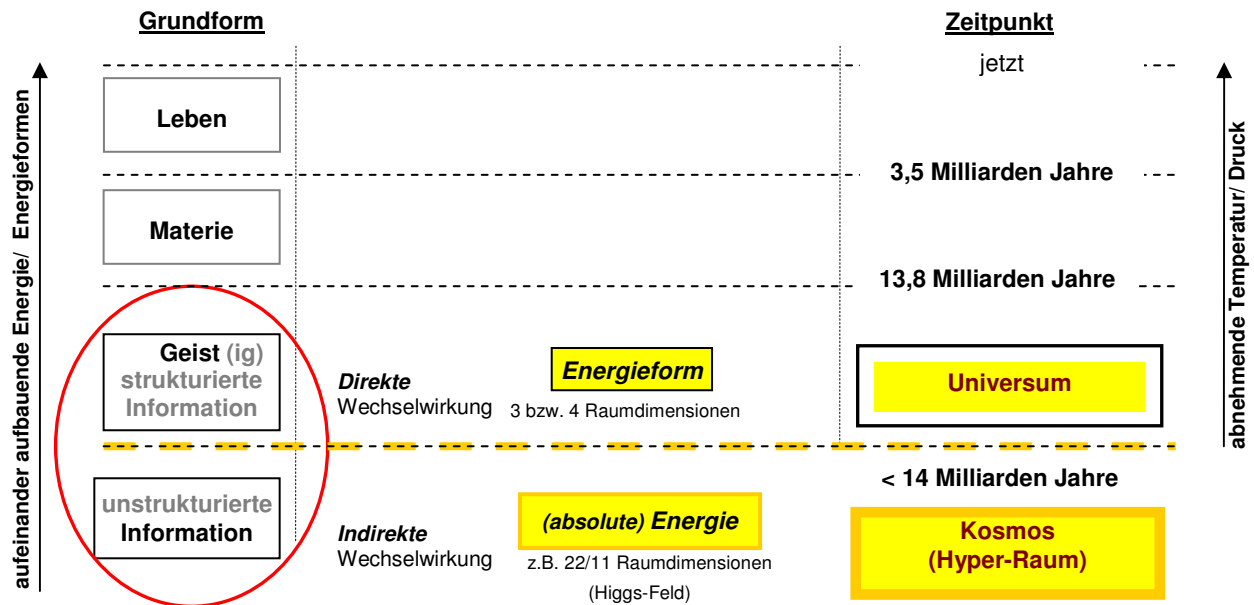


Abbildung 1, unstrukturierte/ strukturierte Information

Der Definition nach liegt (absolute) Energie also grundsätzlich unstrukturiert vor (unterer Teil der Abbildung 1). Hingegen sind die mess- oder wahrnehmbaren Energie-*Formen* von strukturierter Information durchzogen. Sie bauen auf unstrukturierter Information auf und diversifizieren* bei abnehmenden bzw. konstant bleibenden Temperatur/ Druckverhältnissen zu immer komplexer werdenden Formen (geistig strukturierte Information bei Elementarteilchen, Materie, Lebensformen, ...) Somit basiert die Grundidee einer vereinheitlichenden physikalischen Theorie auf der Abgrenzung von absoluter *Energie* und *Energieform*, deren energetische Basis einerseits auf *unstrukturierter* Information und andererseits auf (geistig) *strukturierter* Information beruht. Die Idee mehrdimensionaler Räume im Higgsfeld beruht auf unterschiedlichen Modellen der Stringtheorien [7], [8].

3 Verallgemeinerung des Energiebegriffes

Eine der vorgeschlagenen Schlussfolgerungen postuliert nun, dass sämtliche Rechen-vorschriften stets „nur“ bestimmte „Formen von Energie“ beschreiben. Folglich behandeln alle klassischen (teilchenbasierten) Rechenvorschriften das Verhalten einer ganz bestimmten *Energieform*. Diese Sichtweise ist prinzipiell nicht neu [1]. Sie wird hier jedoch dahingehend erweitert, dass sich jede Form von Energie hinsichtlich ihrer Eigenschaften (Qualität*, z.B. Farbe), ihres Potentials (Quantität*) und ihres Ortes von anderen unterscheidet.

