

SITZUNGSBERICHTE DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU LEIPZIG

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse
Band 119 · Heft 2

HEINZ PENZLIN

DIE ERSCHEINUNG DES LEBENDIGEN
IN UNSERER WELT



AKADEMIE-VERLAG BERLIN

1986

SITZUNGSBERICHTE DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU LEIPZIG

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

Band 112

- Heft 1 Prof. Dr. WALTER BREDNOW, Spiegel, Doppelspiegel und Spiegelungen — eine „wunderliche Symbolik“ Goethes 1975. 28 Seiten — 4 Abbildungen — 8° — M 3, —
- Heft 2 Prof. Dr. ARTHUR LÖSCHE, Über negative absolute Temperaturen. Eine Einführung 1976. 26 Seiten — 12 Abbildungen — 8° — M 4, —
- Heft 3 Prof. Dr. med. HERBERT JORDAN, Kurorttherapie: Prinzip und Probleme 1976. 31 Seiten — 10 Abbildungen — 1 Tabellen — 8° — M 4,50
- Heft 4 Prof. Dr. FRIEDRICH WOLF / Dr. PETER FRÖHLICH, Zur Druckabhängigkeit von Ionenaustauschreaktionen 1977. 13 Seiten — 6 Abbildungen — 1 Tabelle — 8° — M 2, —
- Heft 5 Prof. Dr. DIETRICH UHLMANN, Möglichkeiten und Grenzen einer Regenerierung geschädigter Ökosysteme 1977. 50 Seiten — 20 Abbildungen — 2 Tabelle — 8° — M 6,50
- Heft 6 Prof. Dr. ERICH RAMMLER, Zwei Jahrzehnte Entwicklung des Einsatzes der Energieträger Kohle und Erdöl im Weltmaßstab 1977. 29 Seiten — 6 Abbildungen — 2 Tabellen — 8° — M 4, —
- Heft 7 Prof. Dr. ULRICH FREIMUTH, Umweltprobleme in der Ernährung 1977. 32 Seiten — 3 Abbildungen — 4 Tabellen — 8° — M 4, —

Band 113

- Heft 1 Prof. Dr. ERICH LANGE, Allgemeingültige Veranschaulichung des II. Hauptsatzes 1978. 22 Seiten — 10 grafische Darstellungen — 8° — M 4, —
- Heft 2 Prof. Dr. HERBERT BECKERT, Bemerkungen zur Theorie der Stabilität 1977. 19 Seiten — 8° — M 2,50
- Heft 3 Prof. Dr. sc. KLAUS DÖRTER, Probleme und Erfahrungen bei der Entwicklung einer intensiven landwirtschaftlichen Produktion im Landschaftsschutzgebiet des Harzes 1978. 20 Seiten — 6 Abbildungen, davon 4 farbige auf 2 Tafeln — 2 Tabellen — 8° — M 7, —
- Heft 4 Prof. Dr. sc. med. HANS DRISCHEL, Elektromagnetische Felder und Lebewesen 1978. 31 Seiten — 14 Abbildungen — 2 Tabellen — 8° — M 5, —
- Heft 5 Prof. Dr. MANFRED GERSCH, Wachstum und Wachstumsregulatoren der Krebse. Biologische Erkenntnisse und generelle Erwägungen 1979. 32 Seiten — 13 Abbildungen — 1 Tabelle — 8° — M 6, —
- Heft 6 Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH WOLF / Dr. rer. nat. URSULA KOCH, Über den Einfluß der chemischen Struktur von Dispersionsfarbstoffen auf deren Dispersionsstabilität 1979. 18 Seiten — 3 Abbildungen — 10 Tabellen — 8° — M 3,50
- Heft 7 Prof. Dr. rer. nat. FRIEDRICH WOLF / Dr. rer. nat. WOLFGANG HEYER, Zur Sorption an Tetracalciumaluminathydroxysalzen 1980. 12 Seiten — 5 Abbildungen — 4 Tabellen — 8° — M 2, —

