



---

*Werner Ebeling (MLS) und Rainer Feistel (MLS)*

## **Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft und Strategien zur Gestaltung der Zukunft**

Beitrag zur Konferenz „Die Welt des Menschen: Unbestimmtheit als Herausforderung. Zum 90. Geburtstag von Hermann Haken und dem 100. Geburtstag von Ilya Prigogine“,  
Moskau 21. Nov. 2017

*Veröffentlicht: 07.06.2017*

---

### **1. Selbstorganisation und ihre Rolle in Natur und Gesellschaft**

Die mit Selbstorganisation und der neuen Wissenschaftsdisziplin Synergetik verknüpften Ideen haben im letzten halben Jahrhundert unser Weltbild verändert. Das trifft besonders auf Europa zu und speziell die osteuropäischen Gesellschaften, wie die inzwischen nicht mehr existierenden Staaten Sowjetunion und Deutsche Demokratische Republik (DDR). Die Gesellschaften und die Wissenschaft in der amerikanischen Hemisphäre wurden deutlich weniger durch Ideen der Selbstorganisation und Synergetik beeinflusst; hier stand das Konzept „Chaos“ im Vordergrund (Gleick 1988; Krohn und Küppers 1990). Die Bezüge zu den Konzepten „Selbstorganisation“ und „Synergetik“ und den Entwicklungen in Osteuropa wurden sogar teilweise ignoriert. Wir differenzieren hier noch zwischen den osteuropäischen und westeuropäischen Gesellschaften, die geographische Grenze liegt etwa um den 12. Längengrad herum. Damit widersprechen wir ausdrücklich der kurzfristigen politischen Sicht, wonach nur die heutigen Regierungen die Kultur einer Gesellschaft bestimmen. Aus unserer Sicht ist es notwendig, die Historie der letzten 100 oder sogar 1000 Jahre einzubeziehen, um die Rezeption von Ideen und ihre Weiterentwicklung durch Gesellschaften zu verstehen. Ausdrücklich ist dieser Aspekt auch für eine Diskussion von Strategien zur Gestaltung der Zukunft relevant.

Wir verweisen in diesem Zusammenhang auch auf eine interessante Diskussion in der Leibniz-Sozietät zum Europa-Begriff (Dill 2017, Laitko 2017) und erlauben uns ein Zitat dazu: „Damit wird unter einer übergreifenden Perspektive sichtbar, in wie hohem Grade das gegenwärtige Verhältnis Europas zur übrigen Welt historisch präformiert und konditioniert ist, zum Teil durch Jahrhunderte zurückliegende Entwicklungen. Ein zukunftsfähiges Europabewusstsein sollte, statt diese Vorgeschichte glättend zu verharmlosen, ihrer in ihrer ganzen Widersprüchlichkeit eingedenk sein“ (Laitko 2017). Weiter ist auf neuere Studien über die Entwicklung der Weltanschauung und besonders der Dialektik und des Marxismus (Hörz 2009, 2016) und die Rolle der Arbeit im historischen Kontext (Komlosy 2015) zu verweisen. Nach Komlosy ist das Jahr 1250 unserer Zeitrechnung das „Jahr Null“ der modernen gesellschaftlichen Wirtschafts- und Arbeitsverhältnisse, insofern als zu jener Zeit das für Europa neue, vielversprechende Phänomen der modernen Stadtgründung auftrat. Die „Stadt“ übertrifft laut Komlosy alle vorhergehenden Agglomerationen Europas samt deren fernöstlichen und orientalischen Vorgängern an der „Seidenstraße“ durch ihre maximalen ökonomischen Effekte, vor allem dank des in der Stadt großen disponiblen Arbeitskräftepotentials und dank definitiver räumlicher Trennung von Arbeitsplatz und Haushalt. Erst die Ausbildung der Städte garantierte sowohl große Arbeitsteiligkeit wie auch eine große Palette von Produkten und Absatz. In diesem Sinne fangen erst in den Städten Selbstorganisationsprozesse an, eine größere gesellschaftliche Rolle zu spielen.

Warum die Ideen der Selbstorganisation und Synergetik in den letzten 50 Jahren in Osteuropa eine so große Resonanz fanden und eine so stürmische Entwicklung auslösten, hat wissenschaftliche Gründe, und auch eine starke soziale und politische Komponente. In wissenschaftlicher Hinsicht fie-

len die Ideen aus der Theorie der Selbstorganisation und besonders die zusammenfassende Sicht der Synergetik in Osteuropa auf einen sehr fruchtbaren Boden. Eine große Rolle spielte dabei, dass es in Russland seit L. I. Mandelstam und A. Andronov eine große Tradition der nichtlinearen Dynamik gab, die den Boden vorbereitet hatte. Um die soziale und politische Komponente zu verstehen, muss erinnert werden, dass es Ende der 50er und Anfang der 60er Jahre nach der Aufdeckung der Repressionen in der Stalinschen Ära eine in der Bevölkerung weit verbreitete Hoffnung auf einen Neuanfang in der Sowjetunion und den sozialistischen Staaten in Osteuropa gab. Diese Hoffnungen wurden in den weiteren Entwicklungen enttäuscht, als sich konservative Regime wie Rauhreif über Osteuropa legten. Besonders in den Kreisen der russischen „Intelligenzia“ wurden diese Fragen heiß diskutiert. In dieser gesellschaftlichen Grundstimmung mit dem Wunsche nach Veränderungen fanden die Ideen der Selbstorganisation eine sehr positive Aufnahme. Das war die soziale und politische Grundlage für die Rezeption der neuen Ideen. Als Beispiele nennen wir einen Vortrag des Nobelpreisträgers Ilya Prigogine in Moskau 1971, den einer der Verfasser gemeinsam mit einem der russischen Pioniere dieses Gebietes, Yuri L. Klimontovich, gehört und anschließend mit beiden diskutiert hat. Weitere Beispiele sind die Publikationen von Gregoire Nicolis und Ilya Prigogine und die Bücher von Hermann Haken zur Synergetik, sowie eine Dekade darauf auch verschiedene Vorträge von Hermann Haken in Russland, u.a. auf der Konferenz über selbsterregte Wellen 1983 in Pushtchino bei Moskau. Alle neuen Werke von Prigogine, Eigen, Haken und anderen Autoren zum Thema wurden sofort in die russische Sprache übersetzt, erschienen in sehr hohen Auflagen und wurden besonders von den Vertretern der jüngeren Generation leidenschaftlich diskutiert. Nach dem Zusammenbruch des Sowjetsystems glaubten manche Mitglieder der „Intelligenzia“ sogar, die Synergetik wäre nun eine neue „Heilslehre“. Ähnliche Diskussionen gab es auch in den anderen sozialistischen Staaten und besonders vor und nach der sogenannten „Wende“ in der DDR (Feistel und Ebeling, 2011, Wessel et al. 2012, Gebhardt 2012). Aus den 1970er und 1980er Jahren blieben die Vorträge von Prigogine, Eigen und Haken vor der Gesellschaft der Naturforscher Leopoldina in Halle, stets vor überfüllten Sälen, in lebhafter Erinnerung.

Für die Theorie der Selbstorganisation hat der Stuttgarter Forscher Hermann Haken den Namen „Synergetik“ geprägt (Haken, 1981, 1988; Haken-Krell, 1989, 1992). Die Synergetik stellt sich die Aufgabe, die Bedingungen für Prozesse der Selbstorganisation und die dabei entstehenden Strukturen zu erforschen. Ausgehend von den grundlegenden Arbeiten von Poincare, Schrödinger, Turing, Prigogine, Eigen, Haken u.a. sind dazu in den letzten beiden Dekaden viele wertvolle Resultate erarbeitet worden, die wesentlich zum Verständnis der Prozesse der Selbstorganisation und auch zur Aufklärung ihrer Rolle bei der Bildung komplexer Strukturen beigetragen haben. Das Konzept der Selbstorganisation spielt heute eine große Rolle für das Verständnis der Komplexität unserer Welt. Es bietet auch ein Instrumentarium für eine Analyse ihrer Dynamik und ihrer möglichen Zukunft. In den letzten Jahren verstärkt sich die wissenschaftliche Einsicht, dass die komplizierte ökologisch-ökonomische und soziokulturelle Welt, in die der Mensch einbezogen ist, nur als ein komplexes dynamisches System verstanden werden kann (Dosi et al. 1988, Klix 1992, Erpenbeck 1993, Kauffman 1993). In diesem System spielen Phänomene der Selbstorganisation eine zentrale Rolle. Aus diesem Grunde wird die Theorie der Selbstorganisation bzw. die Synergetik auch zur Untersuchung und Modellierung möglicher und realisierbarer Zukünfte unseres Planeten eingesetzt. Diese Wissenschaftsgebiete stellen dafür eine Reihe von Methoden zur Verfügung, die für die Erforschung hoch komplexer Systeme geeignet sind (Ebeling und Scharnhorst 2014).

## 2. Prinzipien der Selbstorganisation und Evolution

Was verstehen wir hier aus naturwissenschaftlicher Sicht unter *Selbstorganisation*? Früheren Arbeiten folgend (Ebeling und Feistel 1982, 1986) verstehen wir darunter ein Gegenstück zu den normalen Prozessen, die eine Tendenz zur Entwertung von Energie, bzw. zur Vergrößerung von Unordnung zeigen. Ein normaler Prozess ist in diesem Sinne das spontane Auseinanderfließen von Sanddünen und von Meereswellen am Strand. Fremdorganisation liegt vor, wenn Urlauber aus dem Sand Wälle

und Burgen bauen oder mit Wasser spritzen. Von Selbstorganisation sprechen wir dann, wenn sich der Sand, angetrieben von Wind und Wasser „von allein“, d.h. ohne das Vorliegen einer Absicht oder eines Planes, zu Sanddünen, Rippen und anderen Mustern ordnet und wenn die Oberfläche der See hohe Wellen und Brecher formt. Für fast alle Menschen sind diese vielfältigen, sich nie wiederholenden Muster von großem Reiz. Sie beruhigen, regen die Phantasie an, fordern Kreativität heraus. Selbstorganisation finden wir nicht nur am Meeresstrand, sondern auch in vielen anderen Bereichen der Natur (Prigogine 1979; Prigogine und Stengers 1981, 1993; Feistel und Ebeling 1989, 2011).

Selbstorganisation erfolgt nicht immer und überall, sie erfordert spezielle Bedingungen (Ebeling, 1976; 1989; Prigogine, 1981; Nicolis und Prigogine, 1987). In unserem Beispiel der Selbstorganisation von Sand oder Meereswellen zu Mustern gehört dazu, dass ein starker Wind bläst. Wind und Wellengang liefern die Energie für die Ausprägung der Muster. Weht kein Wind und ist die See ruhig, so passiert nichts.

Das Geheimnis der Selbstorganisation besteht darin, dass die Sandmuster, die wir auf den Dünen und im flachen Wasser beobachten, sowie die Strukturen der Meeresoberfläche nicht durch Strukturen im Wind vorgeprägt sind. Letzterer dient nur als Energielieferant. Die konkrete Form der Muster ist weder in der Form und Struktur der Wasser-, Luft- oder Sandmoleküle enthalten, noch in der Form und Symmetrie der hydrodynamischen Gleichungen, welche die Dynamik der Bewegungen bestimmen. Obwohl man in bestimmten Fällen diese Muster sogar vorherberechnen kann, so sind sie doch in keinem Fall trivial vorbestimmt, sie brechen häufig sogar die ursprünglichen Symmetrien.

Im allgemeinen Fall kann man lediglich sagen: Selbstorganisation erfordert als notwendige Bedingung die Existenz eines überkritischen Abstandes vom thermodynamischen Gleichgewicht und die Zuführung hochwertiger Energie. Dem System muss wertvolle Energie zugeführt und wertlose Energie entzogen werden. Wertvoll im Sinne der Physik sind mechanische und elektrische Energie sowie Wärme hoher Temperatur, wertlos ist in diesem Sinne Wärme, welche die Umgebungstemperatur hat. Als quantitatives Maß für den Wert von Energie (bzw. auch für den Grad von Unordnung) benutzen die Physiker seit Clausius den Begriff Entropie (Ebeling 2016). Aus diesem Grunde kann man auch sagen, dass die Einfuhr von wertvoller Energie und die Ausfuhr wertloser Energie einem Entropieexport entsprechen. Hinreichend für Selbstorganisation ist diese Bedingung allerdings nicht. Es ist schwer, den Begriff der Selbstorganisation scharf zu fassen. Wir werden hier einen Prozess als Selbstorganisation bezeichnen, der weitab vom thermodynamischen Gleichgewicht ablaufend, unter der Bedingung von Entropieexport (Zufuhr wertvoller Energie) zu einer vergleichsweise höheren molekularen Ordnung führt. Ein Beispiel dafür wurde einleitend diskutiert, ein anderes berühmtes Beispiel ist die sogenannte Belousov-Zhabotinsky-Reaktion. Das ist eine komplizierte chemische Reaktion unter Teilnahme von Cerium-Ionen, Brom-Ionen und Malonsäure, die nach Zufuhr von weiteren Chemikalien sowohl räumliche als auch zeitliche Strukturen spontan ausbilden kann.

Von besonderem Wert ist in diesem Zusammenhang, dass die Theorie der Selbstorganisation zu einer Theorie der Evolutionsprozesse weitergeführt werden kann (Ebeling et al. 1990). Mit der Theorie der Selbstorganisation begibt sich die Physik aus ihrem relativ abstrakten Gebäude heraus in die bunte Vielfalt einer sich entwickelnden Welt und vollzieht damit auf einer strengeren Ebene einen Schritt, den andere Wissenschaften schon früher gegangen sind. Einige der wichtigsten Prinzipien wollen wir im Folgenden verbal darstellen (Ebeling und Feistel 1992, 1994):

1) Prinzip vom Entropieexport (Pump-Prinzip):

Entropie ist ein Maßstab für den Wert der im System enthaltenen Energie und gleichzeitig ein Maß für die Unordnung. Selbstorganisation ist nur möglich, wenn das System Entropie exportieren kann. Das gelingt nur, wenn ihm hochwertige Energie (Wärme hoher Temperatur, Elektrizität, mechanische Arbeit) zugeführt und geringwertige Energie (Wärme geringer Temperatur, chemische Bindungsenergie) entzogen wird.

2) Prinzip der Energietransformation:

Der Aufbau geordneter Strukturen erfordert hochwertige Energieformen. Ein Teil der zugeführten Energie wird im Innern in eine spezifische Form umgesetzt (Strömungsenergie, Konzentrationsdifferenzen, Spannungen usw. und ist mit kohärenten Bewegungsformen verknüpft.

- 3) Prinzip der überkritischen Distanz:  
Selbstorganisation erfordert einen größeren Abstand des Systems vom Gleichgewicht. Gleichgewichtsferne heißt, dass der Abstand gewisse kritische Werte überschreitet. Selbstorganisation ist mit diskreten Übergängen und qualitativen Änderungen verknüpft.
- 4) Prinzip der Nichtlinearität und Rückkopplung:  
Selbstorganisation erfordert eine nichtlineare Dynamik des Systems, die nichtlinearen Gleichungen entspricht. In der Regel sind Nichtlinearitäten durch Rückkopplungseffekte bedingt.
- 5) Prinzip der Verstärkung:  
Wenn ein System von einer Struktur zu einer anderen übergeht, treten im Übergangsbereich starke Schwankungen auf. Beim Übergang werden bestimmte Moden der Fluktuationen verstärkt, die die Keime der neuen Strukturen darstellen.
- 6) Prinzip der inneren Bedingtheit:  
Nicht die Randbedingungen sind für die Selbstorganisation von primärer Bedeutung, sondern die Dynamik und die inneren Faktoren.
- 7) Prinzip der Symmetriebrechung:  
Die Bildung von Strukturen ist in der Regel mit der Brechung einer Symmetrie verbunden. Die neuen Strukturen weisen meist eine geringere Symmetrie auf als die Gesetze, auf deren Grundlage sie zustande kommen.
- 8) Prinzip der Ordnungsparameter (Haken-Prinzip):  
Meistens gibt es spezielle Bewegungs-Moden, die alle Teilbewegungen koordinieren. Die Aktion der mikroskopischen Teilsysteme (Moleküle, Lichtwellen usw.) wird durch diese sogenannten Ordnungsparameter reguliert.
- 9) Prinzip der Stabilität gegenüber Störungen:  
Setzt man selbstorganisierte Systeme äußeren Störungen aus, so erweisen sie sich als relativ stabil gegenüber kleinen Störungen. Große Störungen sind eine Gefahr für das System; sie können zum Zusammenbruch der Struktur führen.
- 10) Prinzip der Phasenübergänge:  
Prozesse der Selbstorganisation bestehen häufig aus kinetischen Übergängen, die mit steigender Abweichung vom Gleichgewicht aufeinanderfolgen. Es existieren verschiedene Analogien zu den Gleichgewichtsphasenübergängen.
- 11) Prinzip der beschränkten Vorhersagbarkeit:  
Man unterscheidet zwei Klassen von Strukturen der Selbstorganisation, reguläre und irreguläre bzw. chaotische Strukturen. Chaotische Strukturen sind durch Trajektorien gekennzeichnet, die exponentiell divergieren. Dadurch wird die schlechte Vorhersagbarkeit zukünftiger Ereignisse bedingt.
- 12) Prinzip der Historizität:  
Unsere Welt ist durch Evolution entstanden und kann letztlich nur durch eine gemeinsame Betrachtung der zugrunde liegenden Gesetze und der konkreten Entstehungsgeschichte verstanden werden. Das Kernstück der Biologie ist die Darwinsche Lehre, die als Entwicklungstheorie des Lebens zu verstehen ist, und das Kernstück der Sozialwissenschaften ist die Geschichte der Gesellschaftsordnungen.

Evolution ist nach unserer Auffassung auf Prozesse der Selbstorganisation zurückführbar, sie ist sozusagen eine Kette von Selbstorganisationsprozessen. Somit erweist sich Selbstorganisation als das wichtigste Element der Evolution. Evolution in Natur und Gesellschaft ist eine potentiell unendliche Folge von Prozessen der Selbstorganisation. Hegel folgend, kann man anstelle von Ketten auch von Spiralen, bestehend aus Zyklen der Selbstorganisation, sprechen (Ebeling und Feistel, 1982, 1994). Die Übergänge zwischen den Zyklen tragen den Charakter von Bifurkationen im mathematischen Sinne. Physikalisch gesehen zeigen sie gewisse Analogien zu den Phasenübergängen der Thermodynamik. In der Nähe von Übergängen treten Phänomene auf, wie man sie von thermodynamischen Systemen in der Nähe von Phasenübergängen her kennt. Es treten z.B. starke Fluktuationen auf, lange Relaxationszeiten und weitreichende räumliche Korrelationen; Strukturen auf vielen Skalen und typische Rauschspektren werden beobachtet. Wie der dänische Wissenschaftler Per Bak und seine Kollegen vermuten, wird der kritische Zustand im Vergleich zu anderen möglichen Zuständen von Evolutionssystemen bevorzugt. Bak prägte in diesem Zusammenhang den Begriff „selbstorganisierter Kritizität“ (Bak und Chen 1991). Die Idee der selbstorganisierten Kritizität (SOC), besteht darin, dass solche Systeme von sich aus kritische Bedingungen bevorzugen und einstellen (Kauffman 1993), wie etwa Hänge von Sanddünen, die dem kritischen Winkel der Lawinenbildung entsprechen.