Zukünftige wissenschaftliche Betrachtungen sollten darum vermehrt auf die energetische Struktur der betrachteten Form bezogen werden. Schliesslich führen gerade die verschiedenen Informationsstrukturen zu unterschiedlichen Eigenschaften (Qualitäten) in den Energieformen. Ausserdem lassen sie sich auch aufgrund ihrer Potentiale bzw. ihres etwaigen Wirkungsvermögens eindeutig gegenüber anderen Energieformen abgrenzen. Deswegen bedürfen die beiden Aspekte (Qualität und Quantität) eines thermodynamischen Bezugs und damit eines Bezugs zu anerkannten physikalischen Grössen.

Nunmehr ist kurz umrissen, wie sich *Energieformen* allgemein gültig darstellen lassen, -

ein allgemein gültiger „Energie“-Begriff bedarf jedoch noch weiterführender Überlegungen, damit eine klare Abgrenzung gegenüber den Energieformen gelingt: Der geltenden Logik nach muss absolute „Energie“ auf unendlich grossen Variablen basieren, aus der die unterschiedlichsten Energieformen diversifizieren. Im Gegensatz zur absoluten Energie beruhen diversifizierte Energieformen stets auf endlichen, genau berechenbaren Grössen.

3.1 Absolute Energie, „Die Raum-Zeit-Information“

Der Grundüberlegung nach bildet unendliche, absolute bzw. nichtlokalisierbare „Energie“ die Grundlage aller örtlich lokalisierbaren Energieformen. Unserer Vorstellung nach gibt es genau drei Variablen, denen unendliche Grösse zugeschrieben werden kann. Unendlich gross sind der *Raum*, die *Zeit* und die *Information* [5]¹.

Ein *Raum* wird zwar nur über endlich viele Dimensionen verfügen (wir kennen drei, maximal vier Raumdimensionen), universell betrachtet ist er jedoch von unendlicher Grösse. Ähnlich verhält es sich mit der *Zeit*, die für Bewegung bzw. für Veränderung steht. Auch sie ist stets von unendlicher Dauer und damit von unendlicher Grösse. Genau genommen bedürfen Veränderungen oder Bewegungen nicht einmal der zwingenden Kopplung mit einem dreidimensionalen Raum, - schliesslich kann Veränderung oder Bewegung auch in zwei- oder elf- oder zweiundzwanzig-dimensionalen Räumen erfolgen. Somit erlangen quasi nebenbei auch höherdimensionale mathematische Systeme, wie sie *beispielsweise* in den Stringtheorien verwendet werden, einen erhöhten Praxisbezug. Doch wie verhält es sich mit der *Information*? Auch sie kann mit dem Werkzeug der *Zahl* stets in unendliche Grössen überführt werden. Unendlich viele Informationsbeziehungen lassen sich demnach als unendliche Information, bzw. als endlich diversifizierte Zahlen betrachten. Darum wird nun an dieser Stelle vorgeschlagen, *absolute Energie* zukünftig über die drei mathematisch nicht mehr fassbaren Unendlichkeiten, dem *Raum*, der *Zeit* und der *Information* zu definieren (RZI*).

Solange also noch keine Form von Energie aus absoluter Energie diversifiziert ist, liegt absolute Energie analog der quantenphysikalischen Vorstellung stets (informativ) *unstrukturiert* vor. Konsequenterweise macht es bei solch unstrukturierten Gebilden auch noch keinen Sinn, konkrete oder echte „Energie“werte berechnen zu wollen.