Band 114

- Heft 1 Prof. Dr. HASSO ESSBACH, Morphologisches zur orthologischen und pathologischen Differenzierung und zum Anpassungs- und Abwehrvermögen der menschlichen Placenta 1980. 19 Seiten — 12 Abbildungen — 8° — M 4, —
- Heft 2 Prof. Dr. med. WERNER RIES, Risikofaktoren des Alterns aus klinischer Sicht 1980. 19 Seiten — 9 Abbildungen, davon 1 Abbildung auf Tafel — 8° — M 4, —
- Heft 3 Prof. Dr. OTT-HEINRICH KELLER, Anschaulichkeit und Eleganz beim Alexanderschen Dualitätssatz 1980. 19 Seiten — 8° — M 4, —
- Heft 4 Prof. Dr. rer. nat. BENNO PATHIER, Die cytologische Symbiose am Beispiel der Biogenese von Zellorganellen 1981. 29 Seiten — 16 Abbildungen — 2 Tabellen — 8° — M 6, —
- Heft 5 Prof. Dr. F. WOLF / Dr. S. ECKERT / Dr. M. WEISE / Dr. S. LINDAU, Untersuchungen zur Synthese und Anwendung bipolarer Ionenaustauschharze 1980. 12 Seiten — 6 Tabellen — 8° — M 2, —
- Heft 6 Prof. Dr. med. HERBERT JORDAN, Balneoklimatologie — Eine Zielstellung im Mensch-Umwelt-Konzept 1981. 25 Seiten — 8 Abbildungen — 1 Tabelle — 8° — M 4, —

SITZUNGSBERICHTE DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU LEIPZIG

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse
Band 119 Heft 2

HEINZ PENZLIN

DIE ERSCHEINUNG DES LEBENDIGEN
IN UNSERER WELT

Mit 10 Abbildungen und 3 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG BERLIN

1986

Vorgelegt in der Sitzung am 8. Februar 1985
Manuskript eingereicht am 26. April 1985
Druckfertig erklärt am 30. September 1986

ISBN 3-05-500097-8
ISSN 0371-327X

Erschienen im Akademie-Verlag Berlin, DDR - 1086 Berlin, Leipziger Straße 3—4
© Akademie-Verlag Berlin 1986
Lizenznummer: 202 · 100/242/86
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 7400 Altenburg
LSV 1305
Bestellnummer: 763 615 3 (2027/119/2)

01200

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Systemcharakter des Lebendigen	9
3. Die Zelle als „Elementarorganismus“	18
4. Dynamik des Lebendigen	23
5. Ordnung des Lebendigen.	32
6. Dissipative und konservative Strukturen	39
7. Entropie und Information	53
8. Zweckmäßigkeit im Lebendigen.	60
9. Physik und Biologie	68
10. Schluß	77
11. Literatur .	81

1. Einleitung

Das Universum mit seinen geschätzten 10^{11} Galaxien, wovon jede wiederum aus ungefähr 10^{11} Sternen bestehend zu denken ist, übersteigt in seiner Unermeßlichkeit unser beschränktes Vorstellungsvermögen. Das von uns „bewohnte“ Milchstraßensystem zeichnet sich in diesem Universum durch keine Besonderheit aus. Dasselbe gilt für „unser“ Sonnensystem, in dem die Erde ein Planet unter mehreren ist. Und doch ist dieses winzige „Stäubchen“ im Universum, das wir „Erde“ nennen und auf dem wir leben, durch eine Kette von Zufälligkeiten und günstigen Umständen zur Wiege des Wunderbarsten, was wir kennen, geworden: des Menschen, eines Wesens, das über seine eigene, vergängliche Existenz zu reflektieren begann. „Zwei Dinge“, schrieb Immanuel KANT [1] in seiner „Kritik der praktischen Vernunft“, „erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht, je öfter und anhaltender sich das Nachdenken damit beschäftigt: Der bestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir“. Und Karl POPPER fügt hinzu: „Das erste macht unsere Bedeutung zunichte: Es läßt die Bedeutung des Menschen als Teil des physikalischen Universums zu einem Nichts zusammenschrumpfen. Das zweite erhebt dagegen unseren Wert als intelligente und verantwortliche Wesen ins Unermeßliche“ [2].

