

FRIEDHELM JÖGE

INFORMATION UND WIRKUNG

Zur Einführung des Immanenzbegriffs als physikalische Größe

Friedhelm Jöge, Jahrgang 1943, war nach dem Selbststudium von Lehrbüchern der Chemie und Mathematik in jungen Jahren und nach dem Studium des Chemieingenieurwesens in einem wissenschaftlichen Laboratorium tätig, bevor er in Entwicklungsabteilungen der chemischen und pharmazeutischen Industrie gearbeitet hat.

Die Schwerpunkte seiner Tätigkeit lagen auf den Gebieten der Biochemie und der makromolekularen Chemie. Seine Interessen gelten der Zusammenschau verschiedenen physikalischen, chemischen und biologischen Wissens sowie Ursprungs- und Ethikfragen im Spannungsfeld von Glauben und Wissenschaft. Insbesondere hat er sich mit dem Informationsbegriff befasst.

Die Thermodynamik „... ist die einzige physikalische Theorie allgemeinen Inhalts, von der ich überzeugt bin, dass sie im Rahmen der Anwendbarkeit ihrer Grundbegriffe niemals umgestoßen werden wird (zur besonderen Beachtung der grundsätzlichen Skeptiker)“.

Albert Einstein

1. Einleitung

Der Begriff „Information“ hat im heutigen Informationszeitalter zunehmende Bedeutung erlangt. In der Physik spielt er neben Energie und Materie als dritte fundamentale Größe eine immer bedeutsamer werdende Rolle. Der Experimentalphysiker ANTON ZEILINGER, Wien, setzt sogar Information und Wirklichkeit gleich. Wenn auch Wirklichkeit kein Begriff der Physik ist und der Wirkungsbegriff in der Physik keine besonders anschauliche Bedeutung hat, so kann man doch die physikalische Wirklichkeit als eine einzige Wirkung bzw. als die Summe aller Wirkungen auffassen. Dann stellt sich die Frage nach einem quantitativen Zusammenhang zwischen Information und Wirkung. Dieser Zusammenhang könnte dazu beitragen, Wirkung mit Hilfe des Informationsbegriffs umfassender zu verstehen und die SHANNON'sche Informationstheorie durch das Vordringen in die semantopragmatische Ebene zu relativieren.

2. Erscheinungsformen der Information

Wie Materie und Energie begegnet uns Information in vielfältigen Erscheinungsformen wie z.B. Literatur, Lexikon, Telefonbuch, Nachrichten über Fernmeldesatelliten bis zur Mitteilung durch eine Urwaldtrommel, Sprache (Kommunikation), Notenblatt, materiebezogene Strukturinformation als Eigenschaften, genetische Information (DNA, Genom), proteomische Information (Proteomics, Proteom), Hormon- und Immunsystem eines Organismus, Pheromonsprache der Insekten, Computerprogramm, Schaltplan eines Chips und technische Zeichnung. Sie erscheint als potentielle, aktuelle, gebundene und freie Information sowie als strukturelle, funktionale [1] und dynamische Information und besitzt u.a. statistische, syntaktische, logische, semantische, pragmatische, teleologische und transzendente¹ Aspekte.

Betrachtet man die verschiedenen Erscheinungsformen der Information, so erkennt man *zwei Richtungen der Entwicklung*: eine Richtung vom Komplexen zum Einfachen, die durch die Begriffe Zerlegung, Abbau, Analyse und Reduktion gekennzeichnet ist, sowie eine entgegengesetzte Richtung vom Einfachen zum Komplexen, die durch die Begriffe Synthese, Aufbau, Optimierung und Evolution charakterisiert ist. Diese Entwicklungen stellen Produktion und Transformation von Information dar und verlaufen immer im Umfeld eines Wirkungsmechanismus. Die Richtung der Höherentwicklung nennen wir im Allgemeinen *Evolution*. Dabei müssen die beiden Richtungen der Entwicklung nicht immer einseitig nach unten oder oben gerichtet sein.

3. Definitionsvorschlag für Information

Ein allgemeiner Definitionsvorschlag für Information in kompakter Begrifflichkeit, der im Zeitalter der Sprachverwirrung in Bezug auf den Informationsbegriff für alle Wissenschaftsdisziplinen Gültigkeit haben könnte, wäre:

Information ist die Komposition eines Ensembles aus Symbolen bestimmter Sequenz.

Diese Definition beinhaltet alle wesentlichen Aspekte des Informationsbegriffs wie Statistik, Syntax, Semantik und Pragmatik. Die Formulierung „bestimmter Sequenz“ weist auf die Semantik hin und, untrennbar damit verbunden, auf die Pragmatik (Semantopragsmatik).