Energieart	Basis der Information ist die ...	Berechenbarkeit
1. Raum-Zeit-Information (absolute „Energie“)	<i>Indirekte</i> Wechselwirkung	Nein

Sehr viel interessanter sind in diesem Zusammenhang jedoch die Verhaltensweisen von klassischen, exakt berechenbaren Energieformen. Sie sind nämlich direkt lokalisierbar, und nur sie führen über den Weg der *direkten* Wechselwirkungen zu entsprechend praxisbezogenen Grössen, die wir über diverse physikalische Einheiten recht exakt berechnen können. Diesen Grundüberlegungen zufolge wird vorgeschlagen, folgende Vereinheitlichung hinsichtlich der unterschiedlichen Energiebegriffe einzuführen, - wobei nun auch die relativistischen Effekte einzubeziehen sind.

¹ PdN-PhiS. 4/51 (2002) S. 20: „Man muss die Werte für Ladung und Masse neu skalieren, wenn man mit den heutigen Quantenfeldtheorien eine störungstheoretische Beschreibung von Wechselwirkungen berechnen will. Genauer: man muss unendliche Grössen von den Ausgangswerten abziehen, um eine empirisch brauchbare Theorie zu erhalten.“

3.2 Gesamtenergie einer Energieform

Eine Gesamtenergie setzt sich analog der vorherrschenden Auffassung stets aus allen denkbaren Energieformanteilen zusammen. Vereinfachend wird vorgeschlagen deren energetische Anteile zukünftig in *innere* und *äussere* Energieformanteile zu unterteilen:

E gesamt	Für Prozesse auf der Erde	Für Prozesse im Universum
Gesamt-Energie =	innere Energie, U (der Energieformen, - <i>ohne</i> relativistische Effekte)	+ äussere Energie, E_{kin} + E_{pot} (der Energieformen, - <i>mit</i> relativistischen Effekten)

Gleichung 1, Teilsapekte der Gesamtenergie

Die äusseren Energien bedürfen der Berücksichtigung von relativistischen Effekten und sind im Zusammenhang mit erdgebundenen Prozessen eher unrelevant. Sehr viel einfacher erscheint hingegen die Ermittlung der inneren Energieformanteile. Doch auch hier verbirgt sich eine Summe von unterschiedlichen Eigenschaften, die im nächsten Abschnitt gleich erläutert wird.

Eine echte Gesamtenergieberechnung erweist sich demnach als ausserordentlich schwierig bzw. unmöglich. In herkömmlichen Berechnungsvorschriften fehlt meist der äussere Energieanteil, doch selbst wenn dieser als „bekannt“ vorausgesetzt wird, so kann er nur aufgrund von Annahmen zu einem frei gewählten Bezugspunkt im Universum quantifiziert worden sein. Damit gilt für die Berechnung der Gesamtenergie von Energieformen:

Energieart	Basis der Information ist die ...	Berechenbarkeit
2. Gesamtenergie (einer oder mehrerer Energieformen)	<i>direkte</i> Wechselwirkung	Nur über Annahmen (willkürlicher Fixpunkt im Universum)

Für zukünftige (erdgebundene) wissenschaftliche Betrachtungen stehen also weniger vollständige Gesamtenergiebetrachtungen im Vordergrund, sondern vielmehr die „inneren Energien“ der zu betrachtenden Formen. Diese thermodynamische Grösse erlangt eine noch sehr viel höhere Aussagefähigkeit, wenn bewusst wird, welche Formanteile sich hinter der inneren Energie U [kJ/ kg] letztlich verbergen.

3.3 Die inneren Energien

Zunächst erweist sich eine vollständige Berechnung der inneren Energie oft als ähnlich problematisch, wie die der Gesamtenergie. Denn auch die innere Energie ist prinzipiell als Summe von beliebig vielen Subenergieformen anzusehen. So ergibt sich beispielsweise folgendes Bild:

$$\text{Innere Energie} = \text{therm. Energie} + \text{chem. Energie} + \text{nukleare Energie} + \text{kinetische Energie} + \text{potentielle Energie}$$

