

## Vorbemerkung

Im Mai des Jahres 2003 starb unser international wohl prominentestes SMN-Mitglied, der Nobelpreisträger Prof. Dr. Ilya Prigogine im Alter von 86 Jahren in Brüssel. Anlässlich seines Todes erschien über sein verdienstvolles Leben in der Mitgliederzeitschrift des SMN, der Network Review N° 82 im Sommer 2003, ein Artikel von Dr. Vasileios Basios, einem früheren Mitarbeiter von Prigogine und ebenfalls Mitglied des SMN. Im Folgenden erscheint dieser Artikel in deutscher Übersetzung.

Der Kern von Prigogines Forschung ist die Tatsache, dass auch in der unbelebten der Natur spontan geordnete Strukturen entstehen, die von Prigogine dissipative Strukturen genannt wurden. Dies steht in Widerspruch zu der gängigen Annahme, dass nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik die Entropie (=Unordnung) zunehmen muss, wenn nicht gezielt Ordnung zugeführt wird. Somit scheinen in der Natur Prinzipien zu herrschen, die Ordnung entstehen lassen, was den 2. Hauptsatz der Thermodynamik zumindest erheblich relativiert und ihn nicht länger als eine zentrale Aussage im Naturgeschehen dastehen lässt.

# Vicomte Ilya Prigogine (1917 - 2003)

## Botschafter des Dialogs mit der Natur

von Vasileios Basios<sup>1</sup>, Brüssel, Belgien

Ilya Prigogine wurde 1917 während der bolschewistischen Revolution in Moskau geboren. Er starb am 28. Mai 2003 im Krankenhaus seiner eigenen Lehrstätte, der ‚Erasmus‘ Universität in Brüssel. Er war gefasst und von seiner eigenen Familie umgeben. Er hinterließ seine geliebte Frau Marina und seinen Sohn. Er verdankte ihrer lieben Gegenwart den Frieden und den Optimismus, die so notwendig für einen Theoretiker sind, der seinen Weg unter „den vielen aufeinander folgenden Bifurkationen<sup>2</sup>“ suchen will, wie er einmal scherzhaft sagte. In der Tat, wenn etwas Prigogines Leben charakterisiert, dann „Fluktuationen und ihre Kraft Übereinstimmungen hervorzurufen“, wie er behauptete.

Ilyias Vater, Roman Prigogine, ein Chemieingenieur, und seine Familie, mussten aus der neugeborenen Sowietunion fliehen. Sie suchten 1921 als erstes Asyl in Deutschland. Dann, 1929, gingen sie nach Brüssel. Ilyia graduierte an der Universität Brüssel (Université Libre de Bruxelles, ULB) und machte dort in Folge eine Karriere als Professor in physikalischer Chemie.

Sein wissenschaftliches Denken war geprägt von dem intellektuellen Klima seines Mentors und Doktorvaters, Theophile De Donder (1873 - 1957). Er zollte ihm stets tiefen Respekt und Bewunderung. Tatsächlich zeigte er bei jeder Gelegenheit seine Zuneigung für seinen Lehrer. De Donder war ein charismatischer ‚self-made‘ Mann und Akademiker, der das, was später



---

<sup>1</sup> Dr. Vasileios Basios ist Physiker am Zentrum für nichtlineare Phänomene & komplexe Systeme an der Université Libre de Bruxelles. Während der ersten Zeit seines Aufenthaltes in Brüssel arbeitete er mit dem Team von Prigogine vier Jahre zusammen

<sup>2</sup> Bifurkation ist ein Fachbegriff, der häufig bei Prigogine auftaucht, und sich auf Gabelungen bezieht, an denen eine Entscheidung für den weiteren Weg getroffen wird

als die ‚Brüsseler Schule der Thermodynamik‘, bekannt wurde, begründet hat. Er war einer der Pioniere auf dem Gebiet der Nichtgleichgewichts-Thermodynamik.

Die Thermodynamik und die statistische Mechanik jener Tage waren auf Gleichgewichtssysteme ausgerichtet und folgten einem eher einfachen, reduktionistischen Ansatz. Die vorherrschende Tendenz war es, alles auf lineare Antworten zu reduzieren, basierend auf einer mechanistischen Ursache und angetrieben durch einen Hang zum Gleichgewicht. Solche Anschauungen hatte ihre Grenzen und Prigogine war intellektuell scharfsinnig und moralisch mutig genug, um neue Wege der Forschung, durch das, was als ‚nichtlineare Thermodynamik‘ bekannt wurde, vorherzusehen.