Ein völlig anderes, aber ebenso zentrales Element von Evolutionsprozessen, das hier nicht näher behandelt wird, ist die Entstehung von Neuem (Parthey et al. 1989). Sie ist in Evolutionsprozessen zwar als Tendenz gesetzmäßig begründet, die genauen Zeitpunkte und Orte des Auftretens des Neuen sind aber nicht apriori festgelegt. Zufällige Einflüsse spielen bei der kausalen Festlegung dieser und anderer Umstände der Entstehung des Neuen eine entscheidende Rolle. Die Berücksichtigung zufälliger Aspekte erfordert die Benutzung der Theorie der Zufallsprozesse, der Stochastik und der Chaosforschung (Ebeling et al., 1990; Cramer 1993, Feistel et al. 2011).

### **3. Zur Entwicklung der Wissenschaft von Selbstorganisation und der Synergetik in Osteuropa**

Die Tradition der Theorie der nichtlinearen Dynamik wurde im damaligen Russland mit einer fundamentalen Arbeit von A. Lyapunov über die Stabilität von Bewegungen, die 1892 in Charkow erschien, begründet und in Moskau in den 20er Jahren durch Leonid I. Mandelstam (1879-1944) physikalisch fundiert. Mandelstam war eine interessante Persönlichkeit und Begründer einer wissenschaftlichen Schule. Als Student der Universität Odessa wurde er wegen Teilnahme an studentischen Protesten exmatrikuliert, beendete das Studium der Physik dann in Straßburg und avancierte dort zum Professor, bis er 1914 nach Russland zurückkehrte, wo er über Odessa 1925 als Leiter der theoretischen Physik an die Moskauer Universität kam. Neben seinen bekannten Untersuchungen zur Lichtstreuung entwickelte er mit N. D. Papalexi auf der Basis der Theorien von Poincaré, Barkhausen und van der Pol die Theorie der nichtlinearen Schwingungen. Mandelstam schuf eine bedeutende Schule der nichtlinearen Dynamik, zu der A. A. Andronov, S. E. Chaikin, G. S. Gorelik, M. A. Leontovich, I. E. Tamm und A. A. Vitt gehörten.

Die Schule der nichtlinearen Dynamik wurde durch Alexander A. Andronov (1901-1952, der seit 1931 als Professor an der Universität Gorki (heute Nishni-Novgorod) tätig war, ausgebaut. Wichtige Resultate wurden in einer Monographie über nichtlineare Schwingungen dargestellt (Andronov und Chaikin 1938). Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass in der Erstauflage der Name des Mitautors Adolf Vitt fehlte; er war kurz vor dem Erscheinen des Buches im Gefängnis „umgekommen“. In der mit dem Namen des dritten Autors vervollständigten zweiten Auflage von 1959 heißt es dazu nur lakonisch: „Der Name von A.A. Vitt, der 1937 starb, wurde aus der ersten Auflage herausgenommen und erst in der zweiten Auflage 1959 wieder eingesetzt“, ohne den wahren Hintergrund zu benennen (Andronov, Witt und Chaikin 1959). Andronov und seine Schule entwickelten in Nishni-Novgorod die methodischen Grundlagen der Theorie der nichtlinearen Schwingungen. Weitere mathematische Grundlagen wurden u.a. durch Eberhard Hopf (1902-1983) in Leipzig und durch Nikolai Bogoljubov (1909-1992) erst mit seinem Lehrer N. Krylov in Kiev, und dann mit seiner eigenen Schule in Moskau entwi-

ckelt. Diese Theorie wurde später durch Vladimir Arnold (1937-2010) und Yasha Sinai (\*1935) in Moskau und Leonid Shilnikov (1934-2011) in Nishni-Novgorod ausgebaut. Großen Einfluss auf die Entwicklung hatten die Aufsehen erregenden Experimente zu chemischen Oszillationen von Boris Belousov und Anatoli Zhabotinsky (Zhabotinsky 1974).

Auch in Deutschland gab es eine Tradition, die durch die Schwingungsforschungen von Hermann von Helmholtz in Heidelberg und Berlin, die chemischen Experimente von Wilhelm Ostwald in Leipzig und die Arbeiten zu elektrischen Schwingungen von Heinrich Barkhausen in Berlin und Dresden begründet wurde (Helmholtz 1860, Barkhausen 1907). Nach dem 2. Weltkrieg wurde die Entwicklung der nichtlinearen Dynamik auch stark von den russischen Schulen beeinflusst. Eine Darstellung der Entwicklungen in der DDR und verschiedenen osteuropäischen Staaten findet sich in einem neuen Buch (Haken et al. 2016, 2017). Die Entwicklung von Forschungsgruppen auf dem Gebiet in Rostock und Berlin, zu denen die Verfasser gehörten, wurde durch Yuri Klimontovich, Ilya Prigogine und etwas später dann auch von Manfred Eigen, Peter Schuster, Hermann Haken und Mikhail Volkenstein stark beeinflusst. Die Verfasser waren Zeugen verschiedener wichtiger Ereignisse, u.a. eines Seminars im Februar 1971 in Moskau, in dem auf Einladung von Nobelpreisträger Pjotr Kapitza von Ilya Prigogine ein Vortrag über Selbstorganisation gehalten wurde, und sie waren auch Zeitzeugen verschiedener Vorträge von Hermann Haken. Die Moskauer Seminare waren es, die gemeinsam mit den etwa gleichzeitig erschienenen Arbeiten von Hermann Haken eine stürmische Entwicklung der Selbstorganisation und Synergetik in Osteuropa und in der DDR auslöste, wobei der Professor der Moskauer Universität Yuri L. Klimontovich eine Schlüsselrolle spielte.

Persönliche Treffen zwischen den Protagonisten spielten eine große Rolle. So trafen sich Prigogine und Klimontovich im Februar 1982 auf der Tagung „Irreversible Prozesse und Selbstorganisation“ in Berlin, und im gleichen Jahre trafen sich Haken und Stratonovich auf dem Symposium „Synergetik und kooperative Prozesse“ in Tallin (Romanovsky 2007). Diese Treffen führten dazu, dass im Jahre 1982 von den genannten Professoren gemeinsam mit Hermann Haken das Moskauer Synergetik-Seminar gegründet wurde, das seither mindestens einmal monatlich stattgefunden hat. Hermann Haken und Ruslan Stratonovich, die sich bei dieser Gelegenheit erstmalig begegneten, vereinbarten u.a. die Übersetzung des neuesten Werkes von Stratonovich und Herausgabe in der Synergetik-Serie des Springer-Verlages (Stratonovich, 1994). Ruslan L. Stratonovich (1939-1997) gehörte zu den Pionieren der stochastischen Theorie nichtlinearer Prozesse. Er gehörte zu den originellsten Forschern auf diesem Gebiet. Verschiedene wichtige Errungenschaften sind nach ihm benannt worden, wie z.B. die Hubbard-Stratonovich-Transformation, die Stratonovich-Interpretation stochastischer Rauschquellen usw. (Stratonovich, 1961, 1963, 1967, 1994). Auch mit Professor Yuri M. Romanovsky (\*1927) verbindet die Verfasser eine langjährige enge Freundschaft. Romanovsky kommt aus der Theorie der nichtlinearen Schwingungen und hat seit den 1970er Jahren seine Arbeiten auf biophysikalische Anwendungen der Theorie ausgerichtet und eine ganze Reihe wichtiger Monographien dazu verfasst (Romanovsky et al. 1975, 1984, 2004). Seit dem Ableben seiner Kollegen ist er Leiter des Moskauer Synergetik-Seminars und hat bisher garantiert, dass diese Tradition fortgeführt wurde. Eine führende Rolle bei der Anwendung der Theorie der Selbstorganisation auf Probleme der biophysikalischen Forschung in Russland spielte Mikhail Volkenstein. Seine Werke wurden in viele Sprachen übersetzt (Volkenstein, 1983, 1984). Unvergessen bleiben Volkensteins Vorträge auf der Berliner Tagung von 1982, und auf der Kühlungsborner Tagung 1985 „Selforganization by nonlinear irreversible processes“, deren Proceedings in Hakens Synergetik-Reihe erschienen (Ebeling und Ulbricht 1986).

An der Moskauer Staatlichen Universität wirkte unter anderen auch die Professorin Polina Landa, die wesentliche Beiträge zur Entwicklung der Theorie und wichtige Bücher zur nichtlinearen Dynamik verfasst hat (Landa 1980, 2001). An der Akademie der Wissenschaften der UdSSR arbeitete Dmitry Chernavsky, der durch seine Beiträge zur Selbstorganisation in der Biophysik (Romanovsky et al. 1975, 1984) und durch Modelle der Informationsverarbeitung (Chernavsky 2001) weithin bekannt geworden ist. An der Akademie wirkte auch Yuli Danilov, ein angesehener Polyglott, der sich mit Vorträgen, Bearbeitungen, Übersetzungen und Interpretationen große Verdienste um die Entwicklung der Synergetik erworben hat. Weiter erwähnen wir die Gruppen des Biochemikers Anatoli Zhabo-

tinsky und des Mathematikers Sergey Kurdyumov in Moskau und der Biophysiker Evgenij Selkov und Valentin Krinsky in Pushchino, die sich um die Entwicklung der Theorie und auch um Anwendungen verdient gemacht haben.

Aus dem Kreise der folgenden Generation nennen wir besonders Vadim Anishenko, der mit seinen Kollegen Vladimir Astakhov, Alexander Neiman, Tatjana Vadivasova und anderen eine bedeutende Schule der nichtlinearen Dynamik und Synergetik in Saratov aufgebaut hatte. An der Moskauer Universität wirkte Alexander Mikhailov, der mit seinem Kollegen Loskutov Synergetik-Vorlesungen und Seminare an der Moskauer Staatlichen Universität durchführte und dann eine zweibändige Darstellung der Synergetik herausgebracht (Mikhailov 1989; Mikhailov und Loskutov 1991). Beide haben sich auch große Verdienste um die Organisation des Moskauer Synergetik-Seminars erworben. Auch in anderen osteuropäischen Ländern fanden die Probleme der Selbstorganisation und Synergetik große Beachtung, wie an anderer Stelle dargelegt wurde (Haken et al. 2016, 2017). Dort findet der Leser auch eine detaillierte Darstellung der Entwicklung der Wissenschaft Selbstorganisation in der DDR bis 1990, die wesentlich von Gruppen an der Universität Rostock und an der Humboldt-Universität vorangetrieben wurde (Ebeling und Feistel 1982, Ebeling und Ulbricht 1986, Mahnke, Schmelzer und Röpke 1992, Haken et al. 2016, 2017).

*Versuch und Irrtum sind Quellen  
des Fortschritts in Erkenntnis und Gesellschaft.  
Sie sind auch Element der Freiheit.*

Ralf Dahrendorf in „Pfade aus Utopia“

#### **4. Selbstorganisation und Synergetik in den gesellschaftlichen Umbrüchen um 1990**

In der Einleitung haben wir bereits darauf verwiesen, dass die Ideen der Selbstorganisation und Synergetik, die ursprünglich rein wissenschaftliche Ideen waren, eine besondere Resonanz in den osteuropäischen Gesellschaften fanden, wie in der inzwischen nicht mehr existierenden Sowjetunion, in anderen sozialistischen Staaten und in der DDR. Die Gesellschaften und insbesondere die Wissenschaft in der amerikanischen Hemisphäre wurden deutlich weniger durch diese Ideen der Selbstorganisation und Synergetik beeinflusst. Die Gründe dafür sehen wir nicht nur in der damaligen aktuellen politischen Situation vor den großen gesellschaftlichen Umbrüchen am Ende des 20. Jahrhunderts, sondern auch in fest verwurzelten historischen Traditionen, die auf die letzten 100 oder teilweise sogar 1000 Jahre zurückgehen.

Es gehört zu den soziologisch interessanten Fakten, dass fast alle in den 70er und 80er Jahren zuerst in Westeuropa erschienenen Werke über Selbstorganisation und Synergetik in der damaligen Sowjetunion sofort übersetzt wurden und in sehr großen Auflagen erschienen. Alle Werke zu diesem Thema und besonders die Übersetzungen wurden wegen des großen Interesses und auch wegen des geringen Preises der russischen Ausgaben von Millionen von Lesern gekauft und rege diskutiert (Glansdorff und Prigogine 1972; Nicolis und Prigogine 1977, 1979; Haken 1978, 1980). Auch ein von einem der Verfasser geschriebenes einführendes Lehrbuch für das Gebiet (Ebeling 1976) wurde sofort aus dem Deutschen ins Russische übersetzt und erschien in einer großen und schnell vergriffenen Auflage (Ebeling 1979).

Bei den gesellschaftlichen Umbrüchen, die in den Jahren um 1990 herum stattfinden, haben nach unserer Auffassung die Ideen der Selbstorganisation, als eine ideologische Grundlage, eine gewisse Rolle gespielt, einige glaubten sogar (zu Unrecht), die Synergetik wäre eine Heilslehre. Auch in der DDR haben Diskussionen um Selbstorganisation besonders vor und nach der sogenannten „Wende“ in der DDR eine Rolle gespielt (Feistel und Ebeling 2011, Wessel et al. 2012, Gebhardt 2012). Weiter-

führende Bemerkungen zu den Entwicklungen in Osteuropa und in der DDR, die auf persönliche und eigene Erfahrungen zurückgehen findet man in (Haken u.a. 2016).

Aus dem Ende der DDR und dem Zusammenbruch des sozialistischen Wirtschafts- und Sozialsystems im globalen Maßstab ergeben sich aus der Perspektive der Selbstorganisation ganz grundsätzliche und offene Fragen, die einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung und Beantwortung harren. Die wichtigste davon ist, ob Menschen denn überhaupt in der Lage sein können, ihr gesellschaftliches Zusammenleben nach wissenschaftlich begründeten Prinzipien bewusst zum Wohle der Allgemeinheit und zur Sicherung der Zukunft zu organisieren, oder ob sie den synergetischen Kräften der Selbstorganisation, angetrieben durch egoistische Interessen ihrer einzelnen Mitglieder, weitgehend ausgeliefert sind. In der Vergangenheit hat diese Selbstorganisation immer wieder in *emergente* dramatische ökonomische Krisen und militärische Katastrophen geführt, ungewollt von der Mehrzahl der einzelnen Menschen und mit verheerenden Folgen für viele von ihnen. Diese Fragen sind weitgehend offen und sollen im folgenden Teil noch ausgeführt werden.

Die auf 1990 folgenden Ereignisse waren auch für die Entwicklung dieser Disziplin und ihre Vertreter tiefe Einschnitte. Nur als Beispiel: Die ehemalige Sektion Physik der Humboldt-Universität, von der schon die Rede war, wurde 1990 aufgelöst und ein Institut für Physik mit neuer Struktur und neuer personeller Zusammensetzung gegründet. Dabei blieben ernste Probleme für die Mitarbeiter nicht aus. Auf der anderen Seite gab es erfreuliche neue Möglichkeiten für Auslandsreisen, für Publikationen in international führenden Journalen und neue Chancen der Zusammenarbeit. Wir haben dargelegt, dass die Entwicklung bis 1990 stark durch die Protagonisten des Gebietes Eigen, Haken, Klimontovich und Prigogine beeinflusst worden war. Das blieb auch weiter so. Zu den wichtigsten positiven Ereignissen zählte sicher die Gründung eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Sonderforschungsbereiches „Nichtlineare irreversible Prozesse“, gemeinsam mit Kollegen der Technischen Universität Berlin wie Siegfried Hess, Wolfgang Muschik und Eckhardt Schöll, der Freien Universität Berlin wie Bernold Fiedler und der Potsdamer Universität wie Jürgen Kurths, Arkadi Pikovski und andere. In der Arbeit des Sonderforschungsbereichs hat die ehemalige Rostock-Berliner Gruppe eine wichtige Rolle gespielt. Die Arbeit an der Humboldt-Universität im Bereich 04 der Sektion Physik wurde seit 1979 wesentlich von den ehemaligen Rostockern Harald Engel-Herbert, Horst Malchow und Lutz Schimansky-Geier mit aufgebaut.

Auch für viele der russischen und andere osteuropäische Kollegen waren die gesellschaftlichen Umbrüche um 1990 herum ein tiefer Einschnitt. Viele Kollegen sind heute an anderer Stelle tätig, Alexander Mikhailov leitet eine bekannte Arbeitsgruppe am Fritz-Haber Institut Berlin. Arkadi Pikovski leitet eine Arbeitsgruppe an der Universität Potsdam. Auch eine Reihe weiterer russischer Vertreter der nichtlinearen Dynamik und Synergetik sind heute im Ausland tätig, wir nennen als Beispiele nur Vladimir Arnold (Paris), Leonid Bunimovich (Georgia), Alexander Neiman (Ohio), Yakov Sinai (Princeton). Andere haben ihre Arbeit zur Selbstorganisation und Synergetik unter zum Teil schwierigen Bedingungen in Russland fortgesetzt. Wir nennen als Beispiele nur Yuri Romanovsky, der heute das Moskauer Synergetik-Seminar leitet, und Vadim Anishchenko, der an der Universität Saratov eine international bekannte Gruppe der nichtlinearen Dynamik aufgebaut hat und eng mit Berliner und Potsdamer Gruppen zusammenarbeitet (Anishchenko et al. 2002).



*Ich dachte immer, jeder Mensch sei gegen den Krieg,  
bis ich herausfand, dass es welche gibt, die dafür sind,  
besonders die, die nicht hingehen müssen.*

Erich Maria Remarque

## **5. Allgemeine Betrachtungen zur Rolle von Selbstorganisation bei Konflikten, Krisen, Kriegen und Umbrüchen der Gesellschaft**

Ein immanenter Bestandteil von Evolutionsprozessen sind Widersprüche, Konflikte und qualitative Wandlungen (Feistel und Ebeling 1989, 2011). Die Theorie der Selbstorganisation hat in diesem Zusammenhang den Begriff der Frustration entwickelt. Eine Situation heißt frustriert, wenn mehrere teilweise widersprüchliche Bedingungen oder Anforderungen vorliegen. Sie alle gleichzeitig zu erfüllen ist nicht möglich. Fast alle Situationen unseres täglichen Lebens sind von diesem Typ, sie sind frustriert. Auch in der Physik spielt Frustration eine große Rolle (Ebeling et al. 1990; Lanius, 1994). Man findet, dass es in der Regel eine sehr große Anzahl von Kompromisslösungen gibt, die als praktisch gleichwertige Lösungen des Problems in Frage kommen. Diese verschiedenen Kompromisse sind sehr unterschiedlich und liegen im Raum der Zustände weit voneinander entfernt. Welcher Zustand tatsächlich angenommen wird, hängt von den Anfangsbedingungen und auch von zufälligen Faktoren ab. Ist das System erst einmal in einem dieser Zustände gefangen, ist ein Wechsel zu einem anderen Kompromiss unwahrscheinlich. Man kann mit Hilfe mathematischer Beispiele demonstrieren, dass aus einfachen widersprüchlichen Bedingungen sehr komplexe und ästhetisch interessante Muster entstehen können (Peitgen und Richter 1986; Mandelbrot 1987). Biologische und soziale Evolution führt ständig auf frustrierte Probleme, was auch bei der Bildung komplexer gesellschaftlicher Strukturen eine große Rolle gespielt hat. Einige wesentliche Faktoren sollen nun diskutiert werden. Die Auseinandersetzung mit Krisen und die Konfliktbewältigung gehörten von Anfang an zur Evolution. Es gibt viele Mechanismen zur Konfliktbewältigung. Das schlimmste Mittel sind die Kämpfe und Kriege zwischen Gesellschaften.