Gleichung 2, innere Energie

Auch hier verdeutlichen die unterschiedlichen Einheiten, dass - abhängig vom betrachteten Prozess -, unterschiedliche Energieformen berechnet werden (Kelvin, Mol, Gray, km/h, ...). Soll also die gesamte innere Energie einer Energieform angegeben werden, so müssten alle Teilaspekte miteinander aufsummiert werden, vorausgesetzt ihre Einheiten wurden vorher ineinander umgerechnet. Dies alles ist jedoch sowohl aus theore-

tischen als auch aus praktischen Gründen gar nicht erforderlich. Vielmehr soll hier verdeutlicht werden, dass bereits die Auswahl einer ganz bestimmten Eigenschaft (Energieform) genügt, um ein ersuchtes Formverhalten mathematisch/ physikalisch beschreiben zu können.

Hinter einem solchen Vorgehen steckt die Erkenntnis, dass geeignete Energieformen anhand von zwei massgebenden Kriterien ausgewählt werden. Es ist das Zusammenspiel von *Anergie** und *Exergie**, das besagt, dass Energieformen aus Informationsstrukturen (Eigenschaften) bestehen und dass diese mit bestimmtem Wirkungsvermögen auf andere (geeignete) Energieformen ausgestattet sind.

Demzufolge beruhen Berechnungen von herkömmlichen inneren Energien nicht auf sämtlichen bekannten Formanteilen, sondern nur auf einer geeignet erscheinenden Auswahl. Die Auswahl eines geeigneten Kriteriums wird bislang vorrangig in der Thermodynamik angewandt. Das Prinzip lässt sich jedoch auf alle Formen von Energie und damit auf sämtliche Wissensbereiche übertragen.

Demnach erfolgt die Auswahl einer geeigneten, zu messenden Eigenschaft entweder:

1. weil sich Energieformen hinsichtlich ihrer Informationsstruktur, also in ihren *Eigenschaften*, einfach unterscheiden lassen (Qualität) oder
2. weil sie sich hinsichtlich ihres *Wirkungsvermögens* auf andere Energieformen spezifisch kennzeichnen lassen (Quantität).

Die folgende Gleichung beleuchtet die Zusammensetzung der inneren Energie diesbezüglich etwas genauer und schlägt vor, die beiden Begriffe der Anergie und Exergie in umgangssprachliche Begriffe zu überführen [10], [11]:

$ \begin{aligned} U &= \quad \quad \quad \text{Anergie} & + & \quad \quad \quad \text{Exergie} \\ U &= \text{geistig strukturierte Information} & + & \text{Formumwandlungsenergie} \end{aligned} $
--

Gleichung 3, innere Energie

Neu ist demnach die Zuordnung der Informationsstruktur zur Anergie und das Formumwandlungsvermögen zur Exergie [1], S. 3³. Eine vollständige Berechnung der inneren Energie, wie in Gleichung 2 dargestellt, ist also gar nicht zwingend erforderlich. Oft genügt es bestimmte strukturbedingte Eigenschaften einer Form zu messen und die Werte zwecks Bewertung einander gegenüberzustellen. Wird hingegen ein Prozess mit ablaufenden Formumwandlungen betrachtet, so muss die Exergie, also die in der Energieform enthaltene Formumwandlungsenergie, ebenfalls betrachtet werden. Dem Energieerhaltungssatz der Formen bzw. dem Hauptsätzen der Thermodynamik nach

³ R. Harlander: „Trifft eines der Lichtquanten oder Photonen auf ein Elektron, so kann es dies aus dem Metall heraus schlagen. Das Erstaunliche an dieser Interpretation ist, dass die kinetische Energie der ausgelösten Elektronen nicht von der Intensität, sondern von der Farbe (=Wellenlänge) des Lichtes abhängt. Ersteres entspricht in diesem Bild nämlich nur der Zahl der Photonen, die pro Minute auf das Metall treffen. Letztere gemäss Gl (1) ($E = h \cdot c / \lambda$) der Energie, die jedes einzelne Photon hat.“

In die vorliegende Theorie übersetzt bedeutet dies: Eine Form von Energie wird hinsichtlich ihrer Eigenschaften (Qualität) durch die Wellenlänge (Farbe) charakterisiert. Da für das Wirkungsvermögen allein das exergetische Potential ausschlaggebend ist (Quantität), wirkt hier vorrangig die kinetische Energie des Photons, die aus der Lichtgeschwindigkeit resultiert.

muss die innere Energie gleich bleiben und so kann nach Gleichung 3 auch nicht mehr Exergie bereitgestellt werden als innere Energie vorhanden ist.