So forderte Ilya Prigogine von seinen frühen Tagen an den etablierten linearen Ansatz heraus, der als die ‚Onsagers reziproke Beziehung‘ bezeichnet wurde. Er stellte ein Theorem für die Entropieproduktion offener Systeme auf. Dies ergänzte den 2. thermodynamischen Hauptsatz und erweiterte ihn für das Gebiet gleichgewichtsferner Systemen.

Während dieses ihn stark in Anspruch nehmenden Projektes erwähnte er immer die Rolle, die zwei weitere Einflüsse in seinem Leben gespielt haben. Das waren ein zweiter Lehrer, der Experimentalphysiker Jean Trimmermans (1882 - 1971) und das, was Prigogine später „eine spielerische Schule der theoretischen Biologie“<sup>3</sup> in Brüssel nannte. Das Auftreten dieser zwei Einflüsse, sagte er, erlaubte ihm, Vertrauen in die Validität seines theoretischen Ansatzes zu gewinnen.

Nichtsdestotrotz braucht ein Theoretiker einen philosophischen Impuls und eine Vision genauso, wie er experimentelle Daten benötigt. In seinem Fall wurde dieser philosophische Impuls und die Vision durch seine Lektüre von Bergson<sup>4</sup> geliefert. Später, in den frühen 50ern, hatte er die Gelegenheit, Alan Turing<sup>5</sup> in Manchester zu treffen. Er sagte, dass er zu dieser Zeit Turnings gewaltige Ideen von Musterbildung in molekularen Reaktions-Diffusions-Systemen nicht voll erfasst hatte. Aber, wie er es beschrieb, „dieser Gedanke reifte in ihm“, so dass er schließlich das übergreifende Bild erfasste, indem er seine Aufmerksamkeit auf das Studium von Instabilitäten lenkte. Er und seine Mitarbeiter verewigten diese Arbeit in der internationalen Literatur als „die Turing Instabilität“. Prigogine war damit in der Lage, Systeme mit einem vielfältigen Verhaltensrepertoire vorzuschlagen – chemische Oszillationen, Musterbildung und aufkeimende, komplexe Eigenschaften, die sich im Rahmen ihrer dynamischen Entwicklung zeigen.

Es war in diesem Zusammenhang, und während des Versuchs, eine Serie zu dieser Zeit unerklärlicher oszillierender chemischer Reaktionen – die berühmte ‚Belusov-Zhabotinsky Reaktion‘ – zu verstehen, dass Prigogine sein Konzept der dissipativen Strukturen präsentierte. Dissipative Strukturen entwickeln sich aus Fluktuationen. Trotzdem sind sie in sich stabil, weil sie in letzter Instanz keine reinen Fluktuationen sind. Sie werden als „mit ihrer Umgebung in Symbiose lebend“ beschrieben. Wenn aber der Austausch von Energie und Materie mit ihrer Umgebung aufhört, verschwinden sie einfach.

Prigogine und seine zwei zu dieser Zeit jungen Studenten, Gregoire Nicolis und René Lefever, waren in der Lage, ein Modell gemäß der Theorie der dissipativen Strukturen vorzuschlagen, das die oszillierenden chemischen Reaktionen erklären konnte. Es wurde in der Literatur als „Brüsselator“ bekannt, ein inzwischen klassisches Modell, aber zu der Zeit, als Prigogine und seine Mitarbeiter es vorschlugen, höchst kontrovers diskutiert. Dieses Modell war speziell

---

<sup>3</sup> im Original: „a performing school of theoretical biology“

<sup>4</sup> Henri Bergson (1859 - 1941) ist ein bekannter französischer Philosoph und Literatur-Nobelpreisträger (1927). Er prägte den Begriff „élan vital“, eine Art Lebensschwungkraft (Anmerkung des Übersetzers)

<sup>5</sup> Alan Turing (1912 - 1954) beschäftigte sich mit algorithmischen Problemen, was ihn zur Erfindung der „Turing-Maschine“ veranlasste, die dem Prinzip heutiger Computer folgte, mit deren Entwicklung er sich später in England auch beschäftigte (Anmerkung des Übersetzers)

aus der Sicht der ‚Katastrophentheorie‘ kontrovers, zu dieser Zeit entwickelt und vorangetrieben von René Thom.