Besonders pervers sind die modernen Bombenkriege, besonders die mit Kernwaffen, die auf den Index der UNO gehören. Von der eingesetzten Sprengkraft her gesehen, bildet unser bisher nur kurzes Jahrhundert den absoluten Gipfel. Auf der anderen Seite zeigt ein Blick auf die Gesamtgeschichte der Evolution, dass Evolution bisher immer Auswege gefunden hat und auch in schwierigen Situationen überlebte. Als krasse Beispiele nennen wir (Ebeling und Feistel, 1982, 1994) die Sauerstoff-Krise vor 2 Milliarden Jahren, die Dinosaurier-Krise vor 60 Millionen Jahren und die sich periodisch wiederholenden Eiszeiten. Heute befinden wir uns offenbar in einer Megakrise: Unser Ökosystem, das Klima, die Energieversorgung, das Finanzsystem und das soziale Gleichgewicht sind in unserer Welt aus den Fugen geraten. Trotz der bitteren Erfahrung mit den Weltkriegen des 20. Jahrhunderts wird Krieg wieder als Mittel zur Problemlösung angesehen. Wieder träumen einige Politiker wie seinerzeit der deutsche Kaiser Wilhelm II davon, wieder „mehr Verantwortung“ für die Welt übernehmen zu wollen. Die historische Erfahrung zeigt, dass damit schon immer Fremdbestimmung und Krieg gemeint war.

Wie wir wissen, gibt es seit Jahrtausenden Kriege zwischen Staaten/Völkern, die immer mit großen Verlusten an Leben, Material und wertvoller Energie verbunden waren. Um etwa 2000 n. Chr., d.h. ca. 2 Millionen Jahre nach der Menschwerdung, erfand die Spezies Mensch die Sprengstoffe und damit den „modernen Krieg“ mit ungeheurem Ressourcenverbrauch. Auf die Spitze wurde die Perversion getrieben mit dem „anonymen Krieg“ mit Hilfe von Bombern, Raketen, Drohnen, in dem der „Abzug der Waffe“ Hunderte oder Tausende von Kilometern entfernt an einem Schreibtisch oder Computer gelegen ist. Im 20. Jahrhundert wurde im 1. Weltkrieg der Bombenkrieg erfunden, der im 2. Weltkrieg mit Guernica, Coventry, Dresden, Hiroshima und Nagasaki traurige Höhepunkte fand. Technisch gesehen war der Luftkrieg in Vietnam ein neuer Höhepunkt, der in Europa mit dem Kosovo-Krieg, dem Sündenfall der EU, eine furchtbare Nachahmung fand. Wieder eine neue perverse

Ausdehnung der Kriegstechnik waren die Hightech-Kriege des 21. Jahrhunderts, die aus der Luft mit ferngesteuerten Massenvernichtungswaffen, Fernbomben, Raketen, Roboterwaffen und Drohnen im Irak, in Libyen und anderswo geführt wurden (Lüders 2016). Die anonymen Hightech-Kriege des 21. Jahrhunderts werden vom Schreibtisch, Bildschirm, vorbereitet von der Redner-Kanzel, ohne Risiko für die Täter und sogar mit großem finanziellem Gewinn für einige Gruppen geführt. Das trifft auch auf die sogenannten humanitären Kriege (Kosovo) zu. In gewisser Hinsicht sind die Hightech-Kriege die Hightech-Einbahnstraßen zum Weltuntergang. Wenn der Traum einiger Politiker sich erfüllt, dass in wenigen Jahren nur noch ferngesteuerte Kraftwagen auf unseren Straßen fahren, dann werden Terrorgruppen sicher auch den Hightech-Terror-Krieg in unsere Städte tragen. Der Natur der Sache nach kann dann jeder, der die Technik beherrscht, diese Waffen mit schrecklichen Folgen einsetzen. Im Irak-Krieg wurden 2003 in nur 2 Monaten mehr Sprengstoffe eingesetzt als im ganzen 20. Jahrhundert. Unter den Verlusten an Leben, die von der Presse gemeldet wurden, waren 30 Briten, 130 Amerikaner, 200 Journalisten und 1 Million Zivilisten nicht genannter Nation. In Libyen wurden 20000 Luftsätze der NATO geflogen, und die Verluste waren nicht wesentlich geringer.

Was von Kriegsbeifürwortern (zu denen mitunter wie beim Kosovo-Krieg auch „grüne“ Politiker zählten) in der Regel nicht erwähnt wird, sind auch die Klimafolgen von Bombeneinsätzen. Die modernen Bombenkriege sind mit riesigen Material- und Energieverlusten verbunden. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Kriege im 21. Jahrhundert übertrifft alle bisher weltweit erreichten Einsparungen und ist eine ernste Bedrohung des Weltklimas, die leider offenbar vom Weltklimagremium IPCC, vielleicht wegen der komplizierten Interessen der Geldgeber, nicht ausreichend gesehen wird, aber durchaus von unabhängigen Experten (Protopsaltis 2012). Nachweisbar können die Bombenkriege der letzten 20 Jahre als Klimafaktoren nicht vernachlässigt werden. Moderne nichtnukleare Bomben haben eine Sprengkraft von 1 – 50 t TNT. Im Irakkrieg, der die USA nach Stiglitz (2010) ca. 3 Billionen Dollar gekostet hat, wurden geschätzt ca. 30000 t Bomben und andere Sprengkörper eingesetzt. Da es sich um moderne Hightech-Sprengstoffe handelt, entspricht das einer Sprengkraft von weit mehr als 30000 t TNT. Nimmt man konservativ geschätzt an, dass 1 t TNT einen Würfel 10·10·10 Meter zerstört, d.h. etwa 1000 Kubikmeter Gebäude von der Größe eines Einfamilienhauses, kommen wir auf über 10 Millionen Kubikmeter Material, das im Irakkrieg in die Luft gesprengt wurde und kommen in die Größenordnung des Ausstoßes starker Vulkane. Die Perspektiven sind rabenschwarz, die Superbombe, die von den USA im April 2017 in Afghanistan abgeworfen wurde, hatte bereits eine Sprengkraft von 10000 t TNT. Die Verluste an Menschenleben waren in der afghanischen Bergregion eher gering, die Klimafolgen dürften erheblich sein, aber Proteste von „Umweltschützern“ blieben offenbar bisher aus.

Obwohl es zu den Klimafolgen bisher, sicher wegen der brisanten Interessenlage, keine verlässlichen Untersuchungen gibt, zeigt unsere grobe Abschätzung, dass die Folgen in der Größenordnung der Eruption des Vulkans Tambora im Jahre 1815 liegen könnten (Plimer 2009). Es ist unverantwortlich, dass dieser stark klimarelevante Faktor in den journalistischen und politischen Diskussionen unserer Tage gegenüber den vom Ausstoß her eher geringeren Quellen wie Kohlekraftwerken recht stiefmütterlich behandelt wird. Da diese Kommentatoren, wie leider auch einige Klimaforscher nur auf die Aufzeichnungen der letzten anderthalb Jahrhunderte sehen, entgehen ihnen viele wirkliche Großereignisse, wie Vulkanausbrüche mit dramatischen Folgen. Die Tambora-Eruption, die ca. 30 Kubikkilometer Material ausgestoßen hat, hat nachweislich ernste globale Auswirkungen auf das Klima gehabt, so sank im Folgejahr die globale Durchschnittstemperatur um 1°C, und es wurde über weltweite Schlechtwetterperioden mit Missernten und folgenden Hungersnöten berichtet (Self, 2006). Der schwächere Ausbruch des Laki in Island hatte 30 Jahre vorher noch dramatischere Klimafolgen für Europa gehabt und soll mit zu den Faktoren gehören, die den Aufstand des hungernden französischen Volkes im Jahre 1789 auslösten und zur Revolution geführt haben. Auch wenn der UNO-Bericht 2013 zum Klima zu dem Schluss gelangt ist, dass natürliche Faktoren in letzter Zeit einen geringeren Einfluss auf das Klima gehabt haben, und wenn im UNO-Bericht die Folge von Kriegen heruntergespielt wird, so ist das unverantwortlich, u.a. weil die beobachteten Zeiträume viel zu kurz angesetzt werden. Wer kann sicher sagen, dass das weiterhin immer so sein wird. Die Schwankungen

der natürlichen Faktoren und die Folgen von Bombenkriegen arbeiten auf längeren Zeitskalen, Eruptionen der Stärke von Tambora könnten sich alle 10 – 100 Jahre wiederholen, und die Kriege im arabischen Raum gehen immer noch weiter. In nicht zu ferner Zeit könnte sich als ungeplante Folge der arabischen Kriege auch das Klima in Europa verschlechtern. Aber es gibt auch direkt in Europa Grund zur Sorge. Unsere Beobachtung zeigt, dass es neue Bestrebungen gibt, wieder einen Keil zwischen Ost- und Westeuropa zu treiben, vielleicht sogar einen neuen Krieg vorzubereiten. Das ist vor dem Hintergrund der europäischen Geschichte und auch der prognostizierten Klimaänderungen in den folgenden 100 – 1000 Jahren eine völlig verfehlte Strategie. Wir glauben, dass große Politiker der Vergangenheit, wie Bismarck und Rathenau, hier von abenteuerlichen Strategien gesprochen hätten.

Der Verlauf von Evolutionsprozessen, sei es in der Biologie oder der Gesellschaft, ist grundsätzlich weniger von „göttlicher Weitsicht“ oder globalen Strategien geprägt als vielmehr von ständigem ziellosem Vortasten in einem hochdimensionalen Zustandsraum auf der Suche nach kleinen lokalen taktischen Vorteilen. Natürliche Evolutionsprozesse haben aus wissenschaftlicher Sicht die Besonderheit, dass sie nicht wiederholbar sind und alle Experimente, die aus diesen oder jenen Gründen spontan stattfinden, keine streng reproduzierbaren Ergebnisse liefern, im Gegensatz etwa zur klassischen Experimentalphysik. Tatsächlich ist jeder Evolutionsschritt immer ein neues „Experiment“, wenn auch keines, das unter kontrollierten Laborbedingungen abläuft. Umso wichtiger scheint es deshalb zu sein, den Verlauf solcher Experimente als historische Unikate objektiv zu beobachten und besonders gründlich auszuwerten. Bei gesellschaftlichen Prozessen scheint diese Maxime jedoch häufig politischen Vorurteilen, religiösen Dogmen und ökonomischen Interessen geopfert zu werden, zum Nachteil der Wissenschaft und zum Schaden potentieller künftiger Anwender der gewonnenen Erkenntnisse.

Der Wunsch nach einer besseren Welt ist so alt wie die Menschheit; vom biblischen Paradies bis zu Thomas Morus' Utopia wurde er immer wieder sehnsuchtsvoll ausgemalt. Inspiriert von frühen Ideen der Selbstorganisation, wie die der Entstehung unseres Sonnensystems durch Immanuel Kant und Pierre-Simon Laplace, oder Charles Darwins Theorie zur Evolution der Lebewesen, entwickelte Karl Marx eine ökonomisch basierte Theorie zur Evolution der menschlichen Gesellschaft. Daraus leitete Marx im „Kommunistischen Manifest“ die wissenschaftlich begründete Vision einer besseren sozialen Organisationsform ab, die im Gegensatz zu früheren Utopien praktisch erreichbar schien. Diese Fiktion eines „Kommunismus“ als neuer Gesellschaftsordnung fand als Hoffnung bei vielen Menschen reges Interesse, von der verarmten Arbeiterschaft bis zum intellektuellen Bürgertum, wie etwa bei Friedrich Engels. Gleichzeitig wurde und wird diese Idee bis zum heutigen Tage von ihren Gegnern politisch, ökonomisch, militärisch und propagandistisch mit aller Härte bekämpft. Am Ende des Ersten Weltkriegs war es die Partei Lenins, die versuchte, diese Vision in Russland praktisch zu verwirklichen. Dabei spielten zwei Theorien eine fundamentale Rolle, die des Monopolkapitalismus und der daraus abgeleiteten zentralen Planwirtschaft, und die des demokratischen Zentralismus als politischer Organisationsform des Staates. Aus heutiger Rückschau kann man die Hypothese formulieren, dass sich beide Konzepte als dynamisch instabile Strukturen und somit im Experiment als ungeeignet herausgestellt haben.

Offenbar besteht eine systematische Tendenz, dass erfolgreiche kapitalistische Unternehmen wachsen und erfolglose verschwinden. In einfacher Extrapolation kann man daraus den Schluss ableiten, dass die Evolution zu einer Situation führt, in der einige wenige Monopole die alleinige ökonomische und politische Macht im Staate übernehmen. Eine sozialistisch orientierte Gesellschaft könnte, so lautet eine Folgerung, dieses zwangsläufige Ergebnis übernehmen und zum Positiven wandeln, indem die wenigen Privatbesitzer dieser Monopole ersetzt werden durch gesamtgesellschaftlichen Besitz, durch „Volkseigentum“. Andererseits tendieren im realen Kapitalismus solche Großunternehmen langfristig zu bürokratischer Schwerfälligkeit, Mangel an Flexibilität und Desinteresse an Innovation. Solche Riesen pflegen zu altern und zu zerfallen, zu Gunsten von neuen, kleinen und flexiblen Unternehmen. Der „real-existierende Sozialismus“ nach Lenins Modell hatte mit seiner zentralisierten Planwirtschaft ausgerechnet diesen morbiden Teil des „parasitären, faulenden und sterbenden Kapitalismus“ zu seinem zentralen ökonomischen Prinzip erkoren, mit entsprechend negativen

Folgen für dessen Wirtschafts- und Innovationskraft. Schon 1982 hatten die Verfasser sich erlaubt, im Hinblick auf die DDR anzumerken, dass „in der Evolution der Verzicht auf Innovation zwar eine zeitweilig nützliche Taktik sein kann, letztlich als Strategie aber tödlich ist“ (Ebeling und Feistel 1982, s.a. Parthey et al. 1990).

Eigentum ist Verfügungsrecht. Gesellschaftliches Eigentum erfordert, dieses Recht zu implementieren, d.h. der Allgemeinheit die praktische Möglichkeit zu geben, über ihr Eigentum in geeigneter demokratischer Form zu verfügen. Diesem Zweck sollte im Sozialismus ein hierarchisches System dienen, der „demokratische Zentralismus“, in dem Gruppen von Menschen jeweils einen Vertreter ihrer Interessen und Rechte ernennen. Vertreter mehrerer Gruppen bilden ihrerseits eine Gruppe, die sich durch eines ihrer Mitglieder vertreten lässt, und so weiter bis zur Spitze der Pyramide. Die Beauftragten auf jeder Ebene handeln dann über eine Wahlperiode als Interessenvertreter der eigentlichen Eigentümer am Fuß der Pyramide, um am Ende gegenüber ihren Wählern Rechenschaft abzulegen und von ihrer Pflicht entbunden zu werden. In der Praxis entartete dieses scheinbar gut gemeinte Verfahren oft zu einer Formalie, weil einmal Gewählte die Privilegien ihrer Macht nutzten, um auch weiterhin an der Macht zu bleiben und sie durch Systeme der Lobhudelei und Korruption immer weiter zu festigen. Führungspositionen auf Lebenszeit wurden zur Regel; besonders abwegig sind Fälle, in denen ein „Führer“ seine Wahlfunktion einem biologischen Erbrecht wie im Mittelalter unterwirft. Die Wissenschaft, die verpflichtet ist, ihre Grundannahmen ständig kritisch zu prüfen und gegebenenfalls zu verwerfen, wurde zur Verkündung von Dogmen und „ewigen Wahrheiten“ erniedrigt, wiederum zum Zweck des Machterhalts der Herrschenden. Alternative Konzepte wurden als „revisionistisch“ oder „staatsfeindlich“ der politischen Repression ausgesetzt; der plakative „wissenschaftliche Sozialismus“ entartete oft zur Farce. Mit diesen Perversionen ihrer Grundidee steht die Lehre des Kommunismus aber nicht allein in der Geschichte der Menschheit. Die Bibel war seinerzeit auch einmal die führende Lehre, ein Kompendium des Menschheitswissens und ein Regelwerk für das friedliche und gerechte Zusammenleben. Spätestens durch die Inquisition der katholischen Kirche im Mittelalter wurde die Bibel zum Dogma erhoben und missbraucht als Instrument der Herrschenden zur Bewahrung und Erweiterung ihrer Macht. Weitere Beispiele lassen sich leicht finden.

Eigentum ist keine physikalische oder chemische Eigenschaft des Dinges, das besessen wird. Eigentum ist symbolische Information im Gehirn seines Besitzers und einiger weiterer Menschen, die um diesen Besitz wissen. Die Entstehung von Eigentum aus seinen tierischen Vorformen am Beginn der Menschheit war, ähnlich wie die Entstehung der Sprache, ein Prozess der Selbstorganisation symbolischer Information (Feistel 1990; Feistel und Ebeling 2011, 2016). Eigentum war die Voraussetzung für die Entstehung eines systematischen Tauschhandels und damit der Arbeitsteilung, auf der letztlich der gesellschaftliche und wirtschaftliche Fortschritt seit der Steinzeit beruht. Nicht zuletzt erlaubte Arbeitsteilung auch einzelnen Menschen, Wissenschaft zu treiben ohne zu verhungern, oder auch Reichtum anzuhäufen und damit über andere Menschen zu herrschen. Gesellschaftsordnungen unterscheiden sich in allererster Linie durch die Art und Weise, wie die Verteilung von Eigentum geregelt ist. In der ersten Zeit der DDR war die Errichtung eines „sozialistischen Eigentums“ von fundamentaler Wichtigkeit und Konsequenz, ebenso wie dessen „Abwicklung“ in ihren letzten Tagen. Die Niederlage des sozialistischen Volkseigentums gegen das kapitalistische Privateigentum im Wettrennen der Evolution hat ersteres scheinbar diskreditiert und die Unantastbarkeit des letzteren für viele Apologeten zu einem heiligen Prinzip der Politik erhoben. Wir halten nichts von „ewigen Wahrheiten“. Trotzdem erschiene es uns als Alternative durchaus auch sinnvoll, sogenannte „systemrelevante Strukturen“ der Gesellschaft nicht den willkürlichen und tendenziell egoistischen Entscheidungen einzelner privater Eigentümer zu überlassen, deren fachliche Qualifikation unbestimmt und demokratische Legimitation nicht vorhanden ist, zumal dieses Eigentum dem biologischen Erbrecht unterliegt. Ein wissenschaftlich fundierter gesellschaftlicher Diskurs zur Rolle und zu den Grenzen des Eigentums wird unerlässlich sein für die Evolution in Richtung zu einer besseren Welt.

