

Michał Drożdż
Philosophische Fakultät
Päpstliche Theologische Akademie
Krakau

DIE GESCHICHTLICH STRUKTURIERTE ZEIT IN DER INFORMATIONSTHEORIE

In diesem Artikel soll die Bedeutung und Tragweite der Zeittheorie von C.F. von Weizsäcker in der Informationstheorie untersucht werden, wobei es sich selbstverständlich nur um eine skizzenhafte Darstellung handeln kann, denn erstens hat Weizsäcker seine Zeittheorie in diesem Aspekt noch nicht vollständig vorgestellt, zweitens würde eine vollständige Bearbeitung dieser Tragweite den Rahmen der vorliegenden Aufsatz sprengen. Wir wollen nur die wichtigsten Momente der einzelnen Problemfelder kennzeichnen.

Weizsäcker hat den Wahrscheinlichkeitsbegriff, der bei der Begründung und Bearbeitung seiner Konzeption der Zeitstruktur eine entscheidende Rolle spielt, ganz eng mit dem Informationsbegriff verknüpft, womit der Bezug zur zeitlichen Struktur der Entropie und Evolution eingeführt wird. Mit dem Begriff der syntaktischen Information hebt von Weizsäcker die quantitativen Informationsbeziehungen von den qualitativen ab. Letztere erschließen sich dann über die pragmatische Informationsbestimmung. Das macht es uns möglich, die Information, die in der Zeitstruktur verankert ist, über den Entropiebezug hinaus, hinsicht-

lich ihrer Bedeutungs-, Nutzens-, und Kommunikationsfunktion im folgenden Betrachtung zu untersuchen¹.

1. INFORMATION UND KOMMUNIKATION IM BEZUG AUF DIE ZEITSTRUKTUR

Die Wissenschaftsentwicklung rückt immer stärker das Informationsproblem in den Brennpunkt wissenschaftlichen Interesses. Damit wird schon eine Entwicklungstheorie, in breiterem Sinne verstanden, mit dem Informationsbegriff in Verbindung gebracht. Der Zeitbegriff scheint in beiden eine wichtige Rolle zu spielen. Darauf hat Carl Friedrich von Weizsäcker weitgehend seine Aufmerksamkeit gerichtet. In dem von ihm entwickelten Weltbild hat er dem Informationsproblem einen sehr zentralen Stellenwert zugemessen². Von daher benennt Weizsäcker die Information den „Fundamentalbegriff der heutigen Wissenschaft“³ und deutet ihn wieder als einen zeitlichen Begriff⁴. Diese zentrale Stelle der zeitlich und pragmatisch angedeuteten Information ergibt sich aus dem Weizsäckerschen fundamentalen Programm des Aufbaus einer einheitlichen Theorie der Physik mit Hilfe seiner Theorie der Alternativen. „Ich will nur sagen, dass ich den Versuch mache, die gesamte Naturwissenschaft unter dem Begriff der Anwendung der Physik und die gesamte Physik als eine Theorie der Prognosen empirisch entscheidbarer Alternativen darzustellen. Ich versuche letzten Endes zu zeigen, dass die Gesetze der Physik Bedingungen der Möglichkeit wissenschaftlicher Erfahrung sind, Bedingungen der Möglichkeit der Entscheidung empirisch entscheidbarer Al-

¹Vgl. J. Cimutta, *Philosophisches Nachdenken über die Struktur- und Informationsproblematik*, in: P. Ackermann, W. Eisenberg, H. Herwig, K. Kanegieser (Hrsg.), *Erfahrung des Denkens — Wahrnehmung des Ganzen, Carl Friedrich von Weizsäcker als Physiker und Philosoph*, Berlin 1989, S. 110ff.

²Dies beweist vor allem sein Buch: *Aufbau der Physik*, München, Wien 1985, S. 163–218; 567–587.

³Ebd., S. 165.

⁴Ebd., S. 164.

ternativen”⁵. Weizsäcker erklärt diese Verknüpfung der Theorie der Alternativen mit dem Informationsbegriff ganz einfach: „Was heisst denn Information; denn wenn man sagt, die Physik sei die Wissenschaft von den Prognosen über entscheidbare Alternativen oder von den Prognosen über gewinnbare Informationen, so ist das ja dasselbe”⁶. Diese elementaren empirisch entscheidbaren informationellen Alternativen in der Weizsäckerschen Theorie können als so etwas wie „Atome der Information” aufgefasst werden⁷. Mit der zeitlich und pragmatisch verstandenen Information geht er zum Grundphänomen der Evolution über und beschreibt die Evolution als Entropiewachstum. Er zeigt dabei, dass diese Entropiezunahme eher mit der Wahrscheinlichkeit und damit mit der Information zu tun hat als mit dem Mass der Unordnung. Weizsäcker versucht also Entropiewachstum und Evolution mit Hilfe des Informationsbegriffs zu vereinbaren⁸.

Von Weizsäckers Überlegungen in der Informationstheorie beginnen beim Informationsbegriff, so wie ihn zunächst Shannon erarbeitet und an den Wahrscheinlichkeitsbegriff geknüpft hat⁹. C.F. von Weizsäcker hat die Information mit dem Entropie-Wahrscheinlichkeitsbezug in die Zeit eingeordnet. Das ist bei ihm ein tragender Gedanke, den er in Richtung der Informationstheorie angestellt hat. Für Weizsäcker ist der heute benutzte und auf Shannon zurückgehende nachrichtentechnische Begriff der Information zu eng, um die ganze Wirklichkeit des

⁵C.F. von Weizsäcker, *Information und Imagination*, in: *Information und Imagination. Vorträge von C.F.v. Weizsäcker, Golo Mann, Harald Weinrich, Thomas Sieverts und Leszek Kolakowski*. Vorwort von Hans Egon Holthusen. München 1973, S. 20.

⁶C.F. von Weizsäcker, *Information und Imagination*, a.a.O., S. 22.

⁷Vgl. J. Cimutta, *Philosophisches Nachdenken über die Struktur- und Informationsproblematik*, in: *Erfahrung des Denkens — Wahrnehmung des Ganzen*, a.a.O., S. 110.

⁸Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 165.

⁹C.E. Shannon, W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana 1972; H. Lyre, *Informationstheorie. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*, München 2002, S. 44–85.