Wir wissen nicht, ob es irgendwo im Universum nochmals die Erscheinung des Lebendigen, wie wir sie von der Erde kennen, gibt oder gegeben hat, mit Sicherheit in unserem Sonnensystem nicht. Die außerordentlich große Zahl von Himmelskörpern im Universum läßt allerdings die Wahrscheinlichkeit dafür deutlich von Null abweichen, daß das außerordentlich seltene Ereignis der Entwicklung erdähnlicher Verhältnisse auf einem anderen Himmelskörper und damit der Voraussetzungen für die Entstehung von Leben insgesamt in Vergangenheit und Gegenwart viele Male eingetreten sein könnte oder auch noch in Zukunft eintreten wird. So könnte die Chance für die Entwicklung von „intelligenten“ Wesen immer einmal gegeben gewesen sein. Aber selbst, wenn es eine Million solcher Himmelskörper passender Masse in dem richtigen Abstand von einer energiespendenden Sonne, die nicht zu massenreich, da sonst ihre Lebensdauer für die Entstehung von Lebendigem nicht ausreichen, aber auch nicht zu klein sein dürfte, da sonst der Spielraum für den erforderlichen Abstand

zum Planeten zu schmal werden würde, in unserer Galaxie gäbe, selbst dann würde die mittlere Entfernung zwischen diesen Himmelskörpern, auf denen Ozeane aus einer verdünnten organischen Suppe das Substrat für die Entstehung des Lebendigen geliefert haben, immer noch einige hundert Millionen Lichtjahre betragen [3]. Seit 1974 werden von dem zweitgrößten, fest installierten Radioteleskop in Arecibo auf Puerto Rico Signale in den Weltraum zum Kugelsternhaufen M 13 im Sternbild des Herkules gesandt. Dieser Sternhaufen enthält mindestens 300000 Sterne, die zum Teil Planeten besitzen dürften. Er ist 25000 Lichtjahre von uns entfernt. Mit einer „Antwort“ intelligenter Wesen wäre also frühestens in 50000 Jahren zu rechnen. Wir werden uns auch in Zukunft damit abfinden müssen, als Geschöpfe unseres kleinen Planeten in grenzenloser Einsamkeit im unermeßlichen Universum zu leben. Umso mehr sollten wir Menschen, die wir als einzige Lebewesen die Fähigkeit besitzen, über uns selbst und den Sinn dieser Welt nachzudenken, Fragen zu stellen und Wege zu ihrer Beantwortung zu suchen, Pläne zu schmieden und in die Tat umzusetzen, uns dieser, unserer „Mutter Erde“ zuwenden und sie in ihrer vielfältigen Schönheit und Bewohnbarkeit bewahren und fördern.