Beispiele:

Auswahlkriterium Nr.1 basiert auf bestimmten Eigenschaften, die *ohne* potentiellles Wirkungsvermögen ausgestattet sind. Bei solchen Formen werden nur die besonders *kennzeichnenden Eigenschaften* betrachtet.

Beispiel: Baustahl. Bei dieser Form stehen Eigenschaften wie Gewicht, Festigkeit, Härte, Zähigkeit, Korrosionsverhalten usw. im Vordergrund. Da Baustahl möglichst lang andauernd in dieser Form bestehen soll, bedarf es keiner gesonderten exergetischen Potentialbetrachtung.

Auswahlkriterium Nr.2 basiert auf bestimmten Eigenschaften, die *mit* einem potentiellen (exergetischen) Wirkungsvermögen ausgestattet sind. Sofern eine Form von Energie über exergetische Potentiale verfügt, treten solche Eigenschaften als besonders kennzeichnende hervor.

Beispiel: Ein Wasserfall/ Stausee zur Energiegewinnung. Hier bestimmen nur die mechanischen Exergien des Wassers darüber, wieviel in kinetische, bzw. elektrische Energie durch die Formumwandlung „erzeugt“ werden kann. Die strukturelle Beschaffenheit des Wassers selbst, die Farbe, die gelösten Inhaltsstoffe oder die Härte, der PH-Wert, sind für derartige Energieumwandlung von geringer Bedeutung und fliessen in die technischen Berechnungen nicht ein (also keine thermische, chemische, nukleare Energie).

Was bedeutet dies nun hinsichtlich der Berechenbarkeit von innerer Energie? Sie ist/ wird berechenbar, sobald sie auf berechenbare Grössen der Anergie und Exergie überführt werden kann (Gleichung 3). Das Vorgehen bestimmen die beiden genannten Auswahlkriterien.

Energieart	Basis der Information ist die ...	Berechenbarkeit
3. Innere Energie (einer oder mehrerer Energieformen)	<i>direkte</i> Wechselwirkung	Ja, bezüglich der zwei benannten Auswahlkriterien

(Hinweis: Die verfahrenstechnisch interessante Exergie wird im Rahmen einer gesonderten Veröffentlichung diskutiert.)