Informationsgeschehens zu erfassen. Sein erweiterter Informationsbegriff erhebt den Anspruch, die semantische und pragmatische Information zu beschreiben. Informationsbegriff erreicht seinen Sinn erst im pragmatischen Kontext, d.h. im Hinblick auf Empfängerbezogenheit der Information. Die Information ist nach dem Verständnis Weizsäckers aktual und informiert in eine bestimmte „semantische Situation“ hinein¹⁰. Sie ist also eine Zeit- und situationsgebundene Größe. Wir sollen sie so verstehen, wie sie im alltäglichen Gebrauch zur Erscheinung kommt. In diesem Sinne lässt sich die Bedeutung und Wirkung einer Information nur in Bezug auf eine Situation und zeitlich erst nach erfolgter Information feststellen¹¹. Nach der Auffassung Weizsäckers soll die Information nicht nur sinnvoll, sondern auch wirkungsvoll sein. Carl Friedrich von Weizsäcker legt also bei der Definition des Informationsbegriffes weniger Wert auf eine Quantifizierung der Information, wie dies bei der technischen Informationstheorie Shannons geschieht¹², sondern betont besonders den pragmatischen Charakter der Information.

Shannon hat eine auf rein statistischen Annahmen über die Nachrichtenquelle basierende Informationstheorie entwickelt¹³. In diesem Sinne wurde der Informationsbegriff allgemein als Massgröße für die Ungewissheit des Eintretens von Ereignissen aufgefasst. Shannon hat ausdrücklich das Wort Kommunikation benutzt. Er wollte eigentlich nicht Information an sich, sondern Nachrichten eines Senders für einen Empfänger messbar machen. Genau genommen handelt es sich bei Shannons Theorie eher

¹⁰Vgl. A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit. Der Mensch in der Krise seiner eigenen Zielsetzungen*, Geleitwort Helmut Gollwitzer, Einführung Wolf Häfele, Stuttgart 1973, S. 334. Vgl. auch: M. Schüz, *Einheit des Wirklichen. Carl Friedrich von Weizsäckers Denkweg*, Pfullingen 1986, S. 180.

¹¹Vgl. E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information*, in: *Offene Systeme I. Beiträge zur Struktur von Information, Entropie und Evolution*. Stuttgart 1974, S. 83ff.

¹²Vgl. Schüz M., *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 178.

¹³Vgl. auch: J. Mittelstrass (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Band 2: H-O, Mannheim, Wien, Zürich 1984, S. 242–244.

nicht um eine Informations-, sondern um eine Kommunikationstheorie, weil Information in dieser Theorie im Hinblick auf ihre Transportfähigkeit durch Kommunikationssysteme und auf etwaige Störanfälligkeit der Übertragung bewertet wird¹⁴. Daraus ergibt sich ein Warencharakter der Shannonschen Information. „Die Shannonsche Theorie wurde lediglich geschaffen, um Informationen, die sich durch die Zeichen nach einem ebenfalls fest vereinbarten Code signalisieren lassen, auf optimale Weise durch Übertragungsmedien zu transportieren“¹⁵. Die semantischen und pragmatischen Momente der Information wurden in dieser Theorie vernachlässigt¹⁶. Shannon hat aber die erste überzeugende Quantifizierungstheorie für Nachrichten entwickelt¹⁷. Was in dieser Informationstheorie quantifiziert wird, „ist somit eigentlich Kommunikation — eben Information als Ware, aber nicht Information, die aktual, nämlich in eine bestimmte semantische Situation hinein, informiert“¹⁸. Eine präzise Definition der Information, wie sie Shannon gegeben hat, wollen wir hier im Augenblick nicht einführen, sondern wir wollen nur auf den Unterschied zu dem Verständnis von Information von Weizsäcker hinweisen und in der Weizsäckerschen Auffassung der Informationstheorie den zeitlichen und pragmatischen Charakter hervorheben.

Im Gegenteil zu Shannon sieht von Weizsäcker einen engen Zusammenhang zwischen semantischen und pragmatischen Aspekten der Information. „Semantische Information ist messbar nur als pragmatische Information“¹⁹. „Pragmatische Information ist das, was wirkt“²⁰. Information ist eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für Kommunikation. Damit im zwischenmenschlichen Bereich aus Information eine Kommunikation

¹⁴Vgl. A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 334.

¹⁵Ebd.

¹⁶Vgl. ebd., S. 335ff.

¹⁷Vgl. E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung*, a.a.O., S. 83.

¹⁸Müller A.M.Klaus, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 334.

¹⁹C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 168.

²⁰Ebd., S. 201.

entstehen kann, ist die unverfügbare Geschichtlichkeit der Situation notwendige Voraussetzung. Kommunikation ist an die Ich–Du–Beziehung und damit an die Gegenwart gebunden. Kommunikation, Ich–Du–Beziehung und die Wirklichkeit der Gegenwart sind wesentlich unauflösbar und vollziehen sich jenseits der formalisierbaren Sender–Empfänger–Relation²¹. Weizsäcker unterscheidet den aus der Alltagserfahrung vertrauten Aspekt der aktualen Information von der blossen Kommunikation mit oben genannten genormten Grössen. „Worauf es aber von Weizsäcker ankommt, ist, — schreibt Schüz — dass der Informationsbegriff seinen Sinn erst im Hinblick auf seine Empfängerbezogenheit gewinnt, d.h. Information erst Information für einen Empfänger ist kraft ihrer Bedeutung, die sie für ihn hat, also kraft ihrer Semantik“²². Diese These von Weizsäcker soll im folgenden gefasst werden.

2. DER ZEITLICHE UND PRAGMATISCHE CHARAKTER DER INFORMATION

Information ist in den Überlegungen Weizäckers als eine an die Struktur der Zeit gekoppelte Grösse betrachtet. Dieser zeitliche Charakter der Information ergibt sich noch deutlicher durch die Verknüpfung der Information mit dem Entropiebegriff und im Lichte der pragmatischen Deutung der Information. Mit Betonung des zeitlichen Charakters des Phänomens der Information ist nicht gemeint, dass in der technischen Informationstheorie der Informationsfluss mit einer Zeiteinheit quantifiziert wird²³. Der zeitliche Charakter der Information bedeutet, dass das Phänomen der Information an die geschichtliche Zeit gebunden ist, d.h. an

²¹Vgl. H. Wehrt, *Der Begriff der Information und die Modifikation unserer Vorstellung von Materie*, in: K. Kornwachs (Hrsg.), *Offenheit — Zeitlichkeit — Komplexität. Zur Theorie der Offenen Systeme*, a.a.O., S. 403ff.

²²M. Schüz, *Die Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 178.