¹ Der transzendente Charakter der Information kommt auch in der Aussage von LEONARD SUSSKIND zum Ausdruck: „Das minus erste Gesetz der Physik ist: Bits sind nicht zerstörbar. Information is forever“, in: L. PAGEL: Information ist Energie (2013), S. 9.

4. Mathematische Beschreibung von Wirkung mit Hilfe des Informationsbegriffs

Wirkung wird in der Informationstheorie [2,3] als pragmatischer Aspekt der Information verstanden. Wie man sich die Entfaltung von Wirkung vorstellen kann und welche Rolle Information dabei spielt, zeigt die Forschung durch Aufklärung von Wirkungsmechanismen und die Steuerung der Lebensentwicklung durch Gene. Bisher wenig ausgeprägt ist jedoch die mathematische Behandlung der Beziehung zwischen den Begriffen Information und Wirkung. L. DE BROGLIE hat im Rahmen der Thermodynamik des isolierten Teilchens dazu erstmals die Formel (1) entwickelt, die in dem Taschenbuch „Wellen und Teilchen“ [4] auf S. 234 zu finden ist. Darin wird die Äquivalenz von thermodynamischer Entropie S und Wirkung A beschrieben.

Die thermodynamische Entropie S ihrerseits steht wiederum in einer proportionalen Beziehung zur SHANNON'schen Informationsentropie H (siehe Gleichung (2)). Diese Beziehung ist heute in der Physik allgemein akzeptiert, wenn man Entropie als potentielle Information, d.h. als Maß der Anzahl der möglichen Mikrozustände im Makrozustand auffasst. *Die Entropie wird dabei mit der Anzahl der Ja-Nein-Fragen (Bits) in Verbindung gebracht, die benötigt werden, um einen bestimmten Zustand zu ermitteln. Je mehr Information man besitzt, umso weniger Fragen müssen gestellt werden und umso geringer ist deshalb die Entropie (Entropie als fehlende Information)* [5, S. 149/150]. Damit wird aus Gleichung (1) die Gleichung (3) und nach Division durch die Zeit t folgt daraus die Äquivalenz von Informationsfluss H/t und Energie (Gleichung (4)), die erstmals von HARTMUT ISING im Jahre 1996 postuliert wurde [6] und eine Erweiterung des Energieerhaltungssatzes bedeutet. Die experimentelle Überprüfung dieser Hypothese steht noch aus, ist aber bereits gedanklich vorbereitet (persönliche Mitteilung des Autors). ISING spricht unter Bezugnahme auf griechische Philosophie (PHILO VON ALEXANDRIA, 1. Jh. n. Chr.) vom Informationsfluss als „*dynamische Information*“.

Auch LIENHARD PAGEL hat die Äquivalenz von Informationsfluss und Energie beschrieben [7, S. 27], einen Satz zur Erhaltung der „*dynamischen Information*“ abgeleitet und auf seine Nützlichkeit und Brauchbarkeit hin untersucht.

Die DE BROGLIE'sche Formel (1) und die PAGEL'sche Formel entsprechen sich. Während DE BROGLIE die thermodynamische Entropie verwendet, arbeitet PAGEL mit der SHANNON'schen Informationsentropie.

5. Anwendung der Gleichungen (4) und (8)

Mit Hilfe der Gleichung (4) kann der maximal mögliche Informationsgehalt unseres Universums wie folgt berechnet werden:

Für die theoretische Berechnung wird das Universum als ein einziges Schwarzes Loch betrachtet, ganz so, wie man sich nach der gängigen Theorie das Endstadium des Universums vorstellt. Dann erhält man mit der *Schwarzlochentropie* (BEKENSTEIN-HAWKING-Entropie)

$$S_H = kc^3 A_H / (4hG) \quad (\text{siehe [2, S. 80]})$$

und der HAWKING-Temperatur

$$T_H = hc^3 / (8\pi kGM) \quad (\text{siehe [8, S. 111]})$$

die Gleichung

$$T_H S_H M / A_H = (2/G)^2 (c/2)^6 / (2\pi)$$

Setzt man darin $T_H S_H = Q_H = E = Mc^2$

und für die Fläche des Ereignishorizonts des Schwarzen Lochs $A_H = 4\pi R^2$, die die in ihr potentiell enthaltene Information misst, dann erhält man für die Masse M des Universums

$$Mc^2 M / 4\pi R^2 = 4c^6 / (2^6 G^2 2\pi)$$

$$M = \sqrt{8} \cdot c^2 R / (2^3 G)$$

Mit der HUBBLE-Beziehung $R = c/H_0$ ergibt sich

$$M = \sqrt{8} \cdot c^3 / (2^3 G H_0)$$

Durch Einsetzen der HUBBLE-Konstanten $H_0 \approx 2,23 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ erhält man für die Masse des Universums

$$M \approx 6,4 \cdot 10^{52} \text{ kg}$$

Diese Masse entspricht nach $E = Mc^2$

$$E = 5,8 \cdot 10^{69} \text{ J} \approx 10^{70} \text{ J}$$

– ein Zahlenwert, den auch STEPHEN HAWKING für das gesamte gegenwärtige Massenenergieäquivalent des Universums errechnet hat [9, S. 1355].