Letztendlich brachte ein fortschreitendes Verständnis den Ausschlag zugunsten der Theorie der dissipativen Strukturen. Diese nichtlineare Systemanalyse begann viele verschiedene Disziplinen zu beeinflussen, insbesondere das Gebiet der Epigenese<sup>6</sup> sowie regulativer Vorgänge in der Biologie, in der Ideen und Konzepte von Gleichgewichtsfernen Systemen eines ihrer fruchtbarsten Anwendungsgebiete fanden. Derartige Erfolge nahmen zu und brachten Ilya Prigogine 1977 den Nobelpreis in Chemie ein, der ihm für seinen Beitrag zur Theorie der Gleichgewichtsfernen irreversiblen dissipativen Strukturen verliehen wurde. Es war ein Gebiet, das Prigogine und seine damaligen Mitarbeiter initiiert hatten, und damit die Grundlagen für das Studium nicht-linearer komplexer Systeme in ihrer heutigen Form legten.

Prigogines Arbeit ebnete den Weg für viele Forschungen bezüglich der philosophischen und erkenntnistheoretischen Auswirkungen des Studiums komplexer, nicht-linearer und/oder chaotischer Systeme. In der Tat war es Prigogines mutige grundlegende Arbeit, die es uns ermöglicht hat, die wichtigsten Aspekte komplexer Systeme zu verstehen.

Gleichwohl, eine Sache sollte an dieser Stelle deutlich gemacht werden: Komplexe Systeme sind nicht nur kompliziert. Tatsächlich müssen sie nicht einmal kompliziert sein. Ihre Komplexität liegt in der strukturellen Verbindung zwischen ihren Teilen sowie innerhalb dieser und des Ganzen sie umgebenden. Nicht-Linearität, die Grundbedingung von Komplexität, widersetzt sich einfachen ursächlichen Überlagerungsprinzipien. Eine etwas abweichende Ursache resultiert in einem völlig anderem Ergebnis. Deshalb spielen Möglichkeiten eine signifikante Rolle. Sie reflektieren die solchen Systemen innewohnende Unbestimmtheit und müssen in der genauen Untersuchung von Determinismus in komplexen Systemen mit berücksichtigt werden. Selber ein großer Erzieher und Humanist, half Prigogine durch öffentliche Lesungen, Artikel und populärwissenschaftliche Bücher mit, die Ideen, die aus seiner eigenen Forschung und seinem Arbeitsgebiet erwachsen, zu popularisieren. Sein berühmtester Beitrag auf dieser Ebene ist das Buch „Dialog mit der Natur“<sup>7</sup>, gemeinsam geschrieben mit Isabelle Stengers. Ihr Buch wurde in mehr als zwanzig Sprachen veröffentlicht und gilt seit seinem Erscheinen als Klassiker. Er machte die gebildete Öffentlichkeit auf die Nützlichkeit und die Anwendungsmöglichkeiten seiner Forschungsarbeiten aufmerksam. Er betonte auch die philosophischen und erkenntnistheoretischen Aspekte, die mit seinen Studien verbunden waren.

Schon Mitte der 60er Jahre begann Prigogine verschiedene Gruppen unterschiedlicher und interdisziplinärer Natur an sich zu binden. Es reichte von Spezialisten, die die komplexen sozialen Verhaltensweisen von Ameisen und sozialen Insekten erforschten, bis zu Chemikern und Physikern, die sich mit der Musterbildung beschäftigten, die entfernt vom Gleichgewicht und Phasenübergängen stattfindet, Kosmologen und Hochenergiephysikern, Abstammungsbiologen, Systematikern und theoretische Immunologen, Pioniere der Gehirnforschung; und schlussendlich Pionieren in der Klimaforschung. Selbst Soziologen und Ökonomen zogen – und ziehen immer noch – Anregung und Ansporn aus seiner Arbeit.

Prigogine, eine starke Persönlichkeit und ein nicht nur in Physik und Chemie, sondern auch in anderen Natur- und Geisteswissenschaften versierter Mann, forderte nicht weniger als eine komplette Wiedervereinigung der berühmten zwei Kulturen der Natur- und Geisteswissenschaften. Auf diese Weise dominierten seine Erkenntnisse und Beiträge das Arbeitsgebiet, dass er selber initiiert hatte.