²³Vgl. H. Wehrt, *Der Begriff der Information und die Modifikation unserer Vorstellung von Materie*, in: *Offenheit — Zeitlichkeit — Komplexität*, a.a.O., S. 399ff.

die unumkehrbare Relation Vergangenheit–Gegenwart–Zukunft. Weizsäcker ist der Meinung, dass analog zur geschichtlichen Zeit, die vorausgesetzt werden muss, um das Entropiewachstum gemäss dem zweiten Hauptsatz ableiten zu können, „so muss diese Struktur der wirklichen Zeit²⁴ vorausgesetzt werden, um den geschichtlichen Charakter der Informations–, insbesondere Kommunikations–Prozesse verstehen zu können“²⁵. Die Struktur der Information ist an die temporale Relation „früher als“ und „später als“ gebunden. „Früher als“ wird mit der Vergangenheit, „später als“ mit der Zukunft identifiziert. Information ist also nach Weizsäcker in die Weise der geschichtlichen Zeit eingespannt. Man kann diesem geschichtlichen Charakter näher kommen durch Betrachtung der Analyse der Information, wie Christine und Ernst von Weizsäcker²⁶ vorgeschlagen haben und Carl Friedrich übernommen hat²⁷, nämlich, durch Einführung des Begriffspaares der Erstmaligkeit und der Bestätigung. Wenn sich pragmatisch verstandene Information aus Erstmaligkeit und Bestätigung zusammensetzt, dann ist nach dem zeitlichen Charakter dieser Komponenten zu fragen. Reine Erstmaligkeit ohne Bestätigungs–Anteile ist im Weizsäckerschen Modell als reine Einmaligkeit ein zeitlich nicht „andauerndes Element“, sondern ein zeitlich „rein Punktuell“, während reine Bestätigung als ein nicht Veränderliches sich in der Abfolge der Zeit konstant erstreckt²⁸. Damit ist aber nicht einsichtig, wie aus Zeitlosigkeit und Zeitkonstanz der geschichtliche Charakter der Information soll folgen können. Carl Friedrich von Weizsäcker glaubt einen

²⁴Weizsäcker meint „die geschichtliche Zeit“ als die Struktur der Zeit in ihrer drei Modi. Oft benutzt er diese zwei Begriffe wechselhaft.

²⁵H. Wehrt, *Der Begriff der Information*, a.a.O., S. 399.

²⁶Vgl. E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information*, a.a.O., S. 82–113.

²⁷Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 200–207.

²⁸Vgl. E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information*, a.a.O., S. 104ff. Vgl. auch: H. Wehrt, *Der Begriff der Information*, a.a.O., S. 401–403.

Weg gefunden zu haben, indem er zwischen aktueller und potentieller Information unterscheidet²⁹, und mit dieser Differenzierung erläutert er die Problematik des zeitlichen Charakters der Information. Der aktualisierten Information lässt sich ein dynamischer und damit implizit zeitlicher Charakter zusprechen. Als zeit- und situationsgebundene Grösse ist die Information in der Weizsäckerschen Theorie aktual und informiert in eine bestimmte „semantische Situation hinein“³⁰. Die potentielle Information besitzt in gewisser Weise futurisch bezogenen Charakter. Aktuelle Information, die sich auf faktisches Wissen bezieht, ist als situationsbedingtes, gegenwarts- bzw. vergangenheitsbezogenes und damit als geschichtliches Veränderungsgeschehen anzusehen. Damit dieser Informationsbegriff einen wissenschaftlichen Wert bekommt, muss die jeweilige Semantik der Information objektiviert werden. Weizsäcker fasst diesen Zusammenhang von Information und objektivierter Semantik in den zwei sich ergänzenden Thesen zusammen: „Information ist nur, was verstanden wird“, „Information ist nur, was Information erzeugt“³¹.

In der ersten These hebt Weizsäcker die Empfängerbezogenheit der Information hervor. Information als aktuelle Information lässt sich also von Speichern und Lernprozessen beim Empfänger gar nicht trennen und isolieren³². Man kann die Information nach dem Verständnis Weizäckers gar nicht ohne diese explizite Bezugnahme auf einen Empfänger und sein Vorwissen definieren. Von hier aus lässt sich deutlich der pragmatische Charakter der Information wahrnehmen. Mit der Berücksichtigung der Empfängerbezogenheit und mit der Hilfe des oben erwähnten

²⁹Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., 174–200; *Die Einheit der Natur. Studien*, München 1971, S. 349.

³⁰Vgl. A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 334; M. Schüz, *Die Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 180.

³¹Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 200–201; *Die Einheit der Natur. Studien*, a.a.O., S. 351–352.

³²Vgl. M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 180; A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 335ff.

Begriffspaars: „Erstmaligkeit“ und „Bestätigung“³³, das zu den konstitutiven Komponenten jeder pragmatisch verstandenen Information gehört, glaubt Weizsäcker diesen pragmatisch-zeitlichen Charakter der Information noch zu unterstreichen.

Wir sind im Informationsbereich mit Neuem konfrontiert. Jedes Ereignis ist irgendwann zum ersten Male „in unser Gesichtsfeld getreten“³⁴. Wir müssen dabei dieses Ereignis oder Ding bestätigen, und damit wird es zu einer Information. Man kann in diesem Sinne sagen, dass für jede Information sowohl Erstmaligkeit als auch Bestätigung nötig sind: Wo keine Erstmaligkeit ist, da ist nach Shannon, aber auch pragmatisch nach Weizsäcker, keine Information. Wo keine Bestätigung ist, da ist keinerlei Verstehen, nicht einmal irgendeine feststellbare Wirkung möglich, also auch keine Information. Entsprechend wird man sagen können, dass sehr wenig Erstmaligkeit oder sehr wenig Bestätigung nur sehr wenig Information zulassen³⁵. Bestätigung ist also erforderlich, damit Information verstanden und weitergegeben werden kann, und Erstmaligkeit, die naturgemäss Überraschungscharakter besitzt, ist nötig, damit das Verstandene das Wiedererkannte überschreitet³⁶. Damit kommen wir noch einmal zu dem zeitlichen Charakter der Information. Sie ist im Weizsäckerschen Verständnis eine an die geschichtliche Zeit gebundene Grösse. Wenn sie sich aus Bestandteilen der Erstmaligkeit und Bestätigung aufbaut, dann muss wenigstens eines dieser konstitutiven Elemente einen zeitlichen Charakter besitzen. Für das Element der Bestätigung ist für Weizsäcker das geschichtliche Beziehungsfeld zwischen Vergangenheit und Gegenwart anzunehmen. Erstmaligkeit ereignet sich auch in demselben geschichtli-

³³Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 203–207.

³⁴E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten*, a.a.O., S. 93; Vgl. auch: M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 181.

³⁵Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 200–207; Vgl. auch: A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 335–341; E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung*, a.a.O., S. 98f.