Diesem theoretisch berechneten Wert, dem 10^{80} Protonenmassen entsprechen und der den Hauptanteil der vornehmlich in Materieform befindlichen Energie des Kosmos ausmacht, kann der aus dem Volumen und der Dichte des Universums [10, S. 850] errechnete Wert gegenübergestellt werden. Setzt man für die Größe 1 einen Radius von 13,75 Milliarden Lichtjahre ein, dann ergibt sich dieser Wert zu

$$M_{\text{Univ, heute}} \cong 1,15 \cdot 10^{52} \text{ kg} = 10^{69} \text{ J}$$

was eine gute Übereinstimmung bedeutet, wenn man bedenkt, wie schwierig es ist, die astrophysikalischen Daten durch Beobachtung und Rechnung zu erhalten.

Anwendung der Gleichung (4)

Mit der Gleichung (4)

$$E = h \cdot \ln 2 \cdot H/t$$

kann nun aus dem 10^{70} J Massenenergieäquivalent für das Universum der maximal mögliche Informationsgehalt unseres Universums wie folgt berechnet werden, wenn man für die Zeit t das Alter des Universums (13,75 Milliarden Jahre $\cong 4,34 \cdot 10^{17} \text{ s}$ bei 365,25 Tagen pro Jahr) einsetzt:

$$E = h \cdot \ln 2 \cdot H / (4,34 \cdot 10^{17} \text{ s})$$

$$E/H = h \cdot \ln 2 / (4,34 \cdot 10^{17} \text{ s})$$

$$E = 1,06 \cdot 10^{-51} \text{ J} \text{ für die Energie pro Bit}$$

Damit erhält man

$$10^{70} \text{ J} / 1,06 \cdot 10^{-51} \text{ J} = 10^{121} \text{ Bit}$$

für den Informationsgehalt des Universums, was mit den in der Literatur [2, S. 81 und 11, S. 388] angegebenen Werten gut übereinstimmt.

Anwendung der Gleichung (8)

Ausgehend von den aktuellen kosmologischen Daten (Standardmodell) [10, S. 850] kann für die Nähe des Urknalls ($t = 10^{-46} \text{ s}$, $T = 10^{32} \text{ K}$, Größe = 10^{-32} , Dichte = 10^{96} g/cm^3) eine Massenenergie von $0,9 \cdot 10^{99} \text{ J}$ errechnet werden. Dabei entspricht der Größe 1 (heute) ein Radius von $1,34 \cdot 10^{28} \text{ cm}$ ($R = c/H_0$) und der Größe 10^{-32} ein Radius von $1,34 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$, entsprechend einem Volumen von $(4/3)\pi R^3 = 1,02 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3$. Diesem Volumen entspricht mit der Dichte 10^{96} g/cm^3 eine Masse von $1,02 \cdot 10^{85} \text{ g}$ bzw. $0,9 \cdot 10^{99} \text{ J} \approx 10^{99} \text{ J}$.

Nach Gleichung (8) ist die gebundene Energie

$$Q_g = k \cdot \ln 2 \cdot I \cdot H/t$$

und das Wärmeäquivalent eines Bits

$$Q_g/H = k \cdot \ln 2 \cdot I/t = k \cdot \ln 2 \cdot T$$

Dividiert man die Energien durch das Wärmeäquivalent eines Bits, so ergibt sich

$$10^{99} \text{ J} / k \cdot \ln 2 \cdot 10^{32} \text{ K} = 10^{90} \text{ Bit} \text{ für den Zeitpunkt des Urknalls und}$$

$10^{70} \text{ J/k} \cdot \ln 2 \cdot 2,7 \text{ K} = 3,87 \cdot 10^{92} \text{ Bit}$ für heute.

Vergleicht man nun die aus den aktuellen kosmologischen Daten errechnete Massenenergie des Universums zu Beginn und heute, so stellt man nach dem Standardmodell eine Massenenergieabnahme auf das 10^{-29} -fache fest. Dem steht eine Temperaturabnahme vom 10^{-32} -fachen und eine Entropie-/Informationszunahme auf das 10^{32} -fache sowie eine Größenzunahme auf das 10^{32} -fache gegenüber. Dazu nimmt die Zeit auf das 10^{64} -fache zu.