---

<sup>6</sup> Formbildung bei Lebewesen (Anmerkung des Übersetzters)

<sup>7</sup> Erschienen bei Piper Verlag in der Serie Piper Nr. 1181 (Anmerkung des Übersetzters)

Eine weitere große Faszination Prigogines war die des „Zeitpfeils“. Seit Gibbs und Boltzman war die Vereinbarkeit einer nichtreversiblen Dynamik von makroskopischen thermodynamischen Systemen mit der darunter liegenden reversiblen mikroskopischen Dynamik ihrer Bausteine ein heiliger Gral der statistischen Physik. Prigogine war fasziniert durch die Irreversibilität und betrachtete seine Arbeit, die den Nobelpreis erbrachte, als einen ersten Schritt in Richtung eines endgültigen Einbezugs des Zeitpfeils in die Grundgesetze der Physik. Er traute sich sogar, die ‚Naturgesetze‘ zu hinterfragen, um den Punkt herauszufinden, an dem diese Idealisierungen geändert werden müssen, „um das Phänomen zu retten“.

Später würde dieser neue Stil ‚neoplatonischer Zentren nach Art einer Akademie‘, wie einige es beschrieben haben, die Bildung von multi- und interdisziplinären Zentren zu komplexen Systemen rund um den Erdball stimulieren – Prigogine selbst in den Aufsichtsräten oder als Ehrenmitglied in vielen davon aktiv<sup>8</sup>. Als Empfänger zahlreicher Auszeichnungen, ehrenhalber oder aufgrund seiner fachlichen Arbeit, hat er auch solche einnehmenden Bezeichnungen wie ‚der Poet der Thermodynamik‘ oder ‚der Herakles der modernen Wissenschaft‘ erhalten.

Da er auch ein großer Bewunderer der Poesie und der griechischen Philosophie war – Paul Valery<sup>9</sup> und die Vorsokratiker insbesondere – lehnte er verschmitzt lächelnd diese Bezeichnungen ab, in der Angst, dass die Menschen glauben könnten, er wäre so schwierig zu verstehen wie Valery oder Herakles. Einmal war er amüsiert, dass ein junger Student einige Analogien zwischen Paul Valery und Giordano Brunos Poesie zog. Er sagte etwas in der Art, dass er nicht überrascht wäre, dass dieser Tage Studenten etwas über Brunos Poesie wüssten, aber erstaunt darüber, dass sie immer noch in der Lage sind, Valery zu lesen und zu schätzen!

Er verfolgte ebenso ein lebenslanges Interesse an der Archäologie, insbesondere der präkolumbianischen Kunst Amerikas und der Kultur der Kykladen. Er konnte Stunden über ihre ‚Todesrituale‘ und ihre Anschauungen zur Zeit sowie ihre Methoden der Zeiteinhaltung, wie sie in ihrer Kunst ausgedrückt ist, erzählen.

Prigogine war auch sehr musikalisch. Als vollendeter Klavierspieler verbrachte er täglich oft mehrere Stunden mit dem Spiel. „Nach Aussagen meiner Mutter konnte ich Noten lesen, bevor ich Buchstaben lesen konnte“, pflegte er zu sagen. Das Klavierspiel war für ihn so wichtig, dass er es als eine nicht verhandelbare Position ansah, Zugang zu einem Klavier zu haben, wenn man wolle, dass er die Stelle als Direktor eines Forschungszentrum an der Universität von Texas in Austin annähme. Heute heißt dieses Zentrum „Ilya Prigogine Zentrum für statistische Mechanik“.

Prigogine verfolgte viele Wege. Manchmal stellte er sogar seine früheren Erkenntnisse in Frage, so dass er sich seinem am meisten angestrebten Ziel, dem Verständnis von Irreversibilität, annähern konnte. Er war niemals entmutigt oder enttäuscht. Er konnte nie versagen, da er niemals aufhörte zu versuchen – sogar als er zu gebrechlich wurde, um in der Lage zu sein, den neusten Entwicklungen zu folgen.

Entstehung, Komplexität, Unbestimmtheit, Irreversibilität: das waren die Säulen, auf die Prigogine glaubte seine Brücke zu bauen, um die ‚zwei Kulturen‘ – die der Naturwissenschaften und die der Geisteswissenschaften – zu vereinen. Sich Aristoteles ins Gedächtnis zu rufen, mag an dieser Stelle hilfreich sein. Aristoteles behauptete, dass Pflanzen Tiere seien, verglichen mit Felsen, aber Felsen verglichen mit Tieren. Ähnliches kann man auf Prigogines Arbeit über komplexe Systeme und die daraus sich entwickelnden Eigenschaften anwenden. Komplexe Systeme können als ‚lebendig‘ angesehen werden im Vergleich zu Maschinen, aber als Maschinen im Vergleich zu lebenden Systemen.