³⁶Vgl. Schüz M., *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 181.

chen Feld³⁷. Durch die Einführung von dem Begriffspaar: Erstmaligkeit und Bestätigung glaubt C.F. von Weizsäcker das zeitliche, operationale und pragmatische Informationsverständnis gefunden zu haben³⁸. Der Informationsbegriff in diesem Sinne impliziert geradezu, dass der Empfänger durch die Information dazu angeregt wird, seinerseits informationell aktiv zu werden, d.h., dass er wieder zum Sender wird³⁹. Damit sind wir zur zweiten Weizsäckerschen These gekommen, die besagt, dass Information nur das ist, was Information erzeugt. Ernst von Weizsäcker verallgemeinert diese These und sagt: „Information ist, was Informationspotential erzeugt“⁴⁰. Man kann danach die Weizsäckersche Informationstheorie als eine Theorie der Informationserzeugung betrachten⁴¹. Jeder Empfänger der Information wird früher oder später selbst wieder Sender. „Empfänger“ und „Sender“ sind also Begriffe, die durch den pragmatisch und operational ausgelegten Informationsbegriff aufeinander zugeordnet und in Beziehung gebracht werden. Damit ist die eigentliche Bedeutung der Information aber noch nicht endgültig geklärt. Wir haben nur skizziert, wie die Anwendung der geschichtlichen Zeit in der Informationstheorie Weizsäckers, besonders bei seinem pragmatischen Verständnis der Information, nützlich, wirksam und konstruktiv zu sein scheint.

³⁷Vgl. H. Wehr, *Der Begriff der Information*, a.a.O., S. 401–403.

³⁸C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 200–206; *Die Einheit der Natur. Studien*, a.a.O., S. 351f.

³⁹Dabei ist es nicht notwendig, dass er sofort die gewonnene Sendefähigkeit ausnützt. Er kann auch diese Information speichern und später verwenden oder sie von Dritten verwenden lassen (Vgl. E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung*, a.a.O., S. 102).

⁴⁰E. von Weizsäcker, *Erstmaligkeit und Bestätigung*, a.a.O., S. 103.

⁴¹Vgl. A.M.K. Müller, *Die präparierte Zeit*, a.a.O., S. 339f.

3. ENTROPIE IM VERSTEHENSHORIZONT DER PRAGMATISCHEN INFORMATIONSTHEORIE UND DER THEORIE DER ZEIT

Wir wollen in diesem Teil hauptsächlich der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Information und Entropie, insbesondere thermodynamischer Entropie, nachgehen. Mit Hilfe dieser Beziehungen versucht Weizsäcker neuerlich die These der Vereinbarkeit von Evolution und Entropiewachstum zu erklären. Zuerst sollte also der Standpunkt Weizsäckers zu dieser These dargestellt werden, dann gehen wir zu der Probe der eigenen Weizsäckerschen Lösungen der scheinbaren Diskrepanz zwischen Evolution und Entropiewachstum über, indem wir die Zusammengehörigkeit der beiden Phänomene vom Standpunkt der pragmatischen Informationstheorie aus betrachten. Schliesslich richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die Rolle der Zeit, besonders der Weizsäckerschen Zeitstruktur, die in der ganzen Problematik ein wichtiger Faktor ist.

Irreversibilität und Evolution sind zwei Grundphänomene der Natur⁴². Die Entropie gilt landläufig⁴³ als der naturwissenschaftliche Messwert von „Unordnung“ und insofern sie Kriterium und

⁴²Vgl. E. Eigen, in: C. Link (Hrsg.), *Die Erfahrung der Zeit. Gedenkschrift für Georg Picht*, Stuttgart 1984, S. 215–237. Nachdruck aus: *Die Zeit. Schriften der Carl von Siemens-Stiftung*, Bd. 6., München 1983, S. 35–57.

⁴³Diese übliche Deutung der Entropie in der Entwicklungslehre kann man auf diese Weise kurz zusammenfassen: In den Organismen ist tatsächlich die Aufrechterhaltung von Zuständen niedriger Entropie, physiologischer „Ordnung“ eine zentrale Lebensfunktion, ermöglicht durch den Austausch von Materie und Energie mit der Umgebung, wobei der Organismus bevorzugt höherwertige, geordnete Energie aufnimmt und geringerwertige Wärmeenergie abgibt. Wir konsumieren „negative Entropie. Der Tod beendet diesen Austausch, die Entropie nimmt zu, gemäss dem II. Hauptsatz der Thermodynamik, die lebendig gewesene Ordnung zerfällt. Das letzte Reservoir für negative Entropie auf der Erde ist die Sonnenenergie. Wenn eines Tages die Strahlungsenergien aller Sonnen des Weltalls in Wärmeenergie überführt wären, so würde der kosmische „Wärmetod“ eintreten, Leben wäre dann nicht mehr möglich.

Mass von Reversibilität und Irreversibilität der Naturprozesse ist, stellt sie diejenige fundamentale Grösse dar, durch welche man die — für das gesamte Naturgeschehen gültige — Irreversibilitätsproblematik in den Blick bekommt. Wenn man aber den Entropiesatz als ein Kriterium für Irreversibilität formulieren will, muss auch eine entsprechende allgemeine Entropiedefinition gewählt werden, mit der dann der zweite Hauptsatz als Entropiesatz gilt. Weizsäcker zeigt, dass dieses Problem nicht trivial ist⁴⁴. Wir stellen kurz dieses Problem der Zusammengehörigkeit der Evolution und Entropiewachstum nun kurz dar.

Die eine Interpretation des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik formuliert den Entropiesatz als das Entwicklungsgesetz der fortschreitenden Desorganization, d.h. als eine ständige Zunahme von Unordnung, die bis zum sogenannten Wärmetod fortschreitet⁴⁵. Eine andere Interpretation des Entropiesatzes kommt vom Bereich der Biologie und der Soziologie heraus und verbindet die Entwicklung mit einem Anwachsen der Organisation, das zur Schaffung immer komplexerer Strukturen Anlass gibt⁴⁶. Die beiden Entwicklungsgesetze: der Thermodynamik und der Biologie scheinen im Widerspruch zu stehen und irreduzibel zu sein. Wie kann man diese zwei Entwicklungsmodelle vereinbaren; wie kann eine quasi irreversible Entwicklungstendenz von Gestalten mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik vereinbar sein, der doch die Zerstörung von Gestalten und das Wachstum der Unordnung behauptet. C.F. von Weizsäcker hat in seinem Bei-

⁴⁴Vgl. C.F. Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, in: *Offene Systeme I. Beiträge zur Struktur von Information, Entropie und Evolution*, Stuttgart 1974, S. 200–221.

⁴⁵Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, in: *Offene Systeme I*, S. 200ff; I. Prigogine, P. Glansdorff, *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*, New York 1971; M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 171ff.

⁴⁶Vgl. I. Prigogine, P. Glansdorff, *Thermodynamic Theory*, a.a.O., S. 287f.

trag „Evolution und Entropiewachstum“⁴⁷ folgende vier mögliche Antworten auf diese Fragen dargestellt:

1. In der Evolution der biologischen Systeme nimmt die Entropie wirklich ab. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist auf diese Systeme nicht anwendbar. Anhand dieser These, die hauptsächlich die Vitalisten vertreten, glaubt Weizsäcker zu zeigen, dass es für die begrifflichen Struktur der Selektionslehre aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik keine Schwierigkeiten entstehen müssen⁴⁸.