*Wer sind wir? Wo kommen wir her?  
Wohin gehen wir? Was erwarten wir?  
Was erwartet uns?*

Ernst Bloch in „Das Prinzip Hoffnung“

## 6. Strategien der Zukunftsgestaltung und das Prinzip Hoffnung

Viele Menschen fragen sich heute angesichts der bedrohlichen Umweltschäden unseres Planeten und des rasant fortschreitenden Aussterbens biologischer Spezies, sowie auch der neuen Dimension der Kriege: „Wie geht es weiter mit der Evolution auf unserem Erdball? Quo Vadis Evolutio?“

Der weit verbreiteten Meinung, alle vernünftigen Wege in die Zukunft seien doch schon verbaut, ist entgegenzuhalten, dass die Evolution von einmaliger Erfindungskraft ist. Die Evolution hat sich schon unzählige Male in scheinbar aussichtslosen Situationen befunden und jedes Mal Auswege aus der Krise gefunden. Es gibt natürlich keine Garantie dafür, dass sie auch aus der gegenwärtigen sehr ernstesten Krise herausfindet. Allerdings können wir auf dem Erfindungsreichtum der Evolution die berechtigte Hoffnung gründen, dass es der Menschheit durch vernünftiges Verhalten gelingt, die Probleme noch einmal in den Griff zu bekommen. Betrachten wir als ein eindrucksvolles historisches Beispiel die Überwindung der ersten großen ökologischen Krise unseres Planeten, die die Evolution des Lebens gemeistert hat. Wir denken dabei an die „Verschmutzung der Umwelt“ durch die photosynthetisierenden Pflanzen vor etwa 2 Milliarden Jahren. Wie kam es zur ersten ökologischen Krise? In der ersten Epoche der Evolution unseres Planeten, die etwa vor etwa 4,5 Milliarden Jahren begann und die mit der erwähnten großen Ökokrise endete, war die Erde von einer reduzierenden Atmosphäre umgeben, in der Sauerstoff nur in oxidischer Form vorkam. Die in der ersten Epoche durch Selbstorganisation entstandenen Mikrobionten standen in einem harten Überlebenskampf (Eigen 1987), denn Nahrung in Form spontan entstandener organischer Stoffe wurde allmählich sehr knapp. In dieser Situation der Knappheit gelang es einigen Mikrobionten, direkt auf die Sonnenstrahlung zurückzugreifen. Die Photosynthese wurde „erfunden“. Es kam zur Entstehung der Pflanzen und der Heterotrophie. Ein Teil der Lebewesen lebte fortan nach dem neuen autarken Versorgungssystem, eine andere langsam aussterbende Klasse blieb noch beim alten Versorgungssystem und eine dritte Klasse entwickelte eine parasitäre Lebensweise. Die pflanzlichen Systeme produzierten durch Photosynthese immer mehr Sauerstoff, der sich in der Atmosphäre anreicherte.

Der von den Pflanzen produzierte Sauerstoff, der vor mehr als zwei Milliarden Jahren einen immer größeren Prozentsatz der Erdatmosphäre einnahm, war für die nichtpflanzlichen Lebensformen ein tödliches Zellgift. Ein schönes Beispiel für den Erfindungsreichtum des Lebens ist die dann erfolgte Ausbildung von Kiemen und Lungen, welche zu den heute höchstentwickelten Formen des Lebens, den Wirbeltieren führte. Wie fand das Leben in der ersten ökologischen Krise aus der Sackgasse? Durch Selbstorganisation passten sich die bedrohten Lebewesen an die „Verschmutzung“ ihrer Umwelt an. Ein besonders erfinderischer Teil von ihnen bildete Kiemen und Lungen aus, die ein Überleben in der neuen Umwelt sicherten. Die Menschen stammen von diesen schöpferischen Lebewesen ab. Unser Beispiel zeigt die Schlüsselrolle der Selbstorganisation im Evolutionsprozess. Wir vermerken auch als einen interessanten Fakt, dass es den Pflanzen, die seither kaum von Krisen bedroht waren, bis heute nicht gelungen ist, höhere (intelligente) Formen zu entwickeln. In gewissem Sinne ist die heutige ökologische Krise eine „späte Rache“ an den Verursachern der ersten Ökokrise, denn die heutige Krise ist primär eine Krise der Pflanzenwelt auf unserem Planeten. Dieser Gesichtspunkt ist allerdings zu vordergründig, denn wenn der Artenreichtum der Pflanzen weiterhin so katastrophal zurückgeht wie am Ende unseres Jahrhunderts, dann könnte das gesamte Leben global auf unserem Planeten aussterben.

Wir müssen uns in dieser Situation fragen, ob die Resultate der Erforschung der Selbstorganisation und Evolution uns heute weiterhelfen können, um Auswege aus der heutigen ernstesten Ökokrise zu

finden und gangbare Wege zur Gestaltung einer lebenswerten Zukunft der Menschheit zu weisen (Bloch 1985; Voßkamp 1985; Dahrendorf 1986). Um diese Frage zu beleuchten, beginnen wir mit einem modernen Märchen:

*Es war einmal ein Planet, Erde genannt*, auf dem sich etwa 3-4 Milliarden Jahre nach der Entstehung des Lebens nach der Überwindung der Sauerstoffkrise als Folge des hypertrophen Wachstums einer einzigen Spezies M. erneut eine gewaltige existenzbedrohende Krise entwickelte. Da die zur Verfügung stehende wertvolle Energie sehr knapp wurde und „die Vertreter“ der Spezies M. hohe Steigerungsraten im täglichen Verbrauch realisierten, kam es zunächst zu einer Energiekrise. Da verfiel die erfinderische Spezies M. auf den Ausweg, die durch Photosynthese angehäuften Vorräte wertvoller Energie in Form von Kohle sowie andere Energievorräte der Erde anzugreifen und in großem Stile zu nutzen. Das Wachstum der Spezies M. und ihrer technischen Umgebung explodierte und übertraf in kürzester Zeit alles bisher Dagewesene. Die rücksichtslose Ausbeutung der durch andere Spezies (die Pflanzen) in Milliarden von Jahren angelegten Energiereserven führte jedoch die gesamte Welt wiederum in eine scheinbar aussichtslose Lage, in eine neue *globale Krise*. Durch unkontrollierte Ausbeutung aller Ressourcen, die Einschränkung der Existenzmöglichkeiten der anderen Spezies und besonders die Verschmutzung der Umwelt mit Kohlendioxid und Abfällen und immer intensivere kriegerische Auseinandersetzungen brachte die Spezies M. alle Lebewesen auf dem Planeten Erde in eine existenzielle Gefahr.

Als besonderes Problem erwiesen sich die „Scheren“ im Verbrauch wertvoller Energie und verfügbarer Rohstoffe, die von der Spezies M. innerhalb der eigenen Art aufgebaut wurden. Weniger als ein Fünftel der Repräsentanten dieser Spezies, in Ländern lebend, die sich „hochentwickelt“ nannten, hatten das besondere Privileg, das Fünffache des Durchschnittsverbrauches an Energie und Rohstoffen beanspruchen zu dürfen. Das *privilegierte Fünftel* der Spezies M. baute zur Aufrechterhaltung der Privilegien systematisch Niveau- und Verbrauchsscheren wie Nord-Süd und West-Ost auf. Langfristig erwiesen sich diese Scheren als eine potentielle Gefahr für die globale politisch-ökonomische Stabilität. Auf der anderen Seite wurden infolge des Raubbaus an den Energiereserven und den verfügbaren Rohstoffen die Grenzen der ökologisch-ökonomischen Stabilität erreicht. Jeden Tag verschwanden viele biologische Arten, und ein allgemeines Waldsterben wurde beobachtet. Auf der anderen Seite wurden immer mehr Waffen produziert und eingesetzt. Die Wachstumsgesetze für die wichtigsten Parameter wie Energie, Bevölkerungszahlen, Waffen usw., waren vom exponentiellen in ein hyperbolisches Regime übergegangen. Eine Singularität zeichnete sich ab, die möglicherweise etwa um das Jahr 2050 herum zu einer Katastrophe führen konnte. Trotzdem lebten die meisten Vertreter der Spezies M. weiter wie bisher. Immerhin begannen einige, sich Sorgen über die Zukunft ihrer Kinder und Enkelkinder zu machen. Der Rat der Weisen und Vertreter der Synergetik wurde zusammengerufen und erhielt den Auftrag, einen Plan für den Übergang zu einem neuen stabilen Regime zu entwerfen.

Soweit unser Märchen, unklar bleibt nur, wie wird es weitergehen? Wir leben nicht in einem Märchen, sondern in einer harten Realität. Aus physikalischer Sicht ergeben sich zunächst harte Schranken für die weitere Evolution insbesondere aus der Begrenztheit der verfügbaren Ströme von wertvoller Energie bzw. von Entropie. Der Strom wertvoller Sonnenenergie, welcher der Erde im Durchschnitt zufließt, beträgt etwa 230 Watt/qm, die gleiche Menge Energiestrom fließt in geringerer Qualität (niedrigere Strahlungstemperatur) wieder in den Weltraum zurück. Dieser Strom ist die Haupttriebkraft der Selbstorganisation auf unserem Planeten; in diesem Zusammenhang wurde von uns der Begriff Photonenmühle geprägt (Ebeling 1989). Der durch die Sonnen-Photonen transportierte Energiestrom entspricht einem Entropiestrom (einem Entropieexport), in etwa 1 Watt/Kelvin qm Erdoberfläche. Wenn auf lange Sicht mehr produziert wird, so wird „Entropie-Müll“ angehäuft. Das sind physikalisch verbindliche Grenzen des Wachstums. Wenn alle „Brennstoffe“ verbraucht sein werden, so wird nicht mehr als 230 Watt wertvoller Sonnenenergie pro Quadratmeter als Antrieb zur Verfügung stehen, für alle meteorologischen, biologischen, ökologischen und ökonomischen Prozesse zusammengenommen. Nur etwa ein Fünftausendstel dieses Stromes kommt heute der Photosynthese zugute, d.h. weniger als 100 Milliwatt/qm.

Der Energieverbrauch der Menschheit beträgt heute, als Mittelwert bezogen auf die gesamte Erdoberfläche, etwa 20 Milliwatt/qm, davon 4 Milliwatt/qm als elektrische Energie (Lu et al. 2009, Zhang et al. 2013). Der geothermale Wärmefluss beträgt an der Oberfläche der Erde 87 Milliwatt/qm im globalen Mittel (Pollack et al. 1993), wobei deren Hauptteil durch die dünne ozeanische Kruste austritt. Das Abschmelzen von Eismassen in den Jahren 1992 bis 2011 betrug 4260 Milliarden Tonnen (mit einer geschätzten Unsicherheit von 28 %, Vaughan et al. 2013). Aus dem Zeitraum von 20 Jahren (oder  $6,3 \times 10^8$  s), der Größe der Erdoberfläche ( $5,1 \times 10^{14}$  m<sup>2</sup>) und der Schmelzwärme von Eis (333,5 kJ kg<sup>-1</sup>) folgt ein zugehöriger mittlerer Energiestrom für das Abschmelzen von 4,4 Milliwatt/qm (Feistel, 2017). Dieser Wert stimmt etwa mit dem Verbrauch elektrischer Energie durch die Menschen überein. Eine andere Form der Energiespeicherung im Klimasystem ist die Erwärmung der Atmosphäre und damit der Treibhauseffekt im engeren Sinne. Aus dem Luftdruck von etwa 1000 Hektopascal am Boden folgt die Masse der Luftsäule zu rund 10<sup>4</sup> kg m<sup>-2</sup> mit einer Wärmekapazität von etwa 1 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Nehmen wir eine globale Erwärmung von 0,72 °C für den Zeitraum 1951-2012 an (Hartmann et al. 2013), also einen Trend von 1,2 °C pro Jahrhundert, so erfordert dieser eine mittlere „Heizleistung“ von etwa 4 Milliwatt/qm (Feistel und Ebeling 2011; Feistel 2015, 2017). Auch diese Wärmemenge entspricht in etwa der bereits jetzt durch die menschliche Nutzung von Elektroenergie freigesetzten. Der Beitrag des Menschen zur Produktion von Entropie und Wärme ist also durchaus von vergleichbarer Größenordnung wie wesentliche globale klimatische Effekte.

Wenn jeder der mehr als 7 Milliarden Erdenbürger (Brunner, 2016) nur einen Strom wertvoller Energie von 1 kW beanspruchen würde, ergäben sich pro qm unseres 12 000 km dicken Erdballs schon etwa 2/10 Watt Energiestrom. Das entspricht etwa der doppelten Leistung der Photosynthese. Ein Autofahrer, der täglich zwei bis drei Stunden Auto mit 100 kW Leistung fährt, den Abend am Fernseher verbringt und noch einige andere elektrische Geräte betreibt, kann es leicht auf 200-300 kWh pro Tag bringen, und damit im Durchschnitt 10 kW Verbrauch an wertvoller Energie. Ein weiteres unbegrenztes Wachstum im Verbrauch wertvoller Energie ist ganz unmöglich. Mit einiger Sicherheit würde ein weltweiter Verbrauch von mehr als 10 kW pro Bürger der Erde zu einem allgemeinen Kollaps führen. Das *privilegierte Fünftel* hat diesen Stand schon fast erreicht bzw. sogar schon überschritten; eine allgemeine Realisierung wäre eine energetische und ökologische Katastrophe.

Mindestens so ernste Grenzen für ein weiteres Wachstum ergeben sich aus der zunehmenden Belastung der Umwelt mit Abfallstoffen, womit eine starke Entropieerhöhung verbunden ist. Entmischung erfordert einen sehr hohen Aufwand an wertvoller Energie (einen hohen Entropieexport). Damit im Zusammenhang steht, dass offenbar die Grenzen der Stabilität des ökologisch-ökonomischen Gesamtsystems Erde schon erreicht worden sind. Ein ernstes Teilproblem ist die Belastung des Energiehaushaltes und des ökologisch-ökonomischen Gleichgewichtes durch den Verkehr. Daraus resultiert ein maßloser Raubbau an fossilen Energieträgern und der Qualität unserer Luft. Natürlich trägt in gewissem Umfange die gewachsene Mobilität auch zur Erhöhung unserer Lebensqualität bei, z.B. durch die Möglichkeit, im Urlaub fremde Länder und ihre Kultur kennenzulernen. Es gibt aber auch eine unsinnige Mobilität, die sich die Menschheit heute nicht mehr leisten kann, wenn z.B. Touristen aus reichen Ländern, Venedig an Bord riesiger Kreuzfahrtschiffe anlaufen und eine in einem Jahrtausend gewachsene Kultur und Bausubstanz zerstören. In Deutschland werden Äpfel aus Neuseeland verzehrt und im Lande verfaulen die Äpfel am Baum. Überall werden billige Produkte importiert und einheimische mittelständische Firmen machen pleite. Jeden Tag werden in Deutschland Millionen von Joghurtbechern und Bierflaschen über viele Hunderte von Kilometern über verstopfte Autobahnen zum Verbraucher befördert, obwohl gleich nebenan Joghurt und Bier produziert wird. Früher haben sich die Menschen im wesentlichen von Produkten ernährt, die in der unmittelbaren Umgebung produziert wurden; es gab keine langen Transportwege. Geht man heute in einen Supermarkt, so findet man kaum ein Produkt, das nicht mindestens hundert Transportkilometer hinter sich hat, viele Güter kommen sogar aus Australien und Neuseeland. Eine Steuer- und Förderpolitik, die Transporte mit Lastwagen und Flugzeugen besonders fördert, ist ein Schritt in den ökologischen Selbstmord und zerstört natürlich gewachsene Versorgungsketten. Das beste Beispiel dafür ist das heutige Afrika. Durch eine verfehlte Politik reicher Länder mit Exporten von Waffen und

Nahrungsmitteln und Rohstoffimporten haben die westlichen Gesellschaften die natürlichen Versorgungsgrundlagen der afrikanischen Länder weitgehend zerstört. Die immer wiederkehrenden Hungersnöte werden durch massive Exporte von Billignahrungsmitteln auf der Basis von Spenden bekämpft, woran wiederum Lebensmittelkonzerne astronomische Gewinne erzielen und einheimische Lebensmittelhersteller zugrunde gehen. Diese Politik steuert auf eine gefährliche Instabilität der Beziehungen Europa - Afrika hin, die sich heute schon abzeichnet, unter anderem in der wachsenden Zahl von Flüchtlingen. Ein anderes Problem sind die Riesenmengen von Verpackungsmaterialien, die im Müll landen. Weiterhin ist die aufwendige Reklame, mit der heute für fast jedes Produkt geworben wird, aus ökologischer Sicht ist das blanker Unsinn. Eine enorme Belastung für den Energiehaushalt und die Umwelt ist auch die Unmenge Papier, die von der modernen Gesellschaft beschrieben und zum großen Teil sogar ungelesen fortgeworfen wird. Das betrifft nicht nur den Reklamewust, sondern auch die Masse von Zeitungen, die heute täglich gedruckt, transportiert und ausgeliefert wird. Inzwischen kehrt der größere Teil dieses Papiers ungelesen wieder in den Kreislauf zurück. Ein weiteres Problem ist der weiterhin in unsinniger Weise ansteigende amtliche Papierkrieg. Die größte „Sünde“ wider alle Vernunft sind natürlich Kriege, die in unserem Jahrhundert eine riesige Menge von Energie und Rohstoffen für sinnlose, meist verbrecherische Ziele verbraucht haben. Statt die wirklich lebenswichtigen Probleme wie Krieg und Hunger anzugreifen, wurde die beobachtete Temperaturerhöhung zum wichtigsten Problem ernannt und alle verfügbaren Ressourcen auf ihre Bekämpfung gerichtet, obwohl die Klimadynamik heute noch weitgehend unklar ist. Nur wissenschaftliche Scharlatane sehen sich heute schon in der Lage, die genauen Folgen bestimmter Maßnahmen vorherzusagen. Bei Maßnahmen gegen Hunger und Krieg ist der Erfolg dagegen sicher.

Um das gleich hier klarzustellen, wir halten den Kampf gegen eine Verschlechterung des Klimas durch die Verschwendung von Ressourcen an Energie und Rohstoffen sowie von grünen Ressourcen auch für lebenswichtig. Allerdings sind wir der Auffassung, dass es eine gefährliche Illusion ist, den Gesellschaften einen Stopp der Temperaturerhöhung zu versprechen, wenn sie kurzfristigen Maßnahmen wie Preiserhöhungen und bestimmten Verboten zustimmen. Die Klimadynamik ist eine gewaltige Maschine, die wir schlecht verstehen und die sich den Maßnahmen der Politiker noch weitgehend entzieht. Wir konstatieren auch, dass alle Versuche, die Verschwendung von Energie und die Umweltbelastung zu reduzieren, bisher weitgehend ohne Erfolg geblieben sind. Es gilt, die Erfolgsaussichten wissenschaftlich und realistisch zu bewerten und sich nicht auf Hoffnungen und Versprechungen zu verlassen. Die moderne Gesellschaft hat eine Eigendynamik entwickelt, welche die Vergeudung der verfügbaren Ressourcen erzwingt. Das Steuer muss nun herumgerissen und auf vernünftige Ziele gerichtet werden.