---

<sup>8</sup> In diesem Sinne kann auch seine Mitgliedschaft im SMN verstanden werden (Anmerkung des Übersetzers)

<sup>9</sup> Paul Valery (1871 - 1945); franz. Dichter; seine Dichtung ist vollendete Poesie (poésie pure) von strengster intellektueller Durchformung und höchster Präzision.

Beim Hinübergehen Prigogines in eine andere Dimension befindet sich die Wissenschaft, die sich mit Komplexität beschäftigt, an einem Scheideweg. Nach einigen Skeptikern ist die Anschauung über komplexe Systeme zwiespältig. Darüber hinaus glauben diese Skeptiker, dass dadurch ein zu ehrgeiziges Projekt entstanden ist. Sie insistieren, dass sein grundlegendes Konzept viel zu umfassend, holistisch und verschwommen ist, um jemals Gegenstand einer eigenständigen wissenschaftlichen Forschungsrichtung zu werden. Es ist überflüssig darauf hinzuweisen, dass ähnlicher Skeptizismus in der Vergangenheit der Beschäftigung mit Zeit und Raum, Entropie und Information, Denken und Bewusstsein entgegengebracht wurde. Wissenschaftsskeptiker wollen allzu oft die Realität in ihre statische Vorstellung von Wissenschaft pressen. Aber die wirkliche Herausforderung für Wissenschaftler ist, ihre Visionen von Wissenschaft in die Dynamik der Realität einzubringen. Wir dürfen nicht zulassen, dass unsere Konzepte das Bild dieser Welt gestalten. Stattdessen sollten wir den Wesenheiten dieser Welt ermöglichen, die Natur unserer Konzepte zu gestalten.

Wissenschaftliches Denken hat heutzutage ein Stadium erreicht, das nicht vergleichbar ist mit irgendeinem anderen Zeitpunkt in der Geschichte. Das Gefühl besteht, dass Komplexität und Entstehung, Zeit und Raum, Entropie und Information, Denken und Bewusstsein gegenwärtig an vorderster Front der Grundlagenforschung der Physik stehen. Trotzdem können sie nicht ausschließlich in objektiven und quantitativen Begriffen definiert werden. Diese vier Gebiete bilden auch die grundlegende Voraussetzung für die Beobachtungen, die über sie durchgeführt werden. Wie Prigogine einmal bemerkte, „du kannst keine nicht-lineare Mathematik betreiben mit einem linearen Geist“.

In heutiger Zeit werden die Grundlagen von dem, was wir für ein solide etabliertes erkenntnistheoretisches Ethos halten, in Frage gestellt. Das verlangt nach einer grundsätzlich neuen Art von Wissenschaft – eine, die über ihre eigenen Grundlagen reflektieren kann. Es verlangt ebenso nach einer neuen Art von Wissenschaftlern. Sie müssen nicht nur ihrer eigenen Grenzen bewusst sein, sie müssen sich ihrer Fähigkeit zur Objektivierbarkeit bewusst sein. Zusätzlich müssen sie die jeweiligen Verdienste verschiedener, komplementärer oder sogar scheinbar gegensätzlicher Ansätze anerkennen.

Niemals zuvor war die Notwendigkeit für eine qualitative Veränderung in der Wissenschaft so offensichtlich – und zwingend. Die Bedeutung von Prigogines wissenschaftlichem Beitrag liegt darin, dass er nicht nur eine so radikale Veränderung möglich gemacht hat, sondern notwendig. Tatsächlich kann Prigogine als der Prophet einer insgesamt neuen Ära in der Wissenschaft betrachtet werden. Diese Tatsache stellt sicher, dass der Geist seiner Arbeit ihn für eine lange Zeit überdauern wird. Sie kann die Bemühung für die Einführung von Selbstreflexion in die Wissenschaft inspirieren.

Wissenschaft wird normalerweise als ein Substantiv betrachtet, das auf ein konkretes Objekt hin zielt. Es sollte eher als ein Verb – im besonderen als ein unbestimmtes und sich entfaltendes Entstehen angesehen werden. Prigogine wird in Frieden ruhen, wenn solch ein Wandel stattfindet.

(Übersetzung: Dr. Stephan Krall)