2. Das Dilemma zwischen Evolution und Entropiewachstum lässt sich lösen, indem man den Entropiebegriff nur begrenzt auf biologische Systeme anwendet⁴⁹.

3. „In dem betrachteten Phänomen — sagt Weizsäcker — nimmt zwar infolge der Gestaltenentwicklung ein Summand der Entropie ab, aber dies wird durch die Zunahme anderer Summanden überkompensiert, so dass der Zweite Hauptsatz nicht verletzt wird. Dies ist wohl die herrschende Ansicht über das Problem der biologischen Entwicklung“⁵⁰.

4. Die Gestaltenentwicklung der Evolution bedeutet selbst eine Entropiezunahme und ist damit eine direkte Konsequenz des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik⁵¹.

C.F. von Weizsäcker bekennt sich zu dieser vierten Lösung, indem er auch der dritten Antwort teilweise recht gibt. Er zeigt in seinen Überlegungen⁵², dass die naive Gleichsetzung von Entropie

⁴⁷C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 200–221.

⁴⁸Ebd., S. 201.

⁴⁹Ebd., S. 201–202.

⁵⁰Ebd., S. 202.

⁵¹Ebd.

⁵²Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 163–189; 489ff; 514ff; *Der Garten des Menschlichen, Beiträge zur geschichtlichen Anthropologie*, München 1977, S. 146–166; 187–205; 258–260; 265–268; *Einheit der Natur*, a.a.O., 39–60; 330–334; 342–352; 354–356; *Information und Evolution*, in: *Nova Acta Leopoldina*, Nr. 206, 37/1, Leipzig 1972, S. 531–534; *Evolution und Entropiewachstum*, in: *Offene Systeme I. Beiträge von Information, Entropie*

und Unordnung physikalisch falsch ist. Wenn es in abgeschlossenen Systemen bei hinreichenden Anziehungskräften zwischen den Teilchen überhaupt einen „Wärmetod“ gibt, dann bedeutet er nicht ein wildes Durcheinander von Molekülen, wie es die naive Wärmelehre geglaubt hätte, sondern sterile Skelette von anders geordneter Materie. Diesen vermutlich kristallartigen Gebilden mangelt nicht Ordnung, sondern geordnete Veränderung⁵³. Sie repräsentieren auch den Zustand höchster Entropie. „Das ganze Leben des Kosmos ist, im grossen wie im einzelnen, — fügt Weizsäcker hinzu — eine Entwicklung immer differenzierterer Gestalten, eingeschlossen zwischen das Chaos des Anfangs und die Erstarrung des Endes“⁵⁴. Ausgehend von der These aus, dass dort, wo Gestaltenentwicklung wirklich vorkommt, bei ganauer Definition der zugehörigen Entropie dem Wachstum der Vielzahl und Komplexität der Gestalten tatsächlich ein Wachstum und nicht eine Abnahme der Entropie entspricht, der der Gestaltinformation zugeordnet ist⁵⁵. Unter der Voraussetzung, dass diese These richtig ist, kann man nur den Eindruck eines Konfliktes zwischen Gestaltenentwicklung und dem II. Hauptsatz bekommen, wenn man anhand einiger Beispiele die Entropie mit einem Mass gestaltenarmer Gleichförmigkeit verallgemeinert gleich-

und Evolution, a.a.O., S. 200–251; *Information und Imagination*, in: *Information und Imagination. Vorträge von C.F. von Weizsäcker*, a.a.O., S. 11–32; *Die philosophische Interpretation der modernen Physik. Zwei Vorlesungen*, in: *Nova Acta Leopoldina*, N.F. Nr. 2.07, Bd. 37/2, Leipzig 1972, S. 7–22, *Die Geschichte der Natur*, Göttingen 1954, S. 24ff; *Zeit und Wissen*, in: *Offene Systeme II. Logik und Zeit*, Stuttgart 1981, S. 28ff.

⁵³ „Das Ende bleibt der Wärmetod. Er besteht aber meist nicht darin, dass die Gestalten aufgelöst werden, sondern darin, dass sie erstarren. Wenn keine Energie mehr umgesetzt wird, so können Gestalten von nun an weder entstehen noch vergehen. Der innere Tod reisst die Gestalt nicht ein, sondern er lässt sie stehen“ (C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 65). Vgl. auch: *Zum Problem des Wärmetods*, in: „Mitteilungsblatt für mathematische Statistik“, 2 (1950), Heft 3, S. 224–225.

⁵⁴C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 65.

⁵⁵Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 203.

setzt⁵⁶. „Der Wärmetod wäre, hinreichend niedrige Temperatur vorausgesetzt, nicht ein Brei, sondern eine Versammlung von komplizierten Skeletten“⁵⁷. Diese Ansicht führt Weizsäcker zu dem Schluss, dass die Entstehung von geordneten Gestalten nicht etwa im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik wäre, sondern seine Folge. Damit bekräftigt und verteidigt er seine Theorie über die Zeitstruktur.

4. STRUKTUR DER ZEIT UND DIE ENTWICKLUNGSLEHRE

Weizsäcker geht bei der Erklärung der Phänomene der Evolution und der Entropie auf seine Theorie der Struktur der Zeit — der Geschichtlichkeit der Zeit — zurück. Schon in seinem Buch „Die Geschichte der Natur“ (1958) vertritt er die These, dass die Lehre der Evolution die Geschichtlichkeit der Zeit voraussetzt⁵⁸. Dies bedeutet, verkürzt gesagt, dass ganz allgemein die Entwicklung differenzierter Gestalten eine Folge genau derselben Zeitstruktur ist wie der zweite Hauptsatz der Thermodynamik. Beide Entwicklungsgesetze besagen, dass das Wahrscheinliche ein-

⁵⁶ „Die Wahrheit ist, dass unter gewissen Bedingungen, die bei organischer Entwicklung erfüllt sind, die Entwicklung selbst eine Erhöhung der Entropie bedeutet. Entwicklung ist also eine unmittelbare Folge des zweiten Hauptsatzes, und es belibt kein Paradoxon zu beheben. Der Eindruck eines Paradoxons entstand durch die ungenaue Beschreibung der Entropie als Unordnung“ (C.F. von Weizsäcker, *Die philosophische Interpretation der modernen Physik*, a.a.O., S. 8–9).

⁵⁷ Ebd.