4 Zusammenfassung

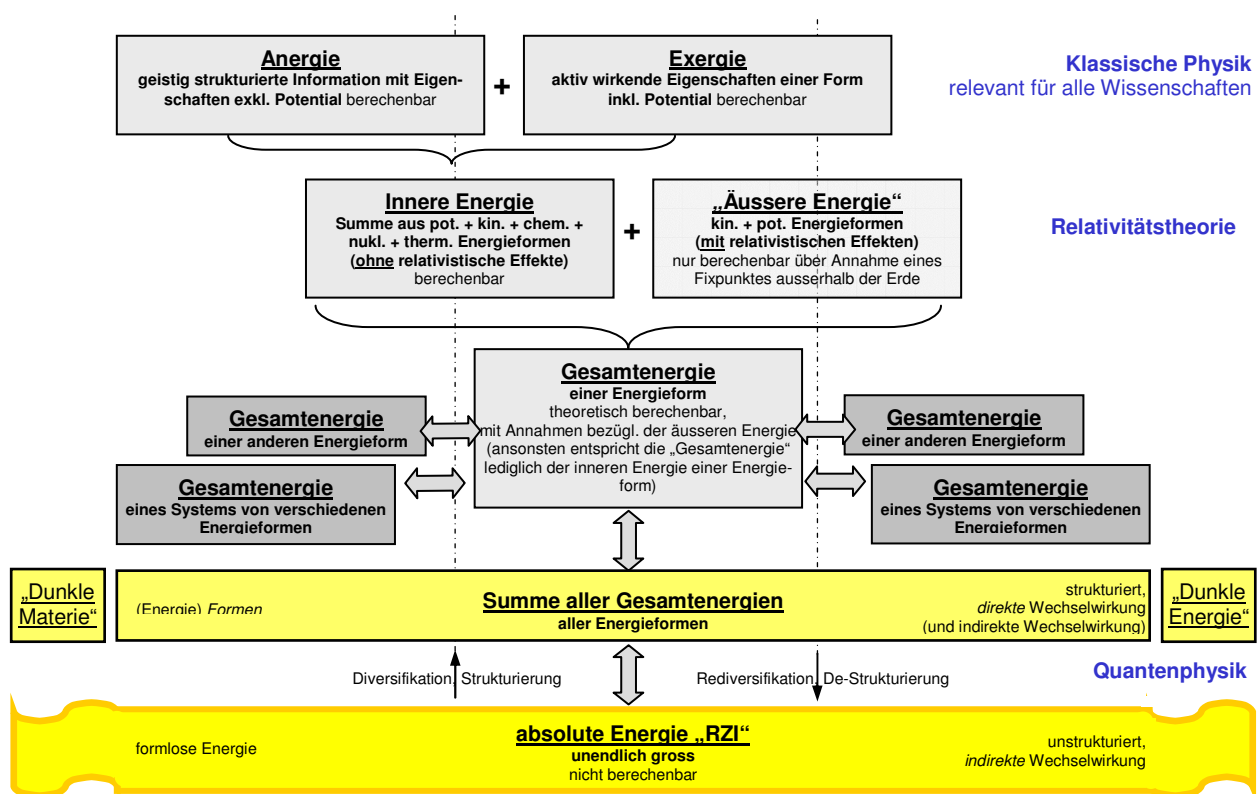
Vorstellungen von absoluter Energie sind also erforderlich, um Abgrenzungen gegenüber den berechenbaren Energieformen herleiten zu können. Als nützliche Abgrenzungskriterien erweisen sich die von der Quantenphysik hergeleiteten *Verschränkungen*. Sie werden hier als *indirekte* Wechselwirkungen beschrieben und kennzeichnen das Verhalten von angehenden Energieformen (Elementarteilchen). Über unstrukturierter Information verfügen sie solange, wie sie entweder extrem hohen Drücken oder Temperaturen (Abbildung 1), oder aber wie sie noch keiner (irreversiblen) direkten Wechselwirkung mit einem Beobachter oder einer Messung ausgesetzt sind. Sinkt die thermische Energie oder kommt das Energiefeld mit direkten Wechselwirkungen ande-

rer Energieformen in Kontakt, so wird unstrukturierte Information in strukturierte Information überführt. - Aus absoluter, nicht lokalisierbarer Energie wird informativ strukturierte *Energieform*, die über einen klassischen Teilchencharakter verfügt.

Prozessbezogene Fragestellungen können allerdings weder über absolute Energie noch über die Gesamtenergie einer Energieform beantwortet werden. In den unteren beiden gelb hinterlegten Zeilen der Abbildung 2 sind *absolute Energie*, sowie die *Summe aller diversifizierten Gesamtenergien* dargestellt. Derartig betrachtet setzt sich die Summe aller Gesamtenergien aus den Anteilen der bekannten Materie (mitte) plus den Anteilen von dunkler Materie und dunkler Energie (links und rechts) zusammen⁴.

Vor allem die Untergliederung in *innere* und *äussere* Energie verdeutlicht aber, dass relativistische Effekte zumeist vernachlässigt werden, und dass sich deshalb echte Gesamtenergien gar nicht vollständig darstellen lassen, weil die äussere Energie zumeist vernachlässigt wird (Zeile „Relativitätstheorie“).