Betrachtet man also nur die relativen Verhältnisse, so ergibt sich bei entsprechender Wahl des Maßstabs und der Dimensionen folgendes Bild:

$$\begin{aligned} \text{Informationszunahme} &\cong \text{Größenzunahme} \cong 1 / \text{Temperaturzunahme} \\ &\cong \text{Zeitzunahme} / \text{Größenzunahme} \end{aligned}$$

Schlussfolgerung:

Im Universum wurde während der Expansion aus Massenenergie fortwährend Entropie (Information) erzeugt, wobei die Abnahme der Massenenergie der Informationszunahme äquivalent war, so dass die Summe über alles konstant blieb.

Wenn die Massenenergie weiter abnimmt und das Volumen zunimmt, müsste die Dichte mit der Zeit weiter abnehmen und immer unter der kritischen Dichte bleiben, vorausgesetzt, man betrachtet ein geschlossenes System. Das bedeutet aber, dass das Universum sich immer weiter ausdehnen müsste und keine Kontraktion mehr zu erwarten wäre.

Da die Massenenergieabnahme um das 10^{29} -fache zu beobachten ist, müssen die $3,87 \cdot 10^{92} \text{ Bit}$ noch mit 10^{29} multipliziert werden, um auf die 10^{121} Bit Informationsmenge zu kommen; die Gleichung (8) sagt ja nichts über die Informationszunahme während der Expansion. Das ergibt dann $3,87 \cdot 10^{121} \text{ Bit}$.

5.1 Massenenergiebilanz des Universums

Trägt man die gefundenen Werte in Tabellen ein, so ergibt sich das folgende Bild:

	%	Information [Bit]	Energie in 10^{70} [J]	Masse [kg]	[J/Bit]
dunkle Energie	72		14,4		
dunkle Materie	23		4,6		
sichtbare Materie	5	10^{121}	1	$6,2 \cdot 10^{52}$	10^{-51}
Strahlung			10		
Σ	100	10^{123} [12]	30 = $3 \cdot 10^{71} \text{ J}$ $\approx 10^{72} \text{ J}$		

Tab. 1: Massenenergiebilanz des Universums (1)

	Information [Bit]	Energie [J]	Masse [kg]	[J/Bit]	T [K]	Inf. · T [Bit · K]
Universum zum Zeitpunkt des Urknalls	10^{90}	10^{99}	$1,15 \cdot 10^{82}$	10^9	10^{32}	10^{122}
Universum heute	10^{121}	10^{70}	$6,2 \cdot 10^{52}$	10^{-51}	2,7	$\approx 10^{122}$

Tab. 2: Massenenergiebilanz des Universums (2)

6. Einführung des Immanenzbegriffs als physikalische Größe – Temperatur als Immanenzbildungsgeschwindigkeit (Immanenzproduktion)

(in Anlehnung an [13, S. 20–22])

In Natur und Technik sind Vorgänge zu beobachten, bei denen das Produkt von Temperatur und Zeit ($T \cdot t$) eine Bedeutung hat. So scheint bei den jahreszeitlich bedingten Veränderungen wie beispielsweise beim „Aus schlagen“ der Bäume im Frühjahr oder bei dem Wechselspiel des Sich-Öffnens und -Schließens der Blütenkelche der Krokusse das Produkt $T \cdot t$ in einer Art „innerer Uhr“ als Co-Faktor zu wirken. Im Bereich der Klimatologie kennt man hier den Begriff der *Temperatursumme*. Er wird z.B. in der Landwirtschaft benötigt, um mit dieser berechneten Größe das Gedeihen der Pflanzen zu bestimmen. D.h., die Pflanzen gedeihen nur dann gut, wenn sich z.B. in einem Monat ein bestimmter Wert der Temperatursumme einstellt („*Vitalitätsrate*“). Bei der Dampf- und Heißluftsterilisation sowie Pasteurisation zur Abtötung von Mikroorganismen spricht man hingegen von „*Letalitätsrate*“.