⁵⁸ Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 90ff; Diese Ansichten stellt er wieder mit der wissenschaftlichen Reife und Erfahrung in seinem neuesten Buch *Der Mensch in seiner Geschichte* dar (Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Der Mensch in seiner Geschichte*, München, Wien 1991, S. 245). Siehe auch zu diesem Problem: P. Götz, *Zeit und Evolution*, in: H. Burger Heinz (Hrsg.), *Zeit, Natur, Mensch. Beiträge von Wissenschaftlern zum Thema „Zeit“*, Berlin 1986, S. 177–197.

treten wird⁵⁹. Die Deutung der Wahrscheinlichkeit ist durch die Struktur der Zeit bestimmt, indem nach der Weizsäcker'schen Ansicht das Wahrscheinliche nur für die Zukunft erwartet, nicht aber für die Vergangenheit behauptet wird. Der Wahrscheinlichkeitsbegriff ermöglicht also den Ansatz der Theorie der Zeit in der Entwicklungslehre. Die Weizsäcker'sche Zeitstruktur kommt besonders zum Ausdruck in seinem Ansatz für die letzten Naturgesetze, die die Rahmen der Evolution abstecken. Die Naturgesetze bestimmen von Anfang an die Möglichkeit der Entwicklung von Gestalten. Die Welt — behauptet Weizsäcker — war „anfangs reich an potentieller, arm an aktueller Gestalt, reich an schöpferischen Möglichkeiten, arm an geschaffener Form. Mit der Zeit stellt sich für jede Gestalt das Gleichgewicht ihres Entstehens und Vergehens ein, um so später freilich, je differenzierter sie ist“⁶⁰. Die Zeit aufgrund ihrer Struktur und Geschichtlichkeit stellt als fundamentale Ermöglichungsbedingung der Erfahrung den grundlegenden „Antrieb der Entwicklung“ dar. „Die Entwicklung ist der Vorgang, indem sich mit der Zeit immer differenziertere Gestalten aus dem Meer der blossen Möglichkeit heben“⁶¹.

⁵⁹Die Deutung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, dass wachsende Entropie das Eintreten des Wahrscheinlichen ist, ist geläufig. Für die Gestaltenentwicklung „muss man sich überlegen, dass eine Vielzahl von Gestalten a priori wahrscheinlich, ein völlig gestalteter Zustand hingegen a priori unwahrscheinlich ist“ (Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 203).

⁶⁰C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 65.

⁶¹Ebd., S. 92. Weizsäcker schreibt in diesem Prozess dem Begriff des Zufalls eine wesentliche Rolle zu. Er deutet den Zufall als ein Ereignis, das so lange „nur möglich bleibt, bis es faktisch geworden ist“ (C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 92). „Die gedankliche Aufgabe lag [...] aber darin, zu begreifen, wie der ‚Zufall‘ Ordnung und Gestaltenfülle erzeugen kann. Hier half mir meine Analyse des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Zufall nennen wir Vorgänge, die den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung genügen. Diese Gesetze definieren Möglichkeiten, und gerade weil es Möglichkeiten sind, bleibt undeterminiert, welche von ihnen eintritt. Ich konnte plusibel machen, dass die wachsende Differenzierung der Gestalten zur Folge hat. Anschliessend an eine spätere Formulierung von Picht kann ich

Nun wird es deutlicher, dass der zweite Hauptsatz und die Gestaltenentwicklung „aus derselben Struktur der geschichtlichen Zeit folgen“⁶². Denn der zweite Hauptsatz der Thermodynamik als Naturgesetz postuliert mit der Zunahme der Entropie das Eintreten des Wahrscheinlichen. Genauso behaupten die Gesetze der Entwicklungstheorie, dass aktuelle Gestalten mit der Entwicklung aus dem „Reich“ potentieller und damit wahrscheinlicher Gestalten entstehen⁶³. Die Evolutionstheorie analog zu dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, beide als zwei Entwicklungsgesetze, als „zwei wissenschaftliche Theorien von irreversiblen Prozessen“⁶⁴ „setzen“ — Weizsäcker nach — „die Geschichtlichkeit der Zeit voraus“⁶⁵. „Wovon ich Gebrauch machen möchte, ist einfach die

sagen: Das Vergangene vergeht nicht, somit wächst die Menge der Fakten; die Gegenwart der Zukunft ist ihre in Fakten fundierte Möglichkeit; somit wächst die Menge der Möglichkeiten“ (C.F. von Weizsäcker, *Der Garten des Menschlichen*, a.a.O., 579); „Es kommt also darauf an, zu verstehen, dass — und falls erkennbar, warum — Gestaltenentstehung eine Grundstruktur des Geschehens ist. Dies ist bereits mit ausgesagt in der Erklärung der Modi der Zeit: das Vergangene ist faktisch, das Zukünftige ist möglich. [...] Da es sich um fundamentale Begriffe handelt, [...] können sie nicht [...] auf noch fundamentalere Begriffe zurückgeführt werden. Sie lassen sich am besten in der Anwendung erläutern: durch die Begriffsgestalten, die sich mit ihrer Hilfe bilden lassen. Georg Picht hat sie so präzisiert: 1. Das Vergangene vergeht nicht. 2. Die Menge der Möglichkeit wächst. [...] Wenn nun das Vergangene nicht vergeht, sondern in den gegenwärtigen Fakten ‘aufbewahrt’ ist, so wächst die Menge der Fakten und damit die Menge der jeweils gegenwärtigen fundierten Möglichkeiten. Wenn aber die Menge der Möglichkeiten wächst, so ist Entstehung neuer Gestalten zu erwarten“ (C.F. von Weizsäcker, *Der Mensch in seiner Geschichte*, a.a.O., S. 34–35).

⁶²C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 92.

⁶³Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 204–208; *Die philosophische Interpretation*, a.a.O., S. 7–12; *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 91–95; *Der Mensch in seiner Geschichte*, a.a.O., S. 31–44; Vgl. auch: M. Schüz, S. 170–174.

⁶⁴C.F. von Weizsäcker, *Die philosophische Interpretation der modernen Physik*, a.a.O., S. 8.

⁶⁵Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Die Geschichte der Natur*, a.a.O., S. 91.

Behauptung, dass Entwicklung eine Folge der Struktur der Zeit ist”⁶⁶.

Weizsäcker versucht weiter die Phänomene der Irreversibilität und Evolution mit Hilfe der zwei Begriffe: „Entropie” und „Information” quantitativ zu beschreiben und zu erklären⁶⁷. Damit versucht er auch in der Interpretationsdebatte über die Beziehung zwischen Information und Entropie eigene Stellung zu nehmen⁶⁸. Nun wollen wir kurz auf diesen Zusammenhang von Entropie und Information eingehen.

5. ZEITSTRUKTUR ALS UNTERSCHIEDSKRITERIUM ZWISCHEN AKTUELLER UND POTENTIELLER INFORMATION

Im folgenden soll die Rolle, die der Informationsbegriff und der Begriff der Zeit im Rahmen einer allgemeinen Entwicklungstheorie und in der Evolutionstheorie spielen, anhand der Weizsäckerschen Überlegungen etwas näher beleuchtet und damit auf den Zusammenhang zwischen Entropie und Information hingewiesen werden.