Zunächst gilt es, den rasanten Abbau der noch vorhandenen Grünflächen dieser Erde, den Wäldern, Wiesen und Mooren zu stoppen und verschiedene Energiereserven zu mobilisieren. Es können z.B. noch weitere Energiequellen erschlossen werden, z.B. die Gewinnung wertvoller Energie durch Fusion leichter Kerne. Wahrscheinlich wird man etwa in hundert Jahren auf diesem Wege zu einer gewissen Entlastung der angespannten Bilanzen gelangen. Eine bessere Alternative ist natürlich eine vollständigere Nutzung der Sonnenenergie und Windenergie. Übrigens ist auch die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Gewinnung von Treibstoffen, wie der Biodiesel, eine indirekte Nutzung von Sonnenenergie, die mit geringem technologischem Aufwand realisiert werden kann, im Gegensatz zu Solaranlagen, die einen vergleichsweise riesigen Aufwand erfordern. Mehr Energie zu nutzen heißt natürlich auch mehr Entropie fortzuschaffen. Nach unserer Auffassung sind das technische Probleme, welche die Menschheit lösen könnte. Wegen der derzeit großen Begeisterung für „erneuerbare Energien“ sollte nicht übersehen werden, dass die Solar - und Windanlagen nicht nur einen enormen Aufwand an Energie und Rohstoffen für ihre Installation erfordern, sondern dass sie auch eine endliche Lebensdauer haben und dass das Problem sicherer Entsorgung z.B. für Windkraftwerke im Meer ganz ungelöst ist. Viele Politiker verhalten sich dazu wie am Beginn der Nutzung der Kernenergie, als große Perspektiven vorhergesagt und offene Probleme unter die Decke gekehrt wurden.

Welche neuen Wege sind vorstellbar? Eine Möglichkeit, die sich bereits abzeichnet, besteht darin, dass in Zukunft durch Nutzung von High-Tech-Kommunikation viele Arbeiten zu Hause ausgeführt



werden können. Allorts wird heute vor den Gefahren des Internets gewarnt. Aus unserer Sicht sind die LKW-Kolonnen und Flugzeuggeschwader, die in unsinniger Weise Güter hin und her bewegen, eine viel größere Gefahr für die Menschheit. Immerhin ist das Internet eine Hochtechnologie, die nur relativ wenig Energie verbraucht. Die täglichen Personentransporte von und zur Arbeit sowie zu Konferenzen rund um die Welt könnten mit Hilfe von solchen neuen Kommunikationsmitteln stark reduziert werden. Neue Lösungen könnten auch darin bestehen, dass durch neue Technologien (u.a. auch Gentechnologien) der industrielle Energie-Verbrauch zur Herstellung von Waren oder Verwertung von Müll auf einen Bruchteil reduziert wird. Eine neue Steuer- und Förderpolitik, die Vor-Ort-Technologien der Herstellung von Nahrungs- und Gebrauchs-Gütern begünstigt, könnte bewirken, dass die unsinnigen Transporte von Gütern über überlastete Straßen reduziert werden. Neue Verfahren des Energie- und Wärme-Transports könnten bewirken, dass auf dem Globus die Verschwendung von fossilen Brennstoffen für Heizzwecke erheblich eingeschränkt wird (Jänicke et al. 1992). Mit Sicherheit bieten die geplanten automatisch gelenkten Fahrzeuge keinen Ausweg. Im Gegenteil, es ist ein Alptraum sich vorzustellen, dass in der automatisierten „lichten Zukunft“, die uns manche Politiker ausmalen, die Sicherheit des Verkehrs, den Automaten ohne Vernunft und ohne Moral und vielleicht auch der Fernsteuerung durch Terrorgruppen überlassen wird.

Die oben beschriebenen Ziele sind nicht leicht erreichbar, sie erfordern Leistungen der Forschung und Entwicklung und große Investitionen. Außerdem enthalten sie auch Risiken und Gefahren. Aber schließlich war Evolution immer eine Suche in einem Feld unbekannter Wege in die Zukunft. Den Risiken neuer Lösungswege auszuweichen, bedeutet Stagnation, und das ist „kurzfristig die kluge Taktik, aber langfristig die tödliche Strategie“. Bisher hat die Evolution stets neue Lösungen gefunden, auch in schwierigen Situationen. Wir dürfen im Sinne von Bloch ‚das Prinzip Hoffnung‘ nicht aufgeben.

Wir wollen hier das Problem des Bevölkerungswachstums auf unserem Planeten nicht weiter betrachten, obwohl kein Zweifel bestehen kann, dass es zu den dringendsten zählt. Auf jeden Fall muss jederzeit ein vernünftiges Gleichgewicht zwischen Bevölkerung und den biologischen Ressourcen jedes Landes gewährleistet bleiben. Auf diesem ideologiebeladenen Gebiet ist es offenbar besonders schwierig, die Erkenntnis durchzusetzen, dass das Verhindern vernünftiger Lösungen in der Gegenwart wahrscheinlich millionenfaches Sterben in künftigen Generationen bedeutet. Von großer Bedeutung ist, dass die Ethik so weiterentwickelt wird, dass sie uns ermöglicht, Antworten auf viele dringenden offenen Fragen zu finden (Hörz und Hörz 2013). Im folgenden Abschnitt werden wir einige der dringendsten Fragen im Kontext von Strategien für die Zukunftsgestaltung anschnitten.

*..... noch können wir zwischen  
verschiedenen Zukünften wählen.*

O.K. Flechtheim

## **7. Mögliche Strategien zur Gestaltung der Zukunft Europas?**

Der Zukunftsforscher Ossip K. Flechtheim hat in seinem Werk „Ist die Zukunft noch zu retten?“ die aus seiner Sicht möglichen, wahrscheinlichen und wünschenswerten „Zukünfte“ der menschlichen Gesellschaft und ihrer natürlichen Umgebung auf unserem Planeten analysiert (Flechtheim, 1990). Nach Hörz (2009) ist die Materialistische Dialektik ein aktuelles Denkinstrument zur Zukunftsgestaltung. Aus unserer Sicht handelt es sich bei den Problemen der Gestaltung von Zukunft um Grundfragen, die nicht nur einen weltanschaulichen und politischen Aspekt haben sondern auch mit unserem Thema, den Prinzipien der Selbstorganisation und Evolution im Zusammenhang stehen. Aus diesem Grunde wollen wir hier Fragen der Zukunftsgestaltung Europas vom Standpunkt der Theorie der Selbstorganisation und Synergetik aus analysieren.

Da uns keine Daten über den Ausgang von Evolutionsprozessen auf anderen Planeten zur Verfügung stehen und wir andererseits selber die Akteure des Evolutionsprozesses auf unserem Planeten sind, führt uns das Problem der Gestaltung unserer Zukunft an die Grenzen zwischen Wissen und Hypothesen bzw. Spekulation. Utopien sind legaler Bestandteil von Zukunftsforschung (Bloch, 1985; Voßkamp, 1985; Dahrendorf, 1986, Hörz 2009).

Das zentrale Prinzip von Strategien der Zukunftsgestaltung ist, bei absehbaren Instabilitäten rechtzeitig gegenzusteuern. Absehbare Instabilitäten sind zur Zeit u.a. die wachsenden Arm-Reich-Gegensätze, die wachsenden Ost-West-Gegensätze und die wachsenden Nord-Süd-Gegensätze. Diese Gegensätze können, wenn sie nicht abgebaut werden, zu gefährlichen Instabilitäten führen, die irgendwann außer Kontrolle geraten können (Chomsky 2015, Lüders 2016).

Prinzipiell unvorhersagbare Katastrophen wie Folgen von Vulkanausbrüchen und Umweltfolgen ferner Bombenkriege müssen immer als potentielle Möglichkeiten in Betracht gezogen werden, die die Lebensbedingungen plötzlich dramatisch einschränken können. Eine kurzsichtige Politik, die sich nur an den nächsten Wahlen ausrichtet, ist unverantwortlich. Der „böse Zufall“ kann grundsätzlich niemals ausgeschlossen werden.

Wie wir gezeigt haben, sind die bestehenden Disproportionen auf unserem Planeten das Resultat einer ungebremsten Selbstorganisation und einer unkontrollierten Instabilität der modernen menschlichen Gesellschaft. Weiter haben wir ausgeführt, dass der entscheidende Wandel darin bestehen muss, dass die Ziele menschlichen Strebens und des menschlichen Erfindungsreichtums nicht in erster Linie auf die Maximalisierung des momentanen eigenen Wohlstandes, sondern auf den Wohlstand für die Kinder und Enkel auf dem ganzen Planeten ausgerichtet werden.

Die Theorie der Selbstorganisation und die Synergetik sollten mit herangezogen werden, um Wege zur Gestaltung einer lebenswerten Zukunft der Menschheit zu finden. Unsere Grundidee einer Strategie für die „Rettung der Zukunft“ lautet:

Eingeschränkte Selbstorganisation, deren Schranken durch die Energiebilanzen und die Ökologie und deren Freiheitsraum im geistig-kulturellen Bereich sowie in einer umweltfreundlichen Technologie liegt. So wie die Menschheit seit vielen tausend Jahren in einem schöpferischen Prozess die Verhaltensregeln gefunden hat, die ein Überleben als Gruppe, Familie, Dorf, Stadt oder Staat ermöglichen, so ist auch heute eine gewaltige schöpferische Anstrengung nötig, um die Verhaltensregeln zu finden, die ein globales Überleben der Spezies Mensch auf unserem Planeten möglich machen.

Fassen wir die wichtigsten Ideen noch einmal zusammen: Die Gestaltung einer lebenswerten Zukunft für unsere Kinder, Enkel und Urenkel erfordert neue Formen der Selbstorganisation des menschlichen Zusammenlebens und der Wechselwirkung mit der Natur. Wachstum ist zwar auch weiterhin möglich, sogar erforderlich, es muss aber in eine andere Richtung gehen. Extensives Wachstum, das mit steigenden energetischen und ökologischen Kosten verbunden ist, ist zu einer Existenzbedrohung geworden.

### **Strategien der ökonomischen und ökologischen Zukunftsgestaltung**

Extensives Wachstum muss durch intensives Wachstum abgelöst werden, das in erster Linie mit neuen umweltfreundlichen Erfindungen und Technologien verbunden ist. Als ein Beispiel dafür betrachten wir das Internet, eine völlig neue Kommunikationstechnologie, die mit ganz geringen energetischen Kosten verbunden ist (Rifkin, 2014). Viele Leute, die sich für weitblickend halten, warnen heute vor den Gefahren des Internets. Sicher darf man die damit verbundenen Probleme nicht vernachlässigen, aber sie sind sicher klein im Vergleich zu der Existenzbedrohung, die mit neuen Verhaltensweisen der Reichen in den entwickelten Ländern zusammenhängen, wie das Streben nach mindestens einem Auto oder sogar SUV pro Person, wie Weltreisen auf riesigen Luxusschiffen, Kurzurlaube auf der anderen Seite des Planeten, Fallschirm- oder Bungee-Springen am Wochenende, usw. Solche energieverschwendenden Gewohnheiten zielen genau in die falsche Richtung, in den kollektiven ökologischen Selbstmord. Auf jeden Fall ist eine abendliche Surf-Tour im Internet für unseren Plane-

ten verträglicher als ein Trip mit dem Rover durch die Wälder in der Nachbarschaft. Menschen, die in ihrer Freizeit dichten oder tanzen, singen oder Bücher verfassen, verhalten sich sicher umweltverträglicher als die Liebhaber langer Reisen im Flugzeug oder in schnellen schweren Autos. Wer vorwiegend Produkte kauft, die in der Nähe hergestellt wurden, trägt zur Senkung des immer unsinniger steigenden Transportaufwandes und zur Entlastung der Straßen bei.

Patentrezepte gibt es bisher weder für die Entwicklung neuer energiesparender und die Umwelt schonender Technologien, noch für neue Formen des Verbraucherverhaltens und der Freizeitgestaltung. Die überlebenssichernden Wege in die Zukunft sind nicht vorprogrammiert, sie müssen in einem langwierigen adaptiven Suchprozess aus einer riesigen Diversität potentieller Möglichkeiten durch Bewertung und Optimierung erst gefunden werden. Folgende Momente sind nach unserer Auffassung von zentraler Bedeutung für das Finden solcher Wege:

- eingeschränkte Selbstorganisation und Kontrolle von Instabilitäten,
- Diversität der Arten und Bewegungsformen, Denk- und Lebensweisen,
- Selbstbeschränkung der thermodynamischen und ökologischen Kosten,
- Kreativität, Innovativität und Toleranz,
- Wahrung der Interessen künftiger Generationen,
- Bereitschaft zu einer Veränderung von Lebensweisen, und
- bedingungslose Ächtung von Kriegen mit Massenvernichtungswaffen.

Um solche Forderungen, die relativ abstrakt sind, bei einem großen Kreis von Menschen in das Bewusstsein zu rücken, ist vielleicht eine anschaulichere Formulierung in Form von 5 Geboten nützlich. Wir unterbreiten als ersten Ansatz, in Anlehnung an frühere Formulierungen (Ebeling und Feistel, 1994) folgenden Vorschlag von einigen Geboten:

1. Gebot: Jedermann ist verpflichtet, sich an einen ökologisch vertretbaren Durchschnitt im Verbrauch wertvoller Energie (Produktion von Entropie) zu halten. Die unberechtigte Überschreitung dieses Durchschnitts ist eine ökologische „Todsünde“. Sie wird von der Gesellschaft mit progressiv steigenden Kosten oder Steuern belegt.
2. Gebot: Jedermann ist verpflichtet, die natürliche Umwelt, die Menschen, Tiere, Pflanzen und besonders die Wälder zu schützen und zu erhalten. Jede ökologisch unvertretbare Umweltbelastung ist eine existenz-bedrohende „Sünde“ und wird von der Gesellschaft mit Kosten und Strafen belegt. Bombenkriege sind verboten, sie sind eine „Todsünde“.
3. Gebot: Jedermann ist gehalten, der Sicherung der Lebensqualität künftiger Generationen höchste Priorität zu geben. Auch das Wachstum der Weltbevölkerung und ihres gesamten Umsatzes an Energie und Rohstoffen muss auf freiwilliger Basis auf das energetisch-zulässige hin orientiert werden.
4. Gebot: Jedermann ist gehalten, Diversität, die nicht den Energiehaushalt oder die Umwelt belastet, zu unterstützen und zu fördern. Die Vielfalt der biologischen Arten und gesellschaftlichen Kulturen ist zu schützen und zu entwickeln. Diversität ist ein Recht. Niemand darf anderen Menschen, Gruppen, Völkern seine Lebensweise und seine Werte aufzuzwingen.
5. Gebot: Jedermann ist gehalten, Kreativität, Innovativität und Suche nach neuen Lösungen zu fördern. Intoleranz, welche die Kreativität der Anderen einschränkt, ist auch eine „Sünde“. Man soll sich notwendigen Veränderungen nicht verschließen, sondern sie tolerieren und dabei voranzugehen.

Abschließend bemerken wir, dass Gebote, die den Charakter moralischer Imperative tragen, ohne Gesetze oder Vorschriften ziemlich unverbindlich bleiben. Die gesellschaftlichen Organisationen, die Parteien, der Staat und die internationalen Organisationen müssen hier in die Pflicht genommen werden. Weiterhin verweisen wir auf die sehr verdienstvollen Ansätze zur Entwicklung der Prinzipien

einer neomodernen Ethik (Hörz und Hörz 2013), die ein umfassenderes Gerüst für die Bewältigung dieser Fragen bieten könnte.

Wie könnte eine politische Zukunftsgestaltung für Europa aussehen? Bei kritischen Problemen sollte Europa vorangehen. In Europa wurde zuerst die Idee der Demokratie in Griechenland entwickelt, England verdankt man die Erfindung des parlamentarischen Systems, und die Französische Revolution hat die Leitprinzipien „Liberté, égalité, fraternité“ aufgestellt. In Europa wurde auch von Frauen wie Olympe de Gouges und Clara Zetkin die Bewegung für die Gleichberechtigung der Frauen und von Bertha von Suttner und Rosa Luxemburg die Antikriegsbewegung mit der Losung „Nie mehr Krieg“ entwickelt. Es muß hier nicht ausgeführt werden, welche technischen Errungenschaften die Welt Europa verdankt, aber so viel sei gesagt, dass für die großen Erfinder Europa eine Einheit war, wie für Werner von Siemens, der 1852 den europäischen Großauftrag zur Errichtung von Telegraphenverbindungen von Warschau nach Petersburg und von Petersburg nach Moskau übernahm.

Was gehört zu den aktuell zu lösenden politischen Aufgaben? Im Inneren sollte das primäre Ziel sein, die Prinzipien Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit der französischen Revolution durchzusetzen. In letzter Zeit liest man in den Medien nur noch die Forderung nach mehr „Freiheit“, das Wort Demokratie wird nur noch selten genannt und das Wort Brüderlichkeit kaum noch. Freiheit für wenige reicht nicht aus. Es folgt die Aufgabe einer starken Reduzierung der Rüstungsausgaben. Die von der EU geplante Erhöhung bedeutet auch eine Vergrößerung der Kriegsgefahr. Die dringendste außenpolitische Aufgabe ist eine Stabilisierung des benachbarten Kontinents Afrika und des Orients. Innerhalb von Europa wäre eine Wiederherstellung des historischen Europa anknüpfend etwa an die Politik von Österreich vor dem 1. Weltkrieg und anderer weitsichtiger Politiker und Unternehmer wie Bismarck, Siemens und Rathenau wünschenswert und ratsam. Auch in Anbetracht bevorstehender Klimaveränderungen, verbunden mit Temperaturerhöhungen, ist die gemeinsame und friedliche Erschließung von bisher nicht intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen in Osteuropa und in ferner Zukunft auch im fernen Sibirien erforderlich. Es ist besonders wichtig, die vorhandene Vielfalt Europas im ethnischen, sprachlichen, sozialen, geistigen und kulturellen Bereich weiter zu entwickeln.

Wenn es um die Zukunft Europas geht, so sollte man aus unserer Sicht den Bestrebungen einiger Seiten, einen neuen Keil zwischen Ost- und Westeuropa zu treiben, vielleicht sogar einen neuen Krieg vorzubereiten, energisch entgegentreten. Das wäre vor dem Hintergrund der europäischen Geschichte und auch der prognostizierten Klimaänderungen in den folgenden 100 – 1000 Jahren eine völlig verfehlte, kurzsichtige und sogar katastrophale Strategie, die Europa wieder in ein Chaos der Konflikte und in eine aussichtslose Zukunft führen würde. Es bleibt „das Prinzip Hoffnung“, dass es gelingen wird, die Utopie eines friedlichen Europa und einer Menschheit zu verwirklichen, die Konflikte und auch Klimaänderungen ohne Krieg austrägt und einen bescheidenen Wohlstand für alle realisiert, ohne die Umwelt zu zerstören.