Heute kennen wir etwa 1,2 Millionen Tierarten auf unserer Erde, darunter allein 850000 verschiedene Insektenarten. Die bekannten Pflanzenarten belaufen sich auf „nur“ etwa 400000. Die „Bestandsaufnahme“ der faszinierenden Vielfalt des Lebens auf unserem Planeten kann bei weitem noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden und wird auch nie abgeschlossen sein. Die tatsächliche Vielfalt ist beträchtlich höher als die jetzt bekannte Artenzahl. Die Schätzungen der Experten gehen sehr weit auseinander. Es werden Zahlen zwischen 3 und 10 Millionen Arten genannt [4], die unsere Erde gegenwärtig besiedeln, darunter mehr als die Hälfte im tropischen Regenwald. Beziehen wir alle Arten ein, die jemals auf der Erde existierten, so gehört wiederum nur ein winziger Bruchteil zu „unseren Zeitgenossen“, der weitaus größere Teil ist im Strom der Evolution bereits wieder verschwunden. Viele Tier- und Pflanzenformen der Gegenwart werden den Schauplatz des Geschehens infolge der durch den Menschen verursachten Zerstörung der Natur auch schon wieder unwiderfürlich verlassen haben, bevor der Mensch ihre Existenz registriert hat. Entsprechend den „Red Data Books“, die von der „International Union for Conservation of Nature und Natural Resources“ (INCN) herausgegeben werden, sind gegenwärtig 1000 Vogel- und Säugetierarten vom Aussterben bedroht. Es wird weiterhin geschätzt, daß 10 Prozent der Blütenpflanzen ebenfalls vom Aussterben bedroht bzw. gefährlich selten geworden sind [4]. Eine andere Schätzung sagt aus, daß gegenwärtig pro Tag fünf Arten von unserem Globus verschwinden.

Die erkaltete Oberfläche unserer Erde wird in nahezu allen ihren Teilen von Lebewesen bewohnt. Leben tritt uns auf den Gletschern der Hochgebirge und

den polnahen Gewässern bei ständigen Temperaturen um oder unter dem Gefrierpunkt ebenso entgegen wie in Thermalquellen von mehr als 50°C oder in den Wüsten unseres Globus. Leben gibt es in den tiefsten Gräben der Ozeane in 11 000 Metern Tiefe bei ständiger Finsternis und einem Druck von ca. 10^8 Pa ebenso wie in den Salzseen der USA oder Argentiniens bei Salzkonzentrationen von 222 bzw. 360% . Ziehende Wildgänse erheben sich bis zu Höhen von 9 500 m. Noch in 10 000 m Höhe hat man pflanzliche Sporen schwebend angetroffen. Im Boden unter einer Fläche von 1 m^2 leben neben vielen anderen Organismen allein etwa $2,7 \cdot 10^{12}$ Bakterien, das ist das 750fache der Erdbevölkerung (1970: $3,6 \cdot 10^9$ [5]). Sieht man von den Inlandeismüden des antarktischen Kontinents, Grönlands und einiger anderer hocharktischer Gebiete sowie von den höchsten Teilen der Gebirge und den Trockenwüsten ab, so ist das Festland unserer Erde zum größten Teil von einer geschlossenen grünen Pflanzendecke überzogen, so daß wir unsere Erde, der die Weltraumflieger den Namen „blauer“ Planet verliehen haben, auch als „grünen“ Planeten bezeichnen können.

Die Biosphäre, d. h. der Raum, in dem man Leben antrifft, umfaßt die gesamte Hydrosphäre, die oberen Schichten der Lithosphäre sowie die unteren Schichten der Troposphäre unserer Erde. In der Tiefe der Lithosphäre wird die steigende Temperatur, in der Höhe der Atmosphäre das Fehlen der die kurzwelligen Strahlen abschirmenden Ozonschicht zum lebensbegrenzenden Faktor. Die Biomasse der Biosphäre beträgt etwa $1800 \cdot 10^9$ t. Davon macht die autotrophe Phytomasse ca. 99% aus, den Rest bilden die heterotrophen Pflanzen, auf die in sich so stark differenzierten tierischen Organismen entfallen nur etwas mehr als 0,1%. Die gesamte Nettoprimärproduktion der Biosphäre beläuft sich auf $170 \cdot 10^9$ t \cdot a $^{-1}$. Im Vergleich dazu ist die Weltrohstahlproduktion (1969) mit insgesamt $5,7 \cdot 10^8$ t \cdot a $^{-1}$ [6] klein.