⁶⁶C.F. von Weizsäcker, *Die philosophische Interpretation*, a.a.O., S. 10.

⁶⁷Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 163ff; *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 204ff.

⁶⁸Das Problem des Zusammenhanges der Evolution und des Entropiewachstums löst C.F. von Weizsäcker mit Hilfe des Informationsbegriffes. Sein Übergang im Gedankenweg zu einer solchen Lösung beschreibt er folgenderweise: „Ich war damals der herrschenden Meinung, die Herausbildung von Gestalten bedeute in der tat eine Abnahme der Entropie, die jedoch durch die Entropieproduktion der begleitenden irreversiblen Prozesse überkompensiert werde. Das war aber, wie ich jetzt sehe, eine Inkonsequenz. Der Begriff der Entropie ist so allgemein und abstrakt, dass auch die Angabe einer hohen a priori-Wahrscheinlichkeit für einen gestaltenreichen Zustand darauf hinausläuft, ihm eine hohe Entropie zuzuschreiben. Damals war der Shannon’sche Informationsbegriff noch nicht bekannt, mit dessen Hilfe das Problem beschrieben werden soll” (C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 204).

Schon Boltzmann hatte seine statistische Entropie, die „H-Funktion“, mit der Unkenntnis des wirklichen Mikrozustands in Verbindung gebracht, also mit einem Mangel an Information zusammengestellt. Als Shannon seine anhand der Nachrichtentechnik entwickelte Informationstheorie vorgelegte, nannte er einen seiner Grundbegriffe Entropie, und damit wurde der Informationsbegriff mit der thermodynamischen Entropie in einer engen Bindung festgelegt⁶⁹. Spätere Autoren, vor allem Brillouin⁷⁰, verwenden „Information“ nicht wie Shannon als Informationserwartung, als erwartete Überraschung, sondern schon als erzieltes Beseitigen von Ungewissheit, von Entropie, also bezeichnen sie Information als „Negenentropie“⁷¹. Die Negenentropie wird also danach als Informationsentropie mit dem negativen Wert der thermodynamischen Entropie identifiziert. Es gibt also grundsätzlich zwei Interpretationen des Zusammenhanges zwischen Entropie und Information. Die eine betrachtet den Grundbegriff der Information in formaler Analogie zur Thermodynamik als Entropie (Boltzmann, Shannon). In der zweiten hingegen identifiziert man die Informationsentropie mit dem negativen Wert der Thermodynamischen Entropie und nennt sie Negenentropie (Brillouin)⁷².

Die scheinbare Aporie zwischen Entropiezunahme und Strukturbildung der Evolutionslehre und die Verwirrungen, die aus den beiden widersprüchlich erscheinenden Deutungen der Informati-

⁶⁹Vgl. Zucker J. Francis, *Information, Entropie, Komplementarität und Zeit*, in: *Offene Systeme I*, a.a.O., 35ff.

⁷⁰Vgl. z.B.: L. Brillouin, *Physical Entropy and Information II*, in: “Journal of Applied Physics”, 22 (1951), S. 338ff; *Science and Information Theory*, New York 1962.

⁷¹Vgl. J.M. Jauch, J.G. Baron, *Entropy, Information and Szilard's Paradox*, in: “Helvetica Physica Acta”, 45 (1972), S. 220ff. Vgl. auch: F.J. Zucker, *Information, Entropie, Komplementarität und Zeit*, in: *Offene Systeme I*, a.a.O., S. 35–81.

⁷²Vgl. F.J. Zucker, *Information, Entropie*, a.a.O., S. 35ff; M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 174ff.

on resultieren, löst Weizsäcker dadurch, dass er zwischen aktueller und potentieller Information unterscheidet⁷³.

Weizsäcker beschreibt die Evolution als Informationswachstum und zeigt wiederum, dass dieses Wachstum das überwiegend wahrscheinliche Phänomen ist⁷⁴. Sein Ausgangspunkt ist die Identität der Definitionen von Entropie und syntaktischer Information. „Die in der üblichen Sprechweise bestehende Unklarheit über das Vorziehen der Information lässt sich durch die zeitliche Deutung einfach lösen: Entropie ist potentielle Information, negative Entropie ist aktuelle Information“⁷⁵. Die potentielle Information ist zukunftsbezogen, die aktuelle hingegen bezieht sich auf faktisches Wissen, ist also gegenwarts- bzw. vergangenheitsbezogen⁷⁶. Weizsäcker zeigt weiter, dass Evolution als Wachstum einer geeignet definierten potentiellen Information erklärt werden kann, also in der Tat als Wachstum der Entropie⁷⁷. Die vielerörterte Schwierigkeit, Entropiewachstum und Evolution zu vereinbaren, erweist sich als bloße Folge unscharf definierter Begriffe. „Die generelle Deutung der Entropie als Mass der Unordnung ist nichts als eine sprachliche und logische Schlamperei“ — sagt Weizsäcker⁷⁸.

⁷³Vgl. C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 163–188; *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 204ff; M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 174.

⁷⁴Ebd., S. 164.

⁷⁵Ebd.

⁷⁶Vgl. M. Schüz, *Einheit des Wirklichen*, a.a.O., S. 174.

⁷⁷In einem Beitrag zu Information schreibt Weizsäcker: „Und wenn die Maszahl der Information, so wie ich vorhin gesprochen habe, ein Mass der Menge an Form ist, die in den betreffenden materiellen Gebilden enthalten ist, so ist also Evolution ein Anwachsen der Menge an Form, gemessen als ein Anwachsen der Information. [...] Die Gesetzmässigkeiten des Geschehens sind so, dass wir begrifflich machen können, dass eben die Herausbildung von immer komplizierteren Formen das Wahrscheinliche ist“ (C.F. von Weizsäcker, *Information und Imagination*, a.a.O., S. 24).

⁷⁸Ebd., S. 165.

6. ABSCHLIESSENDER RÜCKBLICK

Zu welchen Schlüssen führt nun Weizsäcker diese Überlegungen? Sehr verkürzt wären das:

1. Die Shannonsche Definition der Information als positive Entropie ist korrekt, „wenn man Information und Entropie als potentiell Wissen versteht“⁷⁹. Die Entropie als ein Mass „potentiellen Wissens“ entspricht der potentiellen Information als ein Mass dessen, was man wissen könnte, aber zur Zeit nicht weiss. Zugleich kann man die Entropie als ein Mass aktuellen Nichtwissens betrachten. Nach dem Eintritt eines Ereignisses bekommt man aktuelle Information, und mit diesem Wissen ist negative Entropie ausgedrückt⁸⁰. Viele Unklarheiten und Verwirrungen, die mit dem Informations- und Entropiebegriff verbunden sind, gehen also auf die mangelnde Unterscheidung zwischen faktischem und möglichem Wissen (zwischen der aktuellen und potentiellen Information) zurück⁸¹.