## 8. Literatur

- Anishchenko, V.S., Astakhov, V.V., Neiman, A.B., Vadivasova, T.E., Schimansky-Geier, L., *Nonlinear dynamics of stochastic and chaotic systems*, Springer Heidelberg 2002.
- Anishchenko, V.S., Ebeling, W., Romanovsky, Yu.M., eds., Yu. Klimontovich. *Erinnerungen von Kollegen und persönliche Bemerkungen zu Wissenschaftlern (in Russ.)*, Izd. College, Saratov 2005
- Bak, P., Chen, K., *Selbstorganisierte Kritizität. Spektrum der Wissenschaft* März 1991
- Barkhausen, H., *Das Problem der Schwingungserzeugung mit besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen*, Hirzel Leipzig 1907
- Behringer, W., *Kulturgeschichte des Klimas. Von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung*, C.H. Beck, München 2007; engl. Übersetzung Cambridge 2010
- Bojanowski, A., *Zum UNO-Bericht*, Spiegel-Online 27. Sept. 2013

- Brunner, G., Technische Optionen der Energieversorgung. In: Joos, F. (ed.): *Energiewende – Quo vadis?* Springer Fachmedien Wiesbaden 2016, p. 7-18
- Bunde, A. Kropp, J., Schellnhuber, H.J. (eds), *The science of disaster*, Springer 2002
- Bloch, E.: *Das Prinzip Hoffnung*. Suhrkamp Frankfurt a. M., 1985
- Bothe, H.G., Ebeling, W., Kurzhansky, A.B., Peschel, M., eds. , *Dynamical Systems and Environmental Models*, Akademie-Verlag Berlin 1987
- Chomsky, N., *Wer beherrscht die Welt? Die globalen Verwerfungen der amerikanischen Politik*, Ullstein Berlin 2015
- Conrad, M. *Adaptability: The Significance of variability from molecule to ecosystems*, Plenum 1983.
- Chernavsky, D.S. , *Synergetik und Information (in Russ.)*, Nauka Moskva 2001
- Capra, F.: *Wendezeit*, Bern-München (Scherz-Verlag) 1983
- Cramer, F.: *Chaos und Ordnung. Die komplexe Struktur des Lebendigen*. Insel Verlag 1993
- Dahrendorf, R,: *Pfade aus Utopia*, Piper, München-Zürich, 1986
- Dill, H.O., *Der subversive Diskurs über den Europa-Begriff von den Anfängen bis zur Französischen Revolution*, Leibniz Online, Nr. 26 (2017)
- Dress, A., Hendrichs, H., Küppers, G. (Hrsg.): *Selbstorganisation*. München-Zürich 1986
- Dosi, G., Freeman, Ch., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (Eds.): *Technical Change and Economic Theory*. Pinter London 1988
- Ebeling, W., *Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen. Einführung in die Theorie dissipativer Strukturen*, Teubner-Verlag, Leipzig 1976; Russ. Übers. Mir Moskva 1979; überarbeitete russ. Fassung R&C Dynamics Moskva-Ishevsk 2003
- Ebeling, W., Peschel, M., eds., *Lotka-Volterra Approach to Cooperation and Competition in Dynamic Systems*, Akademie-Verlag Berlin 1985.
- Ebeling, W.: *Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen*, Teubner Leipzig & Stuttgart 1976; Russ. Übers. Moskau 1979
- Ebeling, W., *Chaos, Ordnung und Information*. Urania-Verlag / Verlag H. Deutsch , Leipzig/Frankfurt/M. 1989
- Ebeling, W., Feistel, R.: *Physik der Selbstorganisation und Evolution*. Berlin Akademie-Verlag 1982, 1986
- Ebeling, W., Engel, A., Feistel, R: , *Physik der Evolutionsprozesse*, Akademie-Verlag, Berlin 1990, Russ. Übers. URSS, Moskva 2001
- Ebeling, W., Feistel, R., *Chaos und Kosmos, Prinzipien der Evolution*, Spektrum-Verlag, Heidelberg-Berlin-Oxford 1993, Russ. Übersetzung RCD Ishevsk 2004
- Ebeling, W., Freund, J. Schweitzer, F. , *Komplexe Strukturen: Entropie und Information*, Teubner-Verlag, Stuttgart – Leipzig 1998
- Ebeling, W., H. Engel, H. Herzel: *Selbstorganisation in der Zeit*, Akademie-Verlag Berlin 1990
- Ebeling, W., Scharnhorst, A., *Modellierungskonzepte der Synergetik und Theorie der Selbstorganisation*, In: N.Braun, N. Saam (eds), *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*, Springer Wiesbaden 2014, S. 419 – 452.
- Ebeling, W. , *Klimaschwankungen aus der Sicht der statistischen Physik und Chaostheorie*, Leibniz Online, Nr. 17, <http://leibnizsozietat.de/category/publikationen/leibniz-online>
- Ebeling, W., *Physical basis of information and the relation to entropy*, Eur. J. Phys. ST **226**, 161 – 176 (2016)

- Eigen, M., Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules, *Naturwissenschaften* 58, 465 (1971)
- Eigen, M., Schuster, P., The hypercycle: a principle of natural selforganization. *Naturwissenschaften* 64, 443-565 (1977)
- Eigen, M.: *Stufen zum Leben. Die frühe Evolution im Visier der Molekularbiologie.* Piper-Verlag (München-Zürich) 1987
- Erpenbeck, J. (1993): *Wollen und Werden.* Universitätsverlag, Konstanz
- Fechner, G.T. (1873): *Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen.* Leipzig
- Feistel, R. (1990): Ritualisation und die Selbstorganisation der Information. In: Feistel, R. (2015): Salinity and relative humidity: climatological relevance and metrological needs. *Acta IMEKO* 4, 57-61, doi: IMEKO-ACTA-04 (2015)-04-11
- Feistel, R., Salzgehalt des Meeres und relative Feuchte der Luft: Rolle im Klimasystem und Probleme ihrer Definition. *Leibniz Online*, Nr. 25 (2017):  
<http://leibnizsozietat.de/category/publikationen/leibniz-online/>
- Feistel, R., Ebeling, W., *Evolution of Complex Systems.* Kluwer, Dordrecht, Boston, London 1989
- Feistel, R., Ebeling, W., *Physics of Self-Organization and Evolution,* Wiley-VCH Verlag Weinheim 2011
- Feistel, R., Ebeling, W., Entropy and the Self-Organization of Information and Value. *Entropy* 18, 193 (2016); doi:10.3390/e18050193
- Flechtheim, O.K., *Ist die Zukunft noch zu retten?* Heyne Verlag München 1990
- Gebhardt, G., Hermann Ley als Nestor einer Nische für freies Denken in einer erstarrten Gesellschaft. In: K.-F. Wessel et al, *Grünwald* 2012
- Glandsdorff, P., Prigogine, I., *Thermodynamical theory of structure, stability and fluctuations,* Wiley, London 1971; Russ. Übersetzung Mir 1973.
- Gleick, J., *Chaos – die Ordnung des Universums: Vorstoß in Grenzbereiche der modernen Physik.* Droemer-Knaur 1988
- Gould, S.J. (Hrsg.): *Das Buch des Lebens.* Köln (vgs) 1993
- Haken, H.: *Erfolgsgeheimnisse der Natur.* Stuttgart (Dt. Verlagsanstalt) 1981
- Haken, H.: *Information and Selforganization.* Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1988
- Haken, H., Haken-Krell, M.: *Entstehung von biologischer Information und Ordnung.* Darmstadt (Wiss. Buchgesellschaft) 1989
- Haken, H., Haken-Krell, M.: *Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung,* Stuttgart (Dt. Verlagsanstalt) 1992
- Haken, H.: *Synergetik, Eine Einführung,* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1978; Russ. Übersetzung Mir Moskau 1980.
- Haken, H., *Information and Selforganization,* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1988; Russ. Übers. Mir 1991
- Haken, H, Plath, P.J., Ebeling, W., Romanovsky, Yu.M., *Beiträge zur Geschichte der Synergetik, Allgemeine Prinzipien der Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft,* Springer Spektrum, Wiesbaden 2016; Übers. ins Russ., R&C Dynamics, Moskva – Ishevsk 2017
- Hartmann, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F.J., Dlugokencky, E.J., Easterling, D.R., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M., Zhai, P.M. (2013): *Observations: Atmosphere and Surface.* In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J.

- Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Hasselmann, K. , Is climate predictable, In: A. Bunde et al., I.c. (2002)
- Hörz, H., Materialistische Dialektik. Aktuelles Denkinstrument zur Zukunftsgestaltung. Berlin: trafo Verlag 2009
- Hörz, H. Ist Marxismus noch zeitgemäß? Erfahrungen, Analysen, Standpunkte. trafo Verlag, Berlin 2017
- Hörz, H.E., Hörz, H., Ist Egoismus unmoralisch? Prinzipien einer neomodernen Ethik, Trafo-Verlag Berlin 2013.
- Jänicke, M., Mönch, H., Binder, M. u.a.: Umweltentlastung durch industriellen Strukturwandel, Bohn Verlag . Berlin 1992
- Kaplan, R.W.: Der Ursprung des Lebens, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1978
- Kauffman, S.A.: The Origins of Order, Oxford University Press New York – Oxford 1993
- Klix, F.: Die Natur des Verstandes, Hogrefe-Verlag Göttingen 1992
- Klimontovich, Yu.L., Turbulent Motion. The Structure of Chaos, Kluwer Dordrecht 1991
- Klimontovich, Yu.L., Anstriche zu den Porträts von Wissenschaftlern und offene Fragen der statistischen Physik (in Russ.), Moskva Janus 2005.
- Komlosy, A.: Arbeit. Eine globalhistorische Perspektive 13. bis 21. Jahrhundert. Promedia Verlag Wien 2015. (siehe die Rezension dazy von H.O Dill, Leibniz Online 26 (2017)
- Komlosy, A., Arbeit. Eine globalhistorische Perspektive. 13. -21. Jahrhundert. Eine Buchvorstellung, Leibniz – Online **27** (2017).
- Krohn, W., Küppers, G., Hrsg. , Selbstorganisation – Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution, Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 1990
- Küppers, B.-O.: Ordnung aus dem Chaos. Prinzipien der Selbstorganisation und Evolution des Lebens. Piper-Verlag München-Zürich 1987
- Kurths, J, Herzel, H., An attractor in a solar time series, Physica D **25**, 165 (1987)
- Laitko, H., Dikussionsbemerkung zum Vortrag von Hans-Otto Dill, Leibniz Online, Nr. 26 (2017)
- Landa, P. , Autooscillations (in Russ.), Nauka, Moskau 1980, Nonlinear Oscillations and Waves (in Russ.), Nauka, Moskau, 1997; Regular und chaotic oscillations, Springer, Berlin-Heidelberg. 2001
- Lanius, K.: Natur im Wandel, Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag) 1994
- Lu, X., McElroy, M.B., Kiviluoma, J., Global potential for wind-generated electricity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **106**, 10933-10938 (2009), doi: 10.1073/pnas.0904101106
- Lüders, M., Wer den Wind sät. Was westliche Politik im Orient anrichtet, Beck – Verlag München 2016.
- Mahnke, R., Schmelzer, J., Röpke, G.: Nichtlineare Phänomene und Selbstorganisation. Teubner-Verlag Stuttgart 1992
- Mandelbrot, B.B.: Die fraktale Geometrie der Natur, Birkhäuser-Verlag Basel 1987
- Marois, M., ed. , Theoretical Physics and Biology, North Holland, Amsterdam 1989
- Mikhailov, A.S. , Foundations of Synergetics I, Springer, Berlin-Heidelberg, New York 1989
- Mikhailov, A.S., Loskutov, A.Yu. , Foundations of Synergetics II, Springer, Berlin -Heidelberg, New York 1991
- Mikhailov, A.S. , Foundations of Synergetics I, Springer, Berlin-Heidelberg, New York 1989

- Marois, M., ed. , Theoretical Physics and Biology, North Holland, Amsterdam 1989
- Meier, K., Strech, K.-H.: Tohuwabohu. Chaos und Schöpfung, Aufbau-Verlag Berlin 1991
- Nicolis, G, Prigogine, I., Selforganization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations, 1977, Russ. Übers. Mir Moskau 1980
- Nicolis, G., Prigogine, I.: Die Erforschung des Komplexen. Piper-Verlag München-Zürich 1987
- Parthey, H. (Hrsg.): Das NEUE. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft. Berlin Akademie-Verlag 1989
- Peitgen, O., Richter, P.H.: The Beauty of Fractals. Images of Complex Dynamical Systems. Springer Berlin-Heidelberg 1986
- Peschel M., Mende, W.: The predator-prey model. Do we live in a Volterra world? Akademie-Verlag Berlin 1986
- Plimer, I., Heaven and Earth. Global warming the missing science, Taylor Trade Publ., Ianham New York 2009
- Pollack, H.N., Hurter, S.J., Johnson, J.R.: Heat Flow from the Earth's Interior: Analysis of the Global Data Set. Reviews of Geophysics **30**, 267-280 (1993).
- Prigogine, I: Thermodynamics of irreversible processes, Liege 1947.
- Prigogine I., Defay, R.: Chemical Thermodynamics, Longmans 1954
- Prigogine, I., Stengers, I.: Dialog mit der Natur. Heidelberg-München, Piper 1981
- Prigogine, I. , From Being to Becoming, Freeman San Francisco 1980; Russ. Übers. Nauka Moskau 1985
- Prigogine, I., Nicolis, G.: J. Chem. Phys. 46, 3542 (1967)
- Prigogine, I., Structure, dissipation and life, in: Theoretical Physics and Biology, ed. M. Marois, North Holland, Amsterdam 1969.]
- Protopsaltis, C., Air pollution caused by war activity, WIT Transactions on Ecology and The Environment, 157, 97 (2012)
- Radkau, J., Geschichte der Zukunft. Prognosen, Visionen, Irrungen in Deutschland von 1945 bis heute, Hanser, München, 2017
- Riedl, R.: Evolution und Erkenntnis. Piper-Verlag München-Zürich 1982
- Rifkin, J. , The Zero Marginal Cost Society: The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism. Palgrave Macmillan, New York 2014
- Romanovsky, Yu.M., Stepanova, N.V., Chernavsky, D.S. , Mathematische Modellierung in der Biophysik (in Russ.), Nauka Moskva 1975, Engl. Ed., Moskva-Ishevsk 2004
- Romanovsky, Yu.M., Stepanova, N.V., Chernavsky, D.S., Mathematische Biophysik (in Russ.), Nauka Moskva 1984
- Ruelle, D.: Zufall und Chaos. Springer Verlag Berlin u.a. 1993
- Sagan, C.: Die Drachen von Eden. Droemer Knaur München-Zürich 1978
- Schroeder, M.: Fractals, Chaos, Power Laws. Freeman & Co New York 1991
- Schuster, H.G.: Deterministisches Chaos, Verlag Chemie Weinheim 1984
- Self, S., Phil. Trans. R. Soc. A 364, 2073-2097 (2006)
- J. Stiglitz, siehe *The Stiglitz Report. New York: The New Press. 2010. [ISBN 978-1595585202](https://doi.org/10.1017/9781595585202).*
- Stratonovich, R.L., Selected topics in the theory of random noise, in Russ. Sov. Radio 1961 , in Engl. Gordon and Breach 1963, 1967; Nonlinear nonequilibrium thermodynamics, Springer, Berlin 1994



- Vaughan, D.G., J.C. Comiso, I. Allison, J. Carrasco, G. Kaser, R. Kwok, P. Mote, T. Murray, F. Paul, J. Ren, E. Rignot, O. Solomina, K. Steffen, T. Zhang (2013): Observations: Cryosphere. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Volkenstein, M.V. : Biophysics, Nauka Moskva (in Russ), in Engl. Nauka 1981
- Voßkamp, W. (Hrsg.): Utopieforschung. Suhrkamp Frankfurt a.M., 1985
- Weizsäcker, E.U. v.: Erdpolitik. Ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt. Darmstadt 1990
- Wessel, K.F., Laitko, H. Diesner, T., Hermann Ley – Denker einer offenen Welt, USP Publ. Kleine Verlag, Grünwald 2012
- Zhabotinsky, A.M., Schwingungen der Konzentration (Russ.), Nauka Moskau 1974
- Zhang, G.J., Cai, M., Hu, A. , Energy consumption and the unexplained winter warming over northern Asia and North America. Nature Climate Change **3**, 466-470, doi: 10.1038/nclimate1803 (2013)

*Adresse der Verfasser:*

[werner\\_ebeling@web.de](mailto:werner_ebeling@web.de)

[rainer.feistel@io-warnemuende.de](mailto:rainer.feistel@io-warnemuende.de)



---

## Zur Verantwortung von Natur- und Technikwissenschaftlern und zum Klimaproblem

*Werner Ebeling und Lutz-Günther Fleischer*

*Berlin, MLS*

Veröffentlicht: 2. September 2022

---

### Abstract

This paper continues the discussion started at Leibniz Day 2022 on the responsibility of scientists from the perspective of a physicist and an interdisciplinary natural and technical scientist. It is assumed that energy can neither be created nor destroyed, but that the various forms of energy can be converted into each other, that energies (generic term) can be accumulated on different practicable energy carriers. In the spirit of theodicy, there are thus various effective and so far, insufficiently used measures from a natural science and technology perspective to decisively improve the climate-relevant balances.

### Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die auf dem Leibniz-Tag 2022 begonnene Diskussion um die Verantwortung von Wissenschaftlern aus der Sicht eines Physikers und eines interdisziplinär arbeitenden Natur- und Technikwissenschaftlers fortgesetzt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Energie weder erschaffen noch vernichtet werden kann, wohl aber die vielfältigen Energieformen ineinander umwandelbar, Energien (Oberbegriff) auf verschiedenen praktikablen Energieträgern akkumulierbar sind. Im Sinne der Theodizee gibt es demgemäß aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht verschiedene effektive und bisher unzureichend genutzte Maßnahmen, um die klimarelevanten Bilanzen entscheidend zu verbessern.

### Keywords/Schlüsselwörter

responsibility, energy, entropy, carbon dioxide, thermodynamics of irreversible processes  
Verantwortung, Energie, Entropie, Kohlendioxid, Thermodynamik irreversibler Prozesse

Auf dem Leibniz-Tag 2022 war das Referat der Präsidentin der Leibniz-Sozietät Gerda Haßler der leibnizischen Theodizee und der Verantwortung von Wissenschaftlern für eine bessere Welt gewidmet. Die hier vorgelegten Überlegungen sind aus der Diskussion dazu entstanden (Ebeling/Fleischer 2022).

Bekanntlich hat Leibniz mit seiner Theodizee einen Rahmen für die Diskussion der Verantwortung der Wissenschaften für eine bessere Welt gegeben. Die Wahrnehmung dieser Verantwortung ist sicher spezifisch für die einzelnen Wissenschaftszweige, aber für alle Wissenschaften fundamental.

Leibniz unterschied drei Klassen des Übels: *malum morale* (das moralische Übel), *malum physicum* (das physikalische Übel) und das *malum metaphysicum* (das metaphysische Übel). Wir diskutieren hier nur das *malum physicum* aus der Sicht eines Physikers und eines interdisziplinär arbeitenden Natur- und Technikwissenschaftlers. Wir sehen bei einer Entdeckung oder Erfindung die Verantwortung der Wissenschaftler primär darin, die absehbaren Folgen verschiedener Anwendungen (aber auch der bewussten Nichtnutzung des Möglichen) zu diskutieren und abzuwägen. Hinsichtlich drängender globaler Fragen, wie dem essentiellen Klimawandel, bedeutet das, möglichst effiziente Maßnahmen aus einem komplexen

Möglichkeitsfeld zu erkunden und gegeneinander abzuwägen. Entscheidungen darüber sind dann wesensgemäß gesamtgesellschaftliche Aufgaben und Gegenstand einer nachhaltigen Politik. Nachdem in der Mitte des 20. Jahrhundert die Energie der Kernspaltung eine erste militärische Nutzung fand, ist sehr viel dazu gesagt worden. Das führte bis zur Behauptung, dass die Hauptverantwortung für Hiroshima und Nagasaki bei Einstein, Hahn und Meitner läge. Das geht zu weit und negiert historische Sachverhalte. Die Frage nach der Rolle von Kernkraftwerken für eine CO<sub>2</sub>-arme Energiewirtschaft scheint dagegen international gesehen, offen zu sein. Das betrifft insbesondere die Nutzung der Kernfusion, einer noch im Erprobungsstadium befindlichen Technologie, die den Mechanismus der Fusionsprozesse in der Sonne in einem irdischen Kraftwerk simulieren soll und die eine Technologie der Zukunft sein könnte.