Umso interessanter werden hingegen die uns umgebenden Formumwandlungsprozesse, insbesondere, weil sie auf energetisch berechenbare, *innere Energien* bezogen werden können (Zeile „Klassische Physik“). Die Gleichung 3 zeigt auf, dass Energieformen über ihre anergetische Informationsstruktur und zusätzlich über ein exergetisches Wirkungsvermögen dargestellt werden können. Damit eröffnet sich eine Darstellungsweise, die es erlaubt, jede Form von Energie auf eine thermodynamische/ energetische Basis zu beziehen.



Von unten nach oben aufeinander aufbauend...

Abbildung 2, Übersicht „absolute Energie“ und „Energieformen“

⁴ Eine zweite Veröffentlichung verdeutlicht, dass nicht nur anergetische Materie, sondern auch exergetische Energieformen zur Summe aller Energieformen („Summe aller Gesamtenergien“) dazugehören. Insofern ist in der Abbildung 2 bereits der endgültig vorgeschlagene Sachverhalt dargestellt.

5 Schlussfolgerung

Auf Basis dieser Verallgemeinerung wird vorgeschlagen, zukünftig nicht nur thermodynamische Energieformen hinsichtlich ihrer anergetischen oder exergetischen Formanteile zu untersuchen. Schliesslich betrachten alle Wissenschaften stets nur Formen von Energie. Sie alle unterscheiden sich letztlich hinsichtlich ihrer Eigenschaften (Qualität) oder hinsichtlich ihres Wirkungsvermögens auf andere Formen (Quantität). Zumindest derartig betrachtet erscheint sich ein Unterschied in unseren Wissenschaftsgebieten zunehmend zu verringern.

Mit den Werkzeugen der Thermodynamik kann ein Modell angeboten werden, zukünftige Forschungen auf eine einheitliche energetische Grundlage zu stellen. Sämtliche bestehenden Einheiten/ Eigenschaftsunterscheidungen können weiterhin verwendet werden. Jedoch dürfte das Bewusstsein einer anergetischen bzw. exergetischen Zuordnung dazu führen, dass Informationsübertragung, bedeutsame Information und alle damit verbundenen Formumwandlungsprozesse zukünftig anders verstanden werden als bisher.

Solche Überlegungen gelingen, sofern die wissenschaftlichen Fundamente der drei grossen physikalischen Theorien akzeptiert und in einen gemeinsamen energetischen Bezug gestellt werden.

6 Sachregister

Anergie	Anergie ist derjenige Energieformanteil von innerer Energie, der die energetische Informationsstruktur beschreibt, aus der sich schliesslich die Gesamteigenschaft(en) einer Energieform ergibt. Aus thermodynamischer Sicht sind solche Informationsstrukturen nicht mehr für technische Formumwandlungsprozesse nutzbar.
Exergie	Exergie ist derjenige Energieformanteil von innerer Energie, der für technische Formumwandlungen genutzt werden kann, weil er (unter Einhaltung der Hauptsätze der Thermodynamik) uneingeschränkt in andere Energieformen überführt werden kann. Abhängig von den Umgebungsvariablen entstehen in Verbindung mit bestimmten Eigenschaften also Potentialdifferenzen gegenüber anderen Energieformen. Folglich kann Exergie allgemein auch als potentiell wirkungsvermögen gegenüber anderen Energieformen verstanden werden.
direkte Wechselwirkung	Direkte Wechselwirkungen prägen das Verhalten der Energieformen auf der Basis von physikalisch/ chemischen (und/oder biologischen) Prozessen. In ihrer Summe stellen sie alle mess- bzw. wahrnehmbaren Wechselwirkungen von Energieformen dar.
Information	<p>Information wird in „unstrukturierte“, „strukturierte“ und „bedeutsame“ Information unterteilt.</p> <p><i>Unstrukturierte</i> Information steht in Zusammenhang mit absoluter Energie. Sie umfasst unendlich viele, <i>ungeordnete</i> - also geistlose - Informationseinheiten. Unstrukturierte Information setzt auf dem physikalischen Aspekt der „Verschränkung“ auf und wird mit dem Begriff der „indirekten Wechselwirkung“ kombiniert.</p> <p><i>Strukturierte</i> Information umfasst (geistig) strukturierte Informationseinheiten (Grundform Geist), die im Zusammenhang mit diversifizierten <i>Energieformen</i> auftreten. Aus der jeweiligen Informationsstruktur ergeben sich die Eigenschaften der Energieformen.</p>
Qualität	Die Qualität einer Energieform ergibt sich aus den <i>Eigenschaften</i> der in ihr gebundenen Subformen. Zusammengenommen bestimmen sie, wie sich wiederum die Summe all dieser Eigenschaften als Gesamteigenschaft ausprägt.
Quantität	Die Quantität einer Energieform ergibt sich aus der Anzahl der in ihr gebundenen Subformen. Zusammengenommen bestimmt sie das Potential der betrachteten Energieform.
Rediversifikation	<p>Die Umkehrung der Diversifikation. Formen von Energie rediversifizieren in ihre Subformen.</p> <p>Eine Form von Energie rediversifiziert vollständig, wenn strukturierte Information in absolute Energie (strukturlose Information) überführt wird.</p>