⁷⁹C.F. von Weizsäcker, *Aufbau der Physik*, a.a.O., S. 31; 165–167; 176–179.

⁸⁰Vgl. ebd., S. 164f.

⁸¹Dazu stellt C.F. von Weizsäcker folgende Konsistenzüberlegung an, indem er die Rolle der Zeit in den Entwicklungsgesetzen der Evolution und der Thermodynamik hervorhebt. Zum besseren Verständnis dieser Überlegung fügen wir ein längeres Zitat ein: „Der Zweite Hauptsatz folgt einerseits daraus, dass die Vergangenheit faktisch, die Zukunft offen (‘möglich’) ist. Dem entspricht, dass es Dokumente der Vergangenheit, aber nicht der Zukunft gibt. Dies muss nun umgekehrt auch aus dem Zweiten Hauptsatz folgen. Es folgt, wenn man bedenkt, dass dem Entropiewachstum ein Informationsverlust entspricht. Ein Dokument ist ein unwahrscheinliches Faktum, enthält also viel Information. Daraus folgt, wegen des fortschreitenden Informationsverlustes, viel Information über die Vergangenheit, aber wenig Information über die Zukunft. Diese Überlegung erscheint nun auf den ersten Blick problematisch, wenn der Zweite Hauptsatz in Wirklichkeit ein Wachstum der Information behauptet. Aber es handelt sich hier wieder nur um die Vorzeichenunklarheit, die durch die Verwechslung aktueller und potentieller Information entsteht. Die potentielle Information wächst, die aktuelle nimmt ab, und bei einem Dokument handelt es sich um aktuelle Information“ (C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 218–219).

2. Anhand seines „Kondensationsmodells“ demonstriert Weizsäcker, dass die aktuelle Information über den atomaren Mikrozustand in extrem gestaltarmen Zuständen, wie „lauter freie Atome“ oder „ein einziger Tropfen“ sehr gross ist, also die potentielle Information oder Entropie sehr gering. „Dieses qualitative Argument zeigt schon, dass gestaltreichere Zustände entropiereicher, also wahrscheinlicher sein müssen“⁸².

3. Die Faktizität bereits gewonnener Struktur der Evolution wie ihre Offenheit, ihre Möglichkeit für die Zukunft macht den Informationsbegriff zu einem **zeitlich** orientierten.

4. Demzufolge kann die Information der Erklärung aller Form- und Gestaltungsprozesse zugrunde gelegt werden. „Irreversibilität und Evolution sind zwei Grundphänomene der Natur“, und die zeitlich orientierten Begriffe „Entropie“ und „Information“ ermöglichen ihre quantitative Beschreibbarkeit⁸³.

5. Vom philosophischen Standpunkt aus gesehen ist die Information im Flusse der Erscheinungen das Wesen, das Beharrende (Eidos, Substanz im aristotelischen Sinne)⁸⁴.

6. Durch die Unterscheidung zwischen aktueller und potentieller Information gewinnt C.F.von Weizsäcker einen Nachweis, dass:

- unter Bedingungen der organischen und biologischen Evolution Entwicklung selbst schon Entropiezunahme bedeutet;
- Entropie und Gestaltbildung also gleich-, nicht entgegengerichtete zeitliche Tendenz besitzen;
- Evolution also Folge des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik ist;
- daher kein Paradox zwischen Evolution und Entropiewachstum der Thermodynamik besteht. Die Scheinbarkeit dieses Pa-

⁸²C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 211–216.

⁸³Ebd., S. 164.

⁸⁴Ebd., S. 568; 573; 576. Vgl. auch: J. Cimutta, *Philosophisches Nachdenken*, a.a.O., S. 111.

radoxes entstand auf Grund einer ungenauen Beschreibung der Entropie als Mass der Unordnung⁸⁵.

SUMMARY

HISTORICAL STRUCTURE OF TIME IN INFORMATION THEORY

Carl von Weizsäcker analyzes the information concept in the framework of his own time philosophy. He emphasizes, on the one hand, the irreversibility inherent in the time structure and, on the other hand, the dependence of information on temporal relations. In his view, information constitutes an abstract, albeit real, element of the world related to the form, structure, and order. Its quantitative and dynamical character assimilates it to matter and energy. Information does not exist outside material processes and human consciousness. Its dynamical aspect is strictly connected with communication, and evolutionary and entropic processes. In Weizsäcker's view, information becomes a philosophical concept. His approach hardly could be regarded as a full theory of time and information; it is rather an attempt at grasping their mutual dependencies and meaning.

STRESZCZENIE

HISORYCZNA STRUKTURA CZASU W TEORII INFORMACJI

C.F. von Weizsäcker analizuje pojęcie „informacji” w ramach swojej koncepcji czasu, podkreślającej z jednej strony nieodwracalność struk-

⁸⁵C.F. von Weizsäcker, *Evolution und Entropiewachstum*, a.a.O., S. 200–221; *Vorbereitete Diskussionsbemerkung*, in: *Informatik. Vorträge*, a.a.O., S. 504–510; *Die philosophische Interpretation der modernen Physik*, a.a.O., S. 7–39; Vgl. auch: H. Wehrt, *Über Irreversibilität, Naturprozesse und Zeitstruktur*, in: *Offene Systeme I*, a.a.O., S. 158ff.

tury czasu, a równocześnie zależność informacji od struktur i relacji czasowych. Proponuje również ujęcie informacji jako odrębnego składnika rzeczywistości, uniwersalnego względem materii i świadomości. Według Weizsäckera informacja to abstrakcyjny, choć realnie istniejący składnik rzeczywistości związany z formą, strukturą, porządkiem rzeczywistości. Ilościowy i dynamiczny aspekt informacji nadają jej charakter realnego składnika rzeczywistości w tym sensie, w jakim są nimi materia i energia. Informacja występuje w przyrodzie powszechnie, będąc niezbędnym elementem organizacji struktur i procesów przyrodniczych, ale nie istnieje odrębnie poza strukturami materialnymi, energetycznymi, czy też poza świadomością człowieka. Weizsäcker uznaje dynamizm informacji za jedną z jej podstawowych właściwości. Informacja, jako element dynamiczny, związana jest z procesem jej przekazywania i jako taka stanowi konieczny element procesów entropii i ewolucji. Podejście Weizsäckera wprowadza pojęcie informacji w krąg pojęć filozoficznych. Nie stanowi ono jednak dopracowanej terminologicznie i metodologicznie koncepcji informacji oraz koncepcji czasu, ale stanowi raczej próbę ukazania zależności tych dwóch fundamentalnych pojęć przyrodniczych w formie zestawu istniejących i znanych problemów związanych z czasowymi uwarunkowaniami informacji.