Das größte rezente Tier — ebenfalls vom Aussterben bedroht — ist der Blauwal (*Balaenoptera musculus*) mit bis zu 30 m Länge und einem Gewicht von 10^8 g. Das kleinste Lebewesen wiegt weniger als 10^{-13} g. Es sind Vertreter der Mykoplasma-Gruppe, die in einem künstlichen Medium zu leben und sich fortpflanzen vermögen. Zwischen den Massen dieser beiden Lebewesen liegen 21 Größenordnungen. Die Mammutbäume (*Sequoia gigantea*) in der Sierra Nevada haben ein Alter von 4 000 bis 5 000 Jahren erreicht, das sind $1,5 \cdot 10^{11}$ s. Die Generationsdauer eines Bakteriums beträgt unter günstigen Bedingungen $1,2 \cdot 10^3$ s. Wieder sind es acht Zehnerpotenzen, die zwischen beiden Extremen liegen.

Ist es angesichts dieser bunten Vielfalt von Formen und Größen überhaupt möglich, auf alle Lebewesen gleichermaßen zutreffende Aussagen zu machen, Kriterien zu finden, durch die sich alle Lebewesen prinzipiell von allen anorganischen Gegenständen unterscheiden, seien letztere auf natürliche Weise entstanden oder durch Menschenhand und -geist hergestellt?

Es ist nicht meine Absicht, den „Definitionen des Lebens“, die in der Vergangenheit bis in die Gegenwart hinein von Naturwissenschaftlern und Philosophen in so großer Zahl von verschiedenen Standpunkten aus mehr oder weniger absolut formuliert worden sind, eine weitere — wer weiß wievielte? — hinzuzufügen. Die Definition des Lebendigen bleibt auch für uns noch, wie Francis CRICK einmal sagte [7] „notoriously difficult“. Meine Absicht ist es vielmehr, einige mir wichtig erscheinende, generelle Aspekte der Erscheinung des Lebendigen in unserer Welt aus der Sicht des Biologen zu beleuchten.

Die bereits 1907 von Max VERWORN hinsichtlich der Bedeutung der sogenannten „Definition des Lebens“ gemachten Bemerkungen haben bis heute ihre Gültigkeit behalten. Er schrieb: „Es hat nicht an Definitionen gefehlt, die kurz und knapp mit wenigen Worten das Wesen des Lebens charakterisiert zu haben glaubten ... Aber so wenig auch ein moderner Naturforscher die Wahrheiten, die alle diese Definitionen zum Ausdruck bringen, beanstanden wird, so wenig wird er doch in ihnen eine eindeutige Charakterisierung des Lebensvorganges erkennen. Wir wollen vorläufig überhaupt keine knappe Definition. Die findet sich später von selbst. Wir wollen vielmehr den Lebensvorgang, wie er sich uns in den Lebensäußerungen darstellt, bis in seine letzten Tiefen ergründen“ [8]. Wenn wir heute noch keine, allen Ansprüchen genügende Definition geben können, so ist das völlig verständlich. Eine solche Definition kann nicht am Anfang der biologischen Forschung stehen — und wir stehen noch am Anfang — und schon gar nicht zur Rechtfertigung einer Wissenschaftsdisziplin Biologie dienen. Sie ist ja erst ein Ziel der Forschung. Mit gewissem Recht schrieb Matthias Jacob SCHLEIDEN in seinem Buch „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“ (1861): „Nichts ist geist- oder gehaltloser als der Beginn einer wissenschaftlichen Disziplin mit einer sauberen Definition der Wissenschaft und ihres Gegenstandes“ [9]. Es trifft nicht zu, wenn der Berliner Philosoph Uwe KÖRNER schreibt: „Problem und Schwierigkeit der Lebensdefinition sind ... heute nicht mehr primär durch Zuwachs empirischer Kenntnisse, sondern in erster Linie durch eine bestimmte Entwicklung des Denkansatzes aufzulösen“ [10].