7 Literatur

- [1] R. Harlander, Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik, PdN-PhiS 6/52 (2003) S.3: „Demnach ist Masse nur eine bestimmte Form von Energie, genauso wie kinetische oder potentielle Energie.“
- [2] B. Falkenburg, Metamorphosen des Teilchenkonzepts, PdN-PhiS- 4/51 (2002) S.16.
- [3] C. Kiefer, Quantentheorie, Fischer Taschenbuch Verlag, 3. Aufl, (2004), S.124.
- [4] C. Aris Chatzidimitriou-Dreismann, Mit Neutronen auf der Spur von Schrödingers Katze, Physik in unserer Zeit, 35/4, (2004), S.178.
- [5] B. Falkenburg, Metamorphosen des Teilchenkonzepts, PdN-PhiS- 4/51 (2002) S.14-22.
- [6] H. Fink, Die Quantenwelt - unbestimmt und nichtlokal? Interpretation verschränkter Zustände, Physik in unserer Zeit 35/4, (2004) S.169: „Die Quantentheorie gibt der räumlichen Ausdehnung eines solchen Systems keinerlei Grenzen vor. Solange es nicht wechselwirkt oder gemessen wird, erhält es seine Verschränkung aufrecht.“
- [7] G. Veneziano, Die Zeit vor dem Urknall, Spektrum der Wissenschaft 08 (2004) S. 35.
- [8] Stephen Hawkin & Leonard Mlodinow, Die kürzeste Geschichte der Zeit, Rowohlt Taschenbuchverlag, (11/2006) S.155-156 „Ein weiteres Problem liegt darin, dass es mindestens fünf verschiedene Stringtheorien gibt (zwei der offenen Strings und drei verschiedene Theorien geschlossener Strings)... „
- [10] F. Schlögl, Die thermische Exergie als ein statistischen Mass, PdN-PhiS. 4/50 (2001) S.38: „Wir erhalten somit den Exergie-Satz, nach dem die Exergie bei spontanen Prozessen nie zunehmen kann. In der Regel, das heisst bei einem irreversiblen Prozess, nimmt sie ab und verschwindet im Gleichgewicht.“
- [11] F. Kucharski, Anwendung der Exergie auf meteorologische Modellsysteme in Hinblick auf eine Vereinheitlichung atmosphärischer Energiekonzepte, Dissertation FB17, J. W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main (1998), S.62: „...so kann die Ansicht vertreten werden, dass das Exergie-Konzept ein allgemeines thermodynamisches Prinzip zum Aufsuchen der verfügbaren Energien in den unterschiedlichsten Modelltypen darstellt.“ ..., „Der Exergie könnte somit die Bedeutung einer Testgrösse in numerischen Modellen zufallen.“