Die erhöhte Körpertemperatur (*Fieberkurve*) und deren Verlauf bei Virusinfektionen, der Saunagang, die KNEIPP'schen Wasseranwendungen, die *Hyper-* und *Hypothermie*-Therapie, das Brüten der Vögel (das Werden des Lebens), das Abschmelzen des Eises an den Polkappen der Erde und der damit verbundene Anstieg der Meeresspiegel, das Verdunsten des Eises an den Autoscheiben nach einer kalten Winternacht, der verstärkte Abbau der Ozonschicht der Erde nach sehr kalten Winterperioden und der Vorgang des Kochens von Kartoffeln können als weitere Beispiele genannt werden, bei denen es darauf ankommt, dass die Temperatur über eine bestimmte Zeitspanne gehalten und damit eine bestimmte Wirkung erzielt wird. Allgemein sind bei allen chemischen, einschließlich biochemischen, Reaktionen Temperatur und Zeit von Bedeutung.

Führt man nun die physikalische Größe **I = Immanenz** (lat., Innewohnen, Anhaften) als zeitliche Stammfunktion der Temperatur ein, so kann diese Größe definiert werden als $I = T \cdot t$ bzw. $dI = T \cdot dt$ (Gleichung (5)).

Damit erhält man unter Verwendung der gebundenen Energie $Q_g = TS$ die erweiterten mathematischen Gleichungen (6) und (7) für die Beziehung zwischen den Begriffen Information und *thermodynamischer Wirkung* $Q_g \cdot T$. Gleichung (8) stellt eine erweiterte Beziehung (im Vergleich mit Gleichung (4)) für den Zusammenhang zwischen Informationsfluss und gebundener Energie dar.

Die Beschreibung für den allgemeineren Fall bezieht die freie Energie F mit ein (siehe Gleichung (10)). Schließlich lässt sich mit der DE DONDER'schen Irreversibilitätsleistung P auch eine Irreversibilitätswirkung formulieren (siehe Gleichung (12)).

Diese Formulierungen (6), (7), (10) und (12) zeigen die komplementären Co-Faktoren Information und Immanenz als Ursache von Wirkung. Umgekehrt entsteht Information durch Wirkung.

Gleichung (6) geht für den speziellen Fall, dass die Immanenz konstant h/k ist, in die DE BROGLIE'sche Formel (1) bzw. PAGEL'sche Formel über, enthält also beide als Sonderfall. Für den Ursprung des Universums ($T \cdot t = 10^{32} \text{ K} \cdot 10^{-43} \text{ s} \approx h/k$) und für das fundamentale Lebensprinzip nach KARL TRINCHER (siehe Gleichung (13)) trifft das auch zu. Für $S = k$ erhält man $Q_g t = kI$, wonach Immanenz ein Maß für Wirkung wird und $Q_g = kT$.

Die Bedeutung der Immanenz kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Immanenz ist für die Entfaltung des Lebens, für den Klimawandel und für die Strukturbildung im Universum von essentieller Bedeutung. Als „Temperatursumme“ in der Klimatologie und als „Letalitätsrate“ bei der Dampf- und Heißluft-Sterilisation hat der Begriff praktische Anwendung gefunden. KARL TRINCHER hat die Bedeutung erkannt, indem er den Quotienten h/k *biothermodynamische Konstante* nannte. Er entdeckte das fundamentale Lebensprinzip (siehe Gleichung (13)) bei seinen Untersuchungen an Muskelzellen in Nährmedien.

7. Bedeutung der Immanenz für die Strukturbildung im Universum

Wirkungen der Wärme sind auch an der Strukturbildung im Universum beteiligt. So soll – bedingt durch die ungeheure Hitze – das breiige Quark-Gluon-Plasma im Urknall-Szenario nach zehn Mikrosekunden verdampft sein. Die dabei entstandenen winzigen Unregelmäßigkeiten, die sich in der kosmischen Hintergrundstrahlung von etwa 2,7 K heute noch, 13,75 Milliarden Jahre nach dem Urknall, zu erkennen geben, könnten als Keime zur Bildung der Galaxien geführt haben.

8. Immanenzbildungsprinzip

(in Anlehnung an [13, S. 32/33] mit den kursiv gedruckten Textpassagen aus [5, S. 269ff.]

Aus Gleichung (6) kann das folgende Immanenzbildungsprinzip abgeleitet werden: Es ist unmöglich, Information zu erzeugen oder zu transformieren, ohne die gleichzeitige Bildung von Immanenz, oder anders ausgedrückt: Information und Immanenz können nicht unabhängig voneinander existieren. Sie sind komplementäre Co-Faktoren.

Dieses Prinzip könnte das Wissen über informationsverarbeitende thermodynamische Prozesse erweitern. Umgestellt formuliert, kann es bei astrophysikalischen Fragestellungen, wie etwa bei der Diskussion um das Informationsparadoxon (also der Frage nach dem Informationsverlust bei Schwarzen Löchern) wie folgt Anwendung finden:

Für die theoretische Beweisführung, dass bei der Verstrahlung des Schwarzen Lochs keine Information verloren geht, sei das Immanenzbildungsprinzip umformuliert, und es lautet dann: Wo Immanenz gebildet wird, muss auch Information entstehen oder transformiert werden.