Man hört häufig im Funk, sieht im Fernsehen und liest in der Presse: „Die Wissenschaft sagt, oder die Wissenschaft ist sich einig“. Da handelt es sich jedoch um ein Missverständnis über das Wesen der Wissenschaft. Wissenschaft entsteht in der Diskussion und im schöpferischen Streit mit Argumenten. Das Richtige setzt sich häufig erst in einem längeren Findungsprozess durch, es kann nicht durch Abstimmung gefunden werden. Wer Wissenschaft ernst nehmen will, darf ihre Vielstimmigkeit und das immanente Austragen von Meinungsverschiedenheiten nicht ignorieren.

Das revolutionäre astronomische Modell des Kopernikus fand unter Fachgenossen anfangs nur wenige Anhänger und Galilei, der sich dafür einsetzte, wurde hart bestraft. Hätte man im ersten Jahrzehnt nach Einsteins neuen Theorien darüber abgestimmt, hätten sie keine Mehrheit bekommen. Wissenschaft ist immer ein Spektrum von Meinungen und „die Wissenschaft“ gibt es nicht, sie entwickelt sich ständig weiter. Wissenschaft ist ein vielfältiges Spektrum von Thesen und Gegenthesen, in der sich das Richtige langsam durchsetzt. Als Prozess stellt sich die Wissenschaft neben neuen Problemen fortgesetzt verallgemeinernde und vertiefende Fragen, Wissenschaft prüft mit verbesserten experimentellen Methoden und Instrumentarien, mit modellgestützten Simulationen sowie theoretischen Ansätzen und präzisiert ihre stets zeitweiligen Antworten.

Eine besondere Herausforderung für die heutige Wissenschaft ist ohne Zweifel das Problem der nichtlinearen Entwicklung des Weltklimas und die Erforschung besonders effektiver Maßnahmen, um einen weiteren Anstieg der Temperatur und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden.

Zur Anatomie und Genese der gefährlichen, möglicherweise katastrophalen Veränderungen des Klimas und der Umwelt haben wir einige Überlegungen angestellt und uns als Leibnizianer gefragt: Was wäre den großen Denkern in der leibnizischen Akademie, wie Helmholtz, Clausius, Nernst, Hertz, Einstein und Prigogine zur Klimakrise eingefallen? Unsere Vordenker hätten empfohlen, grundsätzlich heranzugehen und insbesondere die entscheidenden Bilanzen der physikalischen Grundgrößen wie Energie, Entropie und Stoffmengen zu prüfen. Sie sahen sich dem Grundsatz verpflichtet, in erster Linie die Naturgesetze zu respektieren. Der erste Hauptsatz der allgemeingültigen Physik besagt, dass Energie weder erschaffen noch vernichtet werden kann. In Bezug auf das Klima heißt das, die von der Sonne an der Erdoberfläche empfangene Strahlungsenergie von etwa 230 Watt pro Quadratmeter ist die entscheidende energetische Determinante der Erde, auf der wir leben. Mehr kann prinzipiell nicht genutzt werden. Die ebenso wichtige Entropiebilanz, die aus der Temperaturdifferenz zwischen Erde und Weltraum resultiert, weist für den Entropieexport den Betrag von 1 Watt pro Quadratmeter und Kelvin aus. Das entspricht einem ständigen Export von Entropie. Die Produktion von Entropie auf unserem Planeten darf im Durchschnitt den Betrag von 230 Watt/Kelvin pro Quadratmeter nicht übersteigen, anderenfalls wachsen Unordnung und Chaos über alle Maße. Zum besseren Verständnis: *Entropieproduktion* bedeutet

in jedem Fall die Entwertung wertvoller (freier, arbeitsfähiger) Energien, Exergieverlust, besonders die Umwandlung elektromagnetischer Strahlung, Elektroenergie, mechanischer Energie in Wärme oder der chemischen Energien bei Bränden und Explosionen in mechanische Energie und letztlich wiederum in Wärme. Unser Planet erwärmt sich folgeschwer, wenn die natürlichen und anthropogenen Prozesse, die von der Sonneneinstrahlung gegebenen naturgesetzlichen Grenzen überschreiten. Diese entscheidende Bilanz droht seit dem vergangenen Jahrhundert zu entgleisen. Die Sicherung und der Erhalt jener Vielzahl und Vielfalt, essentieller, teils interagierender oder gar gekoppelter, *dynamischer Gleichgewichte* im kompartimentierten Erdsystem bedarf *obligatorisch* der ständigen mengenäquivalenten Kompensation der *Entropieproduktion*. Diese ist die naturgesetzliche Folge irreversibler (natürlicher) Prozesse und intensivierter, sich zudem ausdehnender Aktivitäten der Menschen sowie ressourcenaufwändiger Lebens- und Entwicklungsbedingungen. Die Regelung des bilanzierten Systems, durch die Entropieproduktion ausgeglichen wird, erfolgt über den *Entropieexport* und/oder die *Zufuhr freier Energie/Enthalpie* (negativer Entropie – bzw. in sprachlicher Kurzform: Negentropie). Beide etablierten Begriffe sind u.U. verwirrend, eigentlich überflüssig.

Ludwig Boltzmann, der die *statistischen Methoden und Deutungen* in die Physik einführte, damit wesentliche Grundlagen für die sich herausbildende Mikrophysik schuf und für den zweiten Hauptsatz eine allgemeiner gültige *statistische Entropie* definierte, erklärte schon 1886:

„Der allgemeine Lebenskampf der Lebewesen ist daher nicht ein Kampf um die Grundstoffe – auch nicht um Energie, welche in Form von Wärme, leider unverwandelbar, in jedem Körper reichlich vorhanden ist, sondern ein *Kampf um die Entropie*, welche durch den Übergang der Energie von der heißen Sonne zur kalten Erde disponibel wird [...], ehe sie auf das Temperaturniveau der Erdoberfläche herabsinkt“ (Boltzmann 1976 [1886]: 338).<sup>1</sup>

Eine ausführlichere Darstellung der dabei ablaufenden irreversiblen Prozesse mit dem Entropieexport bzw. der Zufuhr freier Enthalpie sowie der darauf basierenden Selbstorganisation in lebenden Systemen, offerieren Ebeling und Feistel (Feistel/Ebeling 2011: 63–76). Die faktisch einzige, zudem außerordentlich ergiebige natürliche Quelle für den Entropieexport, der unserer Erde und damit den lebenden Systemen (mit ihren selbstorganisierenden Ordnungen) zur Verfügung steht, sind die *Lichtquanten der primären Solarstrahlung*. Sinnvollerweise fußt darauf auch die Energiewende bei der konsequenten Substitution der fossilen Energien, jener sich erschöpfenden Quelle, einer Ressource.

Die beachtenswerten Stoffbilanzen der Erde sind fast ausgeglichen, d.h. die chemischen Elemente sind bis auf einen ganz kleinen, häufig wechselseitigen Transfer mit dem Weltraum in nahezu konstanter Menge vorhanden und können nur in andere chemische Verbindungen umgewandelt werden. Die neutralen Stoffbilanzen, die Energie- und Entropiebilanzen (oder in Einem, die Exergiebilanzen, d.h. der in Bezug auf die Umgebungstemperatur arbeitsfähigen Energie) sind die physikalischen und letztlich *entscheidenden Determinanten der Evolution unseres Planeten*. Für die Klimaentwicklung sind vor allem die Bilanzen der Stoffflüsse von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff wichtig. Diese Stoffe wurden in der Erdgeschichte zwischen der Atmosphäre und der Kruste hin- und her transferiert und immer wieder umgeformt. Vor Jahrmilliarden waren vorwiegend Wasserstoff in freier Form und als Wasserdampf sowie Sauerstoff und Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> gebunden in einer reduzierenden Atmosphäre vorhanden. Es gab also schon einmal ein CO<sub>2</sub>-Problem. Dann erst „erfand“ die Evolution primitive Lebewesen und später die Pflanzen, welche die Photosynthese beherrschten,

---

<sup>1</sup> Originalzitat Ludwig Boltzmanns in der von Engelbert Broda – nach erhaltenen Schriften Boltzmanns – als Kurzfassung entworfenen Rekonstruktion seines verschollenen Vortrags mit dem wiedergegebenen Titel zur Jahreshauptversammlung der Philosophischen Gesellschaft am 28. Oktober 1905 in Wien.

die mit Hilfe des Sonnenlichtes CO<sub>2</sub> spalten konnten. Die Photosynthese der Pflanzen war von zentraler Bedeutung für die Evolution und hat über Jahrmilliarden hinweg die heutigen Bedingungen und insbesondere die heutige Atmosphäre mit freiem Sauerstoff, freiem Stickstoff und einem kleineren Anteil von CO<sub>2</sub> geschaffen. Der entstehende Kohlenstoff wurde zum Teil in riesigen Lagerstätten von Kohle und Kohlewasserstoffen in der Erdrinde geparkt und von der modernen Industrie unverantwortlich stark ausgebeutet. Ein geringerer Teil verblieb als CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre oder wurde in den Ozeanen gelöst. Der CO<sub>2</sub>-Anteil in der Atmosphäre ist erst im industriellen Zeitalter wieder messbar angewachsen und gefährdet heute – wegen seiner Kopplung mit der Temperaturentwicklung – das globale Klima, die Existenz und Lebensweise der Menschheit.

Das 1,5-Grad-Ziel zur Begrenzung des folgenschweren Klimawandels ist ein markanter Aspekt der zumindest verlaublichen weltweiten Gefahren-Abwehr. Mit noch größerer Besorgnis beobachten Erdsystem- und Resilienzforscher aber die – von der Allgemeinheit kaum reflektierten – so genannten *Kipppunkte*. Die nach deren Überschreiten im komplexen Klimasystem ausgelösten plötzlichen irreversiblen Veränderungen würden möglicherweise zu Kettenreaktionen im Erdsystem führen.

Der Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), Johan Rockström, warnt vor einem möglichen Kontrollverlust (Rockström 2021). Wir sollten daher mit geschärftem Verantwortungsbewusstsein die Nettobilanzen des irreversiblen Wandels optimieren, dabei die Tatsache beachten, dass die ökonomische Basis mit der ökologischen interferiert.

Diese Skizze verdeutlicht, dass die Klimaentwicklung aus naturwissenschaftlicher Sicht primär ein Problem der thermodynamischen Flüsse, d.h. der Energie-, Entropie- und Stoffbilanzen ist. Es handelt sich genauer gesagt, um Probleme der Thermodynamik irreversibler Prozesse (TIP). Da beide Verfasser einen Background in dieser Wissenschaft haben, erlauben wir uns (ohne Anspruch auf Vollständigkeit und mit der vornehmlichen Aufforderung zur kollegialen Ergänzung) einige Gedanken aus den dynamischen Flussbilanzen abzuleiten.

Eines der ersten Modelle der Flussbilanzen von Kohlendioxid in der Atmosphäre stammt vom schwedischen Chemiker Svante Arrhenius (1857–1928), der wissenschaftlich eng mit der Berliner Akademie assoziiert war. Bereits 1896 beschrieb Arrhenius in einer Arbeit, dass ein steigender Gehalt an CO<sub>2</sub> die Temperatur der Erdoberfläche deutlich erhöhen würde. Mit seinen Untersuchungen der Folgen einer anthropogenen Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre und über den Treibhauseffekt auf das Klima, hat Arrhenius heutige Resultate des IPCC tendenziell vorausgesagt. Ein genaueres Klimamodell, das auch schon auf Flussbilanzen gegründet war, stammte von unserem Akademie-Mitglied Heinrich Hertz (1854–1897). Aus der Sicht der TIP ist die Klimaentwicklung ein Input – Output – Problem mit Ein- und Ausströmen von Strahlungsenergie sowie den Ein- und Ausflüssen der Stoffe, insbesondere von Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff, zwischen den oberflächennahen Schichten unseres Planeten. Naturgemäß steigt die CO<sub>2</sub> Menge, wenn mehr freies CO<sub>2</sub> produziert als gebunden wird. Die Temperaturentwicklung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ursächlich damit korreliert. Die Uratmosphäre bestand in der frühen Erdgeschichte zu etwa 90 Prozent aus Wasserdampf und CO<sub>2</sub>, freier Sauerstoff war nicht vorhanden. In den folgenden Jahrmilliarden wurde das Kohlendioxid teilweise als Kalkstein gebunden; und nach dem Generieren der Photosynthese durch die Pflanzen unter Freisetzung von Sauerstoff in Form von Holz und schließlich Lagerstätten von Kohle, Erdöl und Erdgas gebunden. Die Stoffbilanz wurde zugunsten von in der Erdrinde gebundenem Kohlenstoff und freiem Sauerstoff in der Atmosphäre verschoben.

Von diesen unbestrittenen erdhistorischen Fakten ausgehend, halten wir es für Erfolg verheißend, die kooperativen Anstrengungen nicht einseitig gewichtet auf die Verringerung

von CO<sub>2</sub>-Emissionen z.B. über regulative Sparmaßnahmen, sondern nach dem Vorbild der Erdgeschichte mindestens ebenso intensiv auf die Erhöhung von CO<sub>2</sub>-Fixierungen zu richten. Das bedeutet, die Forschung auf Grundstoff-Synthesen mit CO<sub>2</sub>-Reaktanden sowie industrielle CO<sub>2</sub>-Kreisläufe zu orientieren, die CO<sub>2</sub> langfristig binden. In Einem heißt das, *den scheinbaren Schadstoff CO<sub>2</sub> zu einem innovativen Rohstoff zu transferieren*. Als Beispiel soll ein neues Milliardenprojekt dienen, das deutsch-norwegische Wasserstoffprojekt H2GE Rostock. Der deutsche Gaskonzern VNG plant in Kooperation mit dem norwegischen Equinor den Bau und Betrieb einer Anlage mit einer Zielleistung von 1,3 Gigawatt in Rostock mit einer jährlichen Wasserstoff-Produktionskapazität von bis zu 230.000 Tonnen, was etwa 20 % des aktuellen Wasserstoffmarktes in Deutschland entspräche. Gemeinsam mit dem Energieunternehmen Equinor soll Erdgas aus Norwegen durch bestehende Leitungen nach Rostock gebracht und unter Nutzung der Elektroenergie der Windparks an der Ostseeküste dort weiterverarbeitet werden. Bei dem angestrebten Verfahren wird Erdgas in Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff gespalten. Bis zu 230.000 Tonnen „blauer Wasserstoff“ pro Jahr sollen von der deutschen Industrie genutzt werden und etwa 20% des Bedarfs liefern. Das CO<sub>2</sub> soll verflüssigt im Meeresboden bei Norwegen gebunden werden. Soweit der Plan, der nun vor einem Canossa-Gang durch behördliche Genehmigungen steht, aber eine perspektivreiche Richtung zeigt. Aus thermodynamischer Sicht ist das Projekt sinnvoll und realisierbar. Dazu zeigen wir das Phasendiagramm von CO<sub>2</sub> aus dem wichtige thermodynamische Informationen hervorgehen:

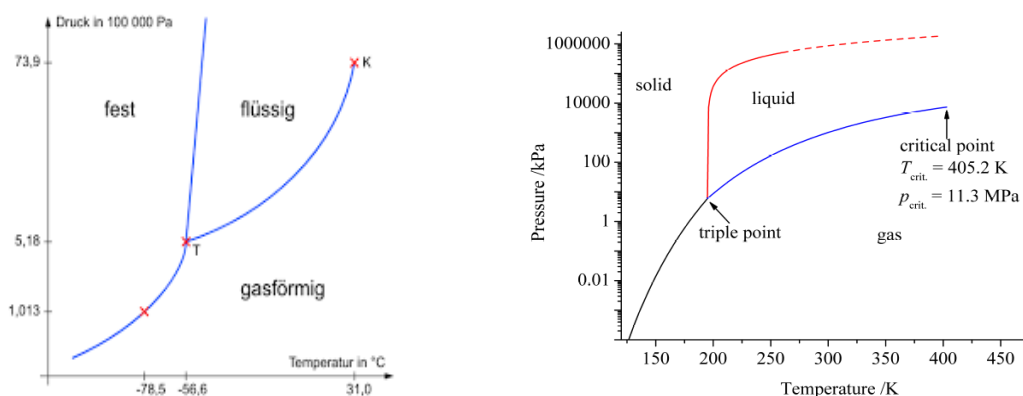


Abb. 1 Phasendiagramme von Kohlendioxid (links) und Ammoniak (rechts).

Wie das Phasendiagramm zeigt, liegt der Tripelpunkt von CO<sub>2</sub> bei etwa minus 56 Grad Celsius und 74 bar; und es gibt auch bei normalen Meerestemperaturen unter hohem Druck einen weiten Bereich, in dem CO<sub>2</sub> in flüssiger Form vorliegt. Da der Wasserdruck pro 10 m Tiefe um etwa 1 bar zunimmt, müsste das flüssige CO<sub>2</sub> in einer Tiefe von mehreren 100 Metern im Ozean gelagert werden. Das ist zwar schwierig, stellt aber heutzutage kein unlösbares technisches Problem dar. Man kann nur hoffen, dass solche innovativen Lösungen ebenso große Aufmerksamkeit finden wie die teuren, und teilweise aufwendigen Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen.