Für die biologische Forschung und den wissenschaftlichen Fortschritt in der Biologie ist eine saubere Definition des Lebendigen gegenwärtig nicht essentiell. Die enormen Fortschritte in der Biologie, wie sie in den letzten hundert Jahren erzielt worden sind, sind ohne eine solche Definition zustande gekommen, und so wird es auch noch eine Zeitlang bleiben. Es ist nicht so, daß „die Definition des Lebensbegriffes ... bedeutsam für die Theorienbildung und den Fortschritt experimenteller Forschung“ ist, wie Uwe KÖRNER meinte [10]. „Das Problem des Lebens“, schrieb Ludwig WITTGENSTEIN in seinem einzigen Werk, das noch zu seinen Lebzeiten erschienen ist, „merkt man am Verschwinden dieses Problems“ [11].

Karl POPPER versucht generell „Was ist“-Fragen so weit wie möglich zu vermeiden. Ganz kann man mit Sicherheit nicht darauf verzichten, und POPPER tut es selbstverständlich auch nicht. Eine saubere Begriffsbestimmung gehört zu jeder wissenschaftlichen Arbeit. In einem Gespräch mit dem Neurophysiologen John C. ECCLES meinte POPPER einmal hinsichtlich des Lebensproblems: „Was ist-Fragen sind immer in Gefahr zu einem Verbalismus zu degenerieren — zur Diskussion über die Bedeutung von Worten oder Begriffen oder zur Diskussion über Definitionen“ [12]. „Sie sind ... gewöhnlich nicht besonders wichtig und eigentlich keine guten Fragen. Sie sind von einer Form, die keine wirklich erhellenden Antworten darauf zuläßt. So kann man auf die Frage, was Leben ist, die unbefriedigende Antwort geben, Leben sei ein chemischer Prozeß. Die Antwort ist unbefriedigend, weil es Unmengen chemischer Prozesse gibt, die nichts mit Lebensvorgängen zu tun haben. Es *kann* uns sehr wohl interessieren, wenn gesagt wird, daß Leben ein chemischer Prozeß ist; aber hauptsächlich deswegen, weil es uns zu interessanten Bildern anregt. Wenn wir sagen, das Leben habe eine gewisse Ähnlichkeit mit den chemischen Prozessen einer Flamme, es stelle eine Art offenes System dar wie eine Kerzen-Flamme, dann kann das tatsächlich ein eindrucksvolles Bild sein, aber von besonderem Wert ist es nicht“ [13].

2. Systemcharakter des Lebendigen

Die erste Feststellung, die wir machen müssen, ist die, daß wir das „Leben“ in seiner Vielfalt nur in Form lebendiger Wesenheiten, der „Lebe-Wesen“ antreffen. Es gibt kein vom Lebewesen unabhängiges Leben. Es gibt also auch keinen selbständigen Forschungsgegenstand „Leben“. Die Biologie ist nicht, wie man oft in direkter Übersetzung des Wortes sagt, die „Wissenschaft vom Leben“, sondern die Wissenschaft von den lebendigen Naturgegenständen in ihrem Werden und ihrem Sein sowie in ihren vielfältigen Beziehungen untereinander und zur unbelebten Natur. NACHTIGALL hat durchaus recht, wenn er sagt: „Der Begriff ‚Leben‘ ist ein metaphysischer Begriff“ [14].

Diese Feststellung ist keineswegs — wie es manchem auf den ersten Blick scheinen möchte — trivial, sondern impliziert bereits einen Standpunkt in der Auseinandersetzung mit dem Lebensproblem. Entgegen dieser Position glaubte und glaubt man in verschiedenen Kulturkreisen an ein auch außerhalb der Lebewesen existierendes lebendiges Etwas. Mit dem Tode solle dieses Etwas, nennen wir es „Seele“, den Körper als Hauch aus dem Munde oder aus einer Wunde verlassen und ein mehr oder weniger selbständiges und unabhängiges Leben führen können. Durch Einnistung dieser „Seelen“ in Gegenstände sollen umgekehrt diese erst zum Leben erweckt werden. Als Beispiel sei an die Seelen-