Schwarze Löcher sind nicht wirklich schwarz, wenn man die Quantentheorie in die Beschreibung einbezieht. Sie strahlen mit einer Temperatur proportional zum Wirkungsquantum h – der HAWKING-Temperatur – und umgekehrt proportional zur Masse. Da die Strahlung Energie trägt, muss diese dem Loch entzogen werden, was zu einer Abnahme der Masse, Temperaturerhöhung und Verstrahlung des Lochs führt. Außerdem besitzt ein Schwarzes Loch die BEKENSTEIN-HAWKING-Entropie, die proportional zur Oberfläche des Ereignishorizontes ist und den potentiellen Informationsgehalt eines Schwarzen Lochs misst.

Wenn aber die Strahlung eine Temperatur hat, dann kommt es zur Bildung von Immanenz, und es muss nach dem Immanenzbildungsprinzip Information entstehen oder transformiert werden, die dem Schwarzen Loch entzogen wird. Insgesamt findet also kein Informationsverlust statt.

Sollte sich herausstellen, dass Energie-Masse äquivalent zu Information ist [2, S. 81, 11 und 14], kann auch in Übereinstimmung und Ergänzung hierzu folgendermaßen argumentiert werden, was eine Untermauerung der obigen Beweisführung bedeutet: Wenn Materie des Schwarzen Lochs verstrahlt, muss – da die Strahlung Energie trägt – Information nach außen gelangen.

Wie die Strahlung dann die Information in einem nicht mehr praktischen Zustand (irrelevante Information) über den Anfangszustand tragen könnte, müsste *eine exakte Ableitung im Rahmen der* noch ausstehenden Theorie der *Quantengravitation* zeigen, die dazu führen würde, dass die *Strahlung nicht mehr rein thermisch* wäre. Für große Schwarze Löcher gilt dann: *Information wandert über den nicht thermischen Charakter der Strahlung in einem irreversiblen Dekohärenzprozess in Korrelation mit der Umgebung ab und kann lokal, also an der Strahlung selbst, nicht mehr abgerufen werden.*

Insgesamt findet also ein Wirkungsprozess statt, bei dem die Information des Schwarzen Lochs in irrelevante Information der Umgebung transformiert wird. Hier beachte man auch den bei jedem irreversiblen Vorgang vonstattegehenden Übergang von potentieller Information (Möglichkeit) in aktuelle Information (Wirklichkeit).

Im Jahre 2004 gelang den Quantentheoretikern DONALD MAROLF und JUAN MALDACENA der Beweis, dass die Information mit der HAWKING-Strahlung entweichen muss. Im Jahre 2012 zeigte dann der theoretische Physiker JOSEPH POLCHINSKI, dass die HAWKING-Strahlung nur dann Information aus dem Inneren nach außen tragen kann, wenn die Verschränkung der am Ereignishorizont entstehenden Teilchenpaare unter Freisetzung einer großen Menge an Energie zerstört wird. Dadurch verwandelt sich der Ereignishorizont in eine Wand aus Feuer. Quantentheorie und Relativitätstheorie stoßen bei diesen theoretischen Betrachtungen unvereinbar aufeinander; denn sie kommen zu völlig unterschiedlichen Vorhersagen, was mit der Materie geschieht, die von außen in ein Schwarzes Loch hineinfällt. Nach der Quantentheorie würde die Materie beim Passieren der Feuerwand verglühen, und nach der Relativitätstheorie würde am Ereignishorizont nichts Auffälliges geschehen. In der jüngsten Diskussion versucht HAWKING mit einem neuen Vorschlag einen Weg aus dem Dilemma zu bahnen, indem er nur einen „scheinbaren Horizont“ postuliert, der zeitlich variabel sei und aus dem Strahlung entkommen könne.

9. Information und Wirklichkeit

(in Anlehnung an [13, S. 34ff.]