Wir haben hiermit nur ein gewiss interessantes und realisierbares Projekt aufgezeigt. Am Ende zählt nur das Resultat. Die Lösung, die die Evolution der Erde vor Millionen von Jahren fand, war ein maßgeblicher Schlüssel auf dem Weg zum heutigen Leben. Allgemeinere und gewiss ergänzungsbedürftige richtungswisende Verfahren für das Binden von CO<sub>2</sub> und die Verringerung von Emissionen sind aus unserer Sicht:

1. Ausbau der Wald-, Grün- und Moorflächen, strikte internationale Verbote großflächiger Rodungen von Wald und – besonders wichtig: Importbeschränkungen für Holz, Soja, usw. aus Rodungsgebieten durch internationale Vereinbarungen. Es sollten wirksame ökonomische Anreize für klimaoptimierte Anpflanzungen (widerstandsfähigere Wälder, Biodiversitätsförderung) und nicht für Rodungen geschaffen werden. Die in jüngster Zeit geförderten Moorflächen können dann einen gewichtigen Beitrag zur Kohlenstoffbilanz leisten, wenn die Torfnutzung nicht, wie mitunter verlangt, eingeschränkt, sondern besser ausgebaut wird.
2. Diversifizierung der Bindungstechnologien von CO<sub>2</sub> aus der Energietechnik mittels der Vielfalt von Sorption-Prozessen und Reaktionen, wie der Fixierung von CO<sub>2</sub> in synthetischen Kraftstoffen (*bio fuel*) und anderen stofflichen Nutzungen von CO<sub>2</sub> in der Industrie. Aus dieser Sicht bietet die Synthese von Kohlenwasserstoffen als Kraftstoff gegenüber der direkten Nutzung von grünem Wasserstoff einige Vorteile, weil der Kohlenstoff damit eine gewisse Zeit stabil gebunden wird.
3. Entwicklung und Einführung neuer Technologien in der Bauwirtschaft und anderen Technologiefeldern. Man darf darunter nicht nur die Dämmsysteme verstehen, die die Transmission der ambivalenten Wärme herabsetzen, sondern auch primäre Technologien, die generell die CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessern. Beispielweise werden beim Kalkbrennen für die Baustoff- und Hüttentechnologie noch immer große Mengen CO<sub>2</sub> freigesetzt. Zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz führt ein verstärkter Einsatz von Kunststoffen, die aus Erdöl gewonnen werden und Kohlenstoff binden, sowie deren Recycling z.B. über kalte Plasmen. Eine besonders effektive Methode, um Kohlenstoff der Atmosphäre zu entnehmen und langfristig zu binden, ist die stärkere Verwendung von Holz als Baustoff und Stroh als Dämmstoff. Holz und Stroh, die schon unsere unmittelbaren Vorfahren intensiv beim Hausbau eingesetzt haben, fixieren CO<sub>2</sub> sehr langfristig.  
Schließlich bedarf es der zeit- und problemgerechten Realisierung der schon ausgiebig erörterten Ziele der hochkomplexen Energiewende 2.0. als *soziotechnische Transformation*. Deziert gehören bestmögliche Energiewandlungen, der rationelle Energieeinsatz und das Erschließen von Energiesparpotentialen dazu.
4. Direktes Fixieren von CO<sub>2</sub> in der Erdrinde oder in den Ozeanen, etwa mit der Einlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kraftwerken in tiefen Gesteinsschichten, oder wie oben beschrieben, unter dem lokalen Druck in der Tiefsee. Diese Technologien sind in Deutschland gesetzlich erlaubt, werden allerdings von deutschen Medien noch kritisch gesehen. Dabei wird leider eher ideologisch als naturwissenschaftlich argumentiert.

Jede Volkswirtschaft sollte jährlich eine möglichst exakte Kohlenstoffbilanz<sup>2</sup> und nicht nur die Emissionsbilanz ausweisen. Wir wiederholen, dass nur die Gesamtbilanz zählt und dass es ganzheitlicher Sichten auf die Probleme sowie holistischer Problemlösungs-Strategien bedarf. Als größtes Risiko für das natürliche Kohlenstoffgleichgewicht betrachten

---

<sup>2</sup> Wissenschaftler des Deep Carbon Observatory (DCO), dem mehr als 1200 Forschende aus 55 Ländern angehören, haben nach zehnjähriger Forschungsdauer im Oktober 2019 *erstmalig* bekannt gemacht, wie viel Kohlenstoff C in den Reservoirs der Erde vorliegt. Die Gesamtmenge des relativ seltenen Elements C beträgt demnach 1,85 Milliarden Gigatonnen (Gt). 99,9 % sind unterhalb der Erdoberfläche in tiefen Schichten gebunden. Von den oberflächennahen 43.500 Gt C enthält die Tiefsee 37.000 Gt C. Deren CO<sub>2</sub>-Senke ist trotz der steigenden Emissionen noch intakt. Die Atmosphäre ist mit nur 590 Gt – allerdings als CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> außerordentlich klimarelevantem – Kohlenstoff beteiligt. Der zwischen den Kohlenstoffreservoirs funktionierende bidirektionale Transfer und die Photosynthese verändern die in der Studie ermittelte Verteilung ständig (<https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/geologie/erstmalig-vollstaendige-kohlenstoffbilanz-der-erde-erstellt-1337340>).

dazu forschende Wissenschaftler die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Menschen, der in den vergangenen 100 Jahren infolge der Nutzung fossiler Brennstoffe 40 bis 100 Mal mehr Kohlenstoff emittiert hat als alle natürlichen Prozesse der Erde. Das Binden von Kohlenstoff in der Erdkruste und im Meerwasser funktionierte Jahrmilliarden und bot die entscheidende Grundlage für fast alle Funktionalitäten und jene sie tragenden Strukturen unserer heutigen Welt.

5. Auch die Weiterentwicklung der Klima-Theorie muss erwähnt werden; ihre vordringliche Aufgabe besteht darin, die bestehenden Klimamodelle auf ein Niveau zu heben, in dem die beobachteten Trends nicht länger im Unsicherheitsbereich der Modelle liegen. Dann könnte auch die Auswirkung technischer Maßnahmen auf die globalen Systeme Lithosphäre, Hydrosphäre, Erdatmosphäre und Biosphäre – insbesondere jedoch auf das Klima – darunter auch die Wirkung der angeführten Ansätze zuverlässiger quantitativ bewertet werden.
6. Die Produktion, der Einsatz und Export von Explosivbomben und -granaten sollte international geächtet werden. Fast jede hergestellte Bombe oder Granate kommt irgendwann zur Explosion, produziert Wärme und führt über eine Druckwelle zu großen Zerstörungen sowie zur Energiedissipation. Auch wenn das noch so fern im Ausland oder bei der Entsorgung passiert, wird unser Klima zerstört. Detonationen sind Klimakiller, unabhängig davon, wo und wann die Bomben und Granaten auf der Erde gezündet werden. Sie erzeugen eine gewaltige Menge CO<sub>2</sub> und was noch erschwerender ist, sie erzeugen durch Zerstörung von Bauwerken enorme Mengen von Entropie. Als verheerendster CO<sub>2</sub>- sowie Entropie-Produzent und Klimakiller sollten die Herstellung und der Verkauf von Bomben und Granaten verboten werden, dagegen ist die Nutzung kleinkalibriger Waffen weniger relevant für die Klimaentwicklung. Die 5 großen Kriege des 21. Jahrhunderts haben unserem Klima infolge von Detonationen und Zerstörungen riesigen Ausmaßes fast einen Todesstoß versetzt. Allein in den Kriegen im Irak und in Libyen gab es über 50.000 Lufteinsätze mit Explosivwaffen. Auch im verheerenden Ukraine-Krieg wird eine enorme Menge von Bomben- und Granaten-Einsätzen registriert. Genaue Zahlen liegen nicht vor, es sind aber gewiss zigtausende Sprengkörper.

Zu einer den wichtigsten aktuellen Fragen gehört, auf welche Träger sich der Transport hochwertiger Energie mit zukünftigen Technologien orientieren sollte. Dazu wollen wir noch einige Überlegungen anführen. Heute wird häufig verkündet, dass Wasserstoff der ideale Energieträger sei, da seine Verbrennung nur Wasser erzeugt und somit ohne schädliche Emissionen bleibt. Auch diese Frage sollte im Gesamtzusammenhang gezielter diskutiert werden. Die Herstellung von Wasserstoff ist noch immer teuer und in toto nicht unbedingt umweltfreundlich.

Man darf zudem einen wesentlichen Nachteil des Wasserstoffs nicht unterschätzen: Sein Gebrauch ist mit Sicherheitsproblemen verbunden. Wasserstoff ist zündfreudig, extrem flüchtig, schwierig einzulagern und zu befördern. Ab bestimmten Mischungsverhältnissen mit Luft ist er hoch explosiv. Luft und Sauerstoff müssen daher aus Wasserstoffanlagen herausgehalten werden. Diese Eigenschaften stellen besondere Anforderungen an die Sicherheitstechnik. Das dürfte eine Nutzung als Reinstoff z.B. in normalen Haushalten wohl noch lange Zeit ausschließen. Schon der Transport von reinem Wasserstoff durch Pipelines könnte ein gewisses Risiko für Ansiedlungen in der Umgebung darstellen. Es liegt aus diesen Gründen nahe, den Wasserstoff für den Transport vom Erzeuger zum Nutzer in einer stabilen chemischen Struktur zu binden. Dafür sind mehrere Varianten in der Diskussion und in der praktischen Erprobung. Erst einmal bieten sich bewährte Technologien, wie die Nutzung von Propan C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> oder ähnlichen Kohlenwasserstoffen an, weil eine erprobte Technik der Nutzung von Propan für Antriebs- und Heizungszwecke bereitsteht. Damit würden die



erheblichen Kosten für die Entwicklung neuer Technologien wegfallen, allerdings bleibt das Problem ungelöst, wie das bei der energetischen Nutzung entstehende CO<sub>2</sub> gebunden und eingelagert werden kann. In der jüngeren Vergangenheit wird eine neue Technologie intensiv erforscht: die *Ammonium-Energetik*. Wir wissen, dass unser Mitglied Fritz Haber seit 1904 die katalytische Bindung von Wasserstoff und Stickstoff zu Ammoniak erforschte, gemeinsam mit Bosch das Haber-Bosch-Verfahren entwickelte und für diese bedeutsame Erfindung mit dem Nobelpreis des Jahres 1918 ausgezeichnet wurde. Einige Autoren geben an, dass flüssiges Ammoniak mit 22,5 MJ/L eine Energiedichte hat, welche die von flüssigem Wasserstoff mit 8.5 MJ/L und komprimiertem Wasserstoffgas mit etwa 4.5 MJ/L deutlich übersteigt. Weniger günstig fällt eine realistische energetische Gesamtbilanz aus. Bei der Verbrennung von Ammoniak entstehen nur Stickstoff und Wasser. Für die Herstellung von 1 kg Ammoniak werden etwa 0,6 kg Methan oder rund 30 MJ  $\approx$  8,3 kWh benötigt. Der Heizwert von Ammoniak beträgt 5,2 kWh/kg. Was einer Effizienz für die Herstellung von 63% entspricht. Nach dieser Abschätzung ist der Heizwert von flüssigem NH<sub>3</sub> nur etwa halb so hoch wie der von Benzin oder Diesel und etwa ein Sechstel so groß wie jener von flüssigem Wasserstoff. Von Vorteil erweist sich, dass diese Technologie altbewährt ist. Ammoniak wurde schon 1872 als Antrieb für Straßenbahnen in New Orleans verwendet. Auch die Autoindustrie experimentierte schon mit Ammoniak. In den 40er Jahren fuhren belgische Busse mit Ammoniak; und 1981 wurde in den USA ein Chevrolet Impala mit Ammoniak betrieben. Bei dieser Nutzung wird in der Regel flüssiges Ammoniak verwendet. Das Phasendiagramm in Abb. 1 zeigt, dass es zwischen 200 K und 300 K einen weiten Druckbereich gibt, in dem Ammoniak in flüssiger Phase vorliegt und gut transportiert werden kann. Bei einem Druck von 9 bar lässt es sich schon bei 20°C verflüssigen. Allerdings ist Ammoniak ätzend und giftig, aber warnfähig. Menschen riechen Ammoniak bereits in geringsten, ungefährlichen Konzentrationen. Ammoniak lässt sich auch gut in Brennstoffzellen herstellen und nutzen: Dabei wird an der mit einem Katalysator beschichteten Anode Wasser in Sauerstoff, H<sup>+</sup>-Ionen und Elektronen zerlegt. Die Protonen diffundieren durch einen Elektrolyten und eine Membran zur Kathode. Die Elektronen erreichen diese über eine Draht-Verbindung. An der Kathode werden Stickstoff-Moleküle mit Hilfe eines Katalysators in N-Atome aufgespalten, die dann mit den Protonen und Elektronen zu NH<sub>3</sub> reagieren können. Diese Eigenschaften und die Tatsache, dass bei einer Verbrennung nur Wasser und Stickstoff entsteht, macht Ammoniak zu einem erstrangigen Kandidaten für eine CO<sub>2</sub>-freie Energiewirtschaft. Es gibt bereits erste erfolgreiche Einsätze in emissionsfreien Brennstoffzellen sowie Turbinen und erste praktische Anwendungen für Kraftwerke sowie Schiffsmaschinen. Das flüssige Ammoniak kann in einer Turbine verbrannt oder in einer NH<sub>3</sub>-Brennstoffzelle zur Netzstabilisierung in elektrische Energie umgewandelt werden. Das ist zumindest ein perspektivreicher Weg in eine zukünftige CO<sub>2</sub>-freie Energiewirtschaft, wenn auch einige technisch-technologische Probleme der Ammonium-Energetik noch offen sind.

Insbesondere die effiziente Gewinnung von Ammoniak als Gas sowie seine Nutzung und energetische Verwertung in einer Brennstoffzelle erfordern die Entwicklung adaptierter und spezieller neuer *Technologien*. Dabei verstehen wir unter Technologie generell sowohl die reale Lösung im komplexen prozessualen Zusammenwirken von Menschen, der Technik und dem Arbeitsgegenstand, als auch ein leistungsstarkes Methoden-Arsenal zum bestmöglichen Erreichen eines vorgegebenen Ziels in einem definierten Anwendungsbereich. In der Gegenwart werden in deutlich wachsendem Maße selbst komplexe Erkenntnis-, Design- sowie Entwicklungsprozesse in ihrem phänomenologischen Reichtum technologisch adaptiert und wirksam (vgl. Fleischer 2015: 35–67). Das zu diesem Zweck zwingend einzubeziehende, systematisch begründete Nachhaltigkeitsdenken anerkennt und nützt bewusst die Tatsache, dass erst hoch entwickelte (naturwissenschaftliche und soziale) Technologien qualifizierte

*Nachhaltigkeitskonzepte* ermöglichen und fundieren. Die humane Zukunftsgestaltung, die Existenz und Wohlfahrt der Gattung Mensch implizieren die Förderung, Pflege, den Einsatz und die kritische Begleitung derartiger Technologien. Dass ein würdiges Weiterleben der Menschen überhaupt möglich bleibt, beansprucht bei der Wahrnehmung von Verantwortung die höchste Priorität. Die Vielzahl und Vielfalt der Dimensionen individueller und kollektiver Verantwortung erreicht mit der Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse (aber auch bei deren bewusster Leugnung) das Wirkungsfeld ethisch und moralisch relevanter Kategorien.

Soweit einige, vom Apell der Präsidentin der Leibniz-Sozietät inspirierte Überlegungen, die Verantwortung für eine bessere Welt ins Zentrum unserer wissenschaftlichen Arbeit zu stellen. Wir wissen, dass eine tragfähige Beurteilung der Entwicklungen und die effiziente Einflussnahme darauf kaum als einzelner Wissenschaftler möglich ist und vertreten die Auffassung, dass nur interdisziplinäre Teams aus relevanten Wissenschaftsgebieten, die ohne Vorurteile herangehen, dazu in der Lage sind.

Zusammenfassend vermerken wir: Im Sinne der Theodizee gibt es aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht verschiedene effektive und bisher unzureichend genutzte Maßnahmen, um die klimarelevanten Bilanzen entscheidend zu verbessern. Auf eine Verbotsliste gehört die großflächige Rodung von Wäldern, der Einsatz von Elektroenergie zur direkten Wärmeerzeugung und eine Wegwerf-Wirtschaft.

Die Herstellung und der Einsatz von Bomben und Granaten, sowie deren gewinnträchtiger Export bleibt wohl die größte ‚Sünde‘ wider die Leibniz’sche Theodizee – mit der inhärenten Idee der Schaffung einer besseren Welt. Als Realisten wissen wir, damit ein Ideal aufzurufen, dem man sich nur asymptotisch nähern kann. Aber wir sind viel zu weit von diesem hohen Ziel entfernt, als den Zustand und dessen Polarisierungen in der Gegenwart akzeptieren zu können.

Zur Klarstellung sei betont, die angeführten Naturgesetze, insbesondere die beiden skizzierten Hauptsätze und die Bilanzgleichungen der Thermodynamik irreversibler Prozesse, heben hervor, ‚was nicht geht‘; sie offerieren aber auch ein potentes Möglichkeitsfeld. Insbesondere zeigen sie, dass ein zuträgliches Klima nicht zu erreichen ist, ohne die rezenten Bilanzen von wertvoller (d.h. arbeitsfähiger) Energie, Entropie und Kohlenstoff in kürzesten Fristen zielgerichtet zu verbessern und dabei die Kapazitäten der verschachtelten globalen Erdsphären exakt zu berücksichtigen. Das erweist sich als „*conditio sine qua non*“.

Wir unterstreichen im Resümee zudem die fundamentale Bedeutung *ganzheitlicher Betrachtungs-, Denk- und Handlungsweisen* sowie korrekter *stofflicher, energetischer* und *informationeller Gesamtbilanzen* sowie deren Verflechtungen. Selbst eine positive Maßnahme, wie das Absenken der Temperatur in Wohnräumen, wirkt kontraproduktiv, wenn in deren Folge verstärkt der Klimakiller Elektroheizung genutzt wird. Auch striktes Sparen nützt wenig, wenn funktionsfähige Geräte im Müll landen, nur weil sie nicht topmodern sind.

Wann und wie wissenschaftlich begründete Empfehlungen im Einzelnen umgesetzt werden, ist eine gesamtgesellschaftliche Entscheidung mit einer exponierten Verantwortung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, der wir uns gemeinsam zu stellen haben.

Gern nehmen wir dazu eine – auch uns verpflichtende – gedankliche Anleihe vom Credo des Physikers und Akademiemitglieds Max Steenbeck (1904–1981) auf:

„Sich einer Verantwortung zu stellen heißt immer, ein Geschehen, von dem man etwas versteht, nicht einfach dem Selbstlauf — oder Zufall oder nur anderen Menschen — zu überlassen, sondern mitzuwirken oder doch wenigstens zu versuchen, dass es in richtiger Weise weiter abläuft. Das verlangt allerdings ein Kennen — und Anerkennen — einer über das Fachspezifische hinausreichenden Werteskala für das was werden soll.“ (Steenbeck 1978: 79)

„Doch sage niemand, so etwas könnten nur die ganz Großen tun“ (Steenbeck 1978: 82).

## Bibliographie

- Boltzmann, Ludwig (1976 [1886]): „Erklärung des Entropiesatzes und der Liebe aus den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung“. *Physikalische Blätter* 32/8, 337–341.
- Ebeling, Werner/Fleischer, Lutz-Günther (2022): *Theodizee – Klimaproblem und unsere Verantwortung - Gedanken zum Bericht der Präsidentin auf dem Leibniz-Tag 2022*. <https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2022/07/Wortmeldung-EBFL-Leibniz-Tag-fin.pdf>.
- Feistel Rainer, Ebeling, Werner (2011): *Physics of self-organization and evolution*. Weinheim; Berlin: Wiley – VCH.
- Fleischer, Lutz-Günther (2015): „Technologie–techné und epistémé“. *Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät*, Bd. 122. Berlin: trafo-Verlag, 35-67.
- Rockström, Johan (2021): „Wie Kippunkte das Erdklima bedrohen“. *ZDF heute*. <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/klimakrise-kippunkt-100.html> und „Risikoanalyse von Klima-Domino-Effekten: Kippelemente können sich gegenseitig destabilisieren“. *Potsdam-Institut für Klimaforschung. Startseite > Themen > Planetare Grenzen, Kipp-Elemente & globale Gemeinschaftsgüter*. <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/risikoanalyse-von-klima-domino-effekten-kippelemente-koennen-sich-gegenseitig-destabilisieren>.
- Steenbeck, Max (1978): „Die Verantwortung der Wissenschaftler im Atomzeitalter“. *Abriistung, Wissenschaft, Verantwortung*, hrsg. von Herbert Meißner/Karlheinz Lohs. Berlin: Akademie-Verlag.

E-Mail-Adressen der Verfasser: [lg.fleischer@leibnizsozietat.de](mailto:lg.fleischer@leibnizsozietat.de); [woebel@email.de](mailto:woebel@email.de)