Das Konzept zur Beschreibung von Wirkung mit Hilfe der Begriffe Information und Immanenz führt allerdings zu einer erweiterten Auffassung gegenüber dem Vorschlag von ANTON ZEILINGER, der Wirklichkeit und Information gleichsetzen möchte [15, S. 229]. Mein Vorschlag ist, Wirklichkeit als eine

einzigste Wirkung bzw. als die Summe aller Wirkungen aufzufassen. Zur vollständigen Beschreibung der Wirklichkeit gehört – um es philosophisch auszudrücken – neben der transzendenten² Komponente der Information die immanente Komponente. Dabei erweist sich Immanenz zwar nicht als *Kern der Dinge, der unabhängig von Information* existiert [15, S. 230], jedoch erweist sich Immanenz als komplementärer Co-Faktor, der zusammen mit Information Wirklichkeit erfasst. Da Information somit auch nur ein komplementärer Co-Faktor ist, können die Begriffe Information und Wirklichkeit nicht zu einem gemeinsamen Begriff zusammengefügt werden [15, S. 229]. Somit stellt sich heraus, dass der Vorschlag von ANTON ZEILINGER sich auf den Sonderfall bezieht, in dem die Immanenz konstant gleich h/k ist, da dann, wie oben erwähnt, Gleichung (6) in die DE BROGLIE'sche Formel (1) übergeht. Für den Ursprung des Universums ($T \cdot t = 10^{32} \text{K} \cdot 10^{-43} \text{s} \approx h/k$) und für das fundamentale Lebensprinzip nach KARL TRINCHER (siehe Gleichung (13)) trifft das auch zu. Das Immanenzkonzept verweist auf eine mathematische Beziehung der Begriffe Information und Zeit. Dem entspricht die Vorstellung, dass Wirklichkeit ein zeitlich verlaufender Prozess ist, ganz so, wie es DAVID BOHM in seinen Ausführungen dargelegt hat [16, S. 356ff.]. Wirklichkeit wäre demnach ein rückgekoppelter Prozess der Produktion und Transformation von Information.

L i t e r a t u r

- [1] EBELING, W./FREUND, J./SCHWEITZER, F.: Komplexe Strukturen: Entropie und Information. Stuttgart/Leipzig: B. G. Teubner, 1998.
- [2] LYRE, H.: Informationstheorie. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung. München: Wilhelm Fink, 2002.
- [3] LYRE, H.: Quantentheorie der Information. Zur Naturphilosophie der Theorie der Ur-Alternativen und einer abstrakten Theorie der Information. Diss. Wien/New York: Springer, 1998.
- [4] ANDRADE E SILVA, J./LOCHAK, G.: Wellen und Teilchen. Einführung in die Quantenmechanik (Bücher des Wissens; 6239). Frankfurt/M.: Fischer- Taschenbuch, 1974 (Originalquelle: DE BROGLIE, L.: La Thermodynamique de la particule isolée (ou Thermodynamique cachée des particules). Paris: Gauthier-Villars, 1964; ders.: The Reinterpretation of wave mechanics. *Foundations of Physics* 1 (1970) 1, 5–15).
- [5] KIEFER, CL.: Der Quantenkosmos. Frankfurt/M.: S. Fischer, 2009.
- [6] ISING, H.: Persönliche Mitteilung des Autors, 1996.
- [7] PAGEL, L.: Information ist Energie. Definition eines physikalisch begründeten Informationsbegriffs. Wiesbaden: Springer Vieweg/Springer Fachmedien, 2013.
- [8] KIEFER, CL.: Quantentheorie. Frankfurt/M.: Fischer-Taschenbuch, 2003.

² Siehe Anm. 1.

- [9] EIGEN, M.: Von der Entropie zur Information-die physikalische Chemie der belebten Materie. Bunsentagung Berlin. *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.* (1994) 11, 1351–1364.
- [10] TIPLER, P.A./LLEWELLYN, R.A.: *Moderne Physik*. München/Wien: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2003.
- [11] GÖRNITZ, TH.: *Der kreative Kosmos: Geist und Materie aus Information*. Heidelberg/Berlin: Spektrum, Akademie Verlag, 2002, S. 382–394 und S. 115–131.
- [12] PENROSE, R.: *The Emperor's New Mind*. Oxford University Press, 1989, pp. 480.
- [13] JÖGE, F.: *Information und Wirkung. Beitrag zur Einführung des Immanenzbegriffs als physikalische Größe. Eine naturwissenschaftlich-philosophische und erkenntnistheoretische Betrachtung*. Berlin: Frieling-Verlag, 2011.
- [14] SEDLACEK, K.-D.: *Äquivalenz von Information und Energie*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2010.
- [15] ZEILINGER, A.: *Einsteins Schleier, Die neue Welt der Quantenphysik*. München: Goldmann, 2005.
- [16] SHELDRAKE, R.: *Das schöpferische Universum. Die Theorie des morphogenetischen Feldes*. 3. kompl. überarb. Neuaufl. München: nymphenburger in der F.A. Herbig Verlagsbuchhandlung GmbH, 2008.
- [17] BOLTZMANN, L.: *Entropie und Wahrscheinlichkeit. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*; 286. Thun/Frankfurt/M.: Harry, Deutsch, 2000.
- [18] KORNWACHS, K./JACOBY, K.: *Information. New Questions to a Multidisciplinary Concept*. Berlin: Akademie Verlag GmbH © Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1996.
- [19] WEIZSÄCKER, E. v.: *Offene Systeme I, Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution*. Stuttgart: Ernst Klett, 1974.

Gleichungen zur Beschreibung von Wirkung mit Hilfe des Informationsbegriffs

$$A/h = S/k \quad (1)$$

$$S = k \cdot \ln 2 \cdot H \quad (2)$$

$$A = h \cdot \ln 2 \cdot H \quad (3)$$

$$E = h \cdot \ln 2 \cdot H/t \quad (4)$$

$$I = T \cdot t \text{ bzw. } dI = T \cdot dT \quad (5)$$

$$Q_g t = SI \quad (6)$$

$$Q_g t = k \cdot \ln 2 \cdot H \cdot I \quad (7)$$

$$Q_g = k \cdot \ln 2 \cdot I \cdot H/t \quad (8)$$

$$Q_g = k \cdot \ln 2 \cdot T \cdot H \quad (9)$$

$$(U-F)t = SI \quad (10)$$

$$U = F + k \cdot \ln 2 \cdot T \cdot H \quad (11)$$

$$P(dt)^2 = \delta_i S \cdot dI \quad (12)$$

$$\Delta T \cdot \Delta t = h/k \quad (13)$$

Bedeutung der verwendeten Symbole*Größen:*

A = Wirkung (action)

 A_H = Fläche des Ereignishorizonts des Schwarzen Lochs, misst die in ihr potentiell enthaltene Information

E = Energie

F = Freie Energie

H = SHANNON'sche Informationsentropie

I = Immanenz = $T \cdot t$

M = Masse des Universums

P = DE DONDER'sche Irreversibilitätsleistung

 Q_g = gebundene Energie = TS Q_H = gebundene Energie, die $T_H S_H$ entspricht $Q_g \cdot t$ = thermodynamische Wirkung

R = Radius des Universums (Weltradius, Krümmungsradius des Kosmos)

S = thermodynamische Entropie

 S_H = Schwarzschildentropie (BEKENSTEIN-HAWKING-Entropie)

T = absolute Temperatur

 T_H = HAWKING-Temperatur ΔT = Temperaturunterschied, den die Zelle aufrechterhalten muss, damit Abfallwärme an die Umgebung abgegeben werden kann.

t = Zeit

 Δt = Arbeitszyklusdauer der Zelle

U = innere Energie

Konstanten:

c = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

G = Gravitationskonstante

h = PLANCK'sches Wirkungsquantum

 $\hbar = h / (2\pi)$ H_0 = HUBBLE-Konstante

k = BOLTZMANN'sche Konstante

Einheiten:

cm = Zentimeter

g = Gramm

J = Joule

K = Kelvin

kg = Kilogramm

s = Sekunde

Zusammenfassung

JÖGE, FRIEDHELM: **Information und Wirkung. Zur Einführung des Immanenzbegriffs als physikalische Größe.** *Grenzgebiete der Wissenschaft (GW)* 64 (2015) 3, 215–228

Die Einführung und Anwendung des Immanenzbegriffs als physikalische Größe ermöglicht ein erweitertes Verständnis von Wirkung. Mathematische Formulierungen zeigen die komplementären Co-Faktoren Information und Immanenz als Ursache bzw. Resultat von thermodynamischer Wirkung. Damit trägt der Immanenzbegriff zur Klärung der Beziehung zwischen den Begriffen Information und Wirklichkeit bei und führt auf die Ableitung des Immanenzbildungsprinzips, das bei astrophysikalischen Fragestellungen wie etwa bei der Diskussion um das Informationsparadoxon (also der Frage nach dem Informationsverlust bei Schwarzen Löchern) Anwendung finden kann.

Astrophysik

Immanenz

Information

Wirklichkeit

Wirkung, thermodynamische

Summary

JÖGE, FRIEDHELM: **Information and effect. The introduction of the concept of immanence as physical quantity.** *Grenzgebiete der Wissenschaft (GW)* 64 (2015) 3, 215–228

The introduction and application of the concept of immanence as physical quantity allows a broader understanding of effect. Mathematical formulations present the complementary co-factors information and immanence as the cause and result respectively of the thermodynamic effect. Thus, the concept of immanence helps to clear up the relation between the concepts of information and reality and leads to the derivative of the principle of immanence development which might be applied to problems in astrophysics, e.g. in the discussion on the information paradox (i.e. the question of information loss regarding black holes).

Astrophysics

effect, thermodynamic

immanence

information

reality