

## Gedanken zur Evolution am Beispiel hierarchischer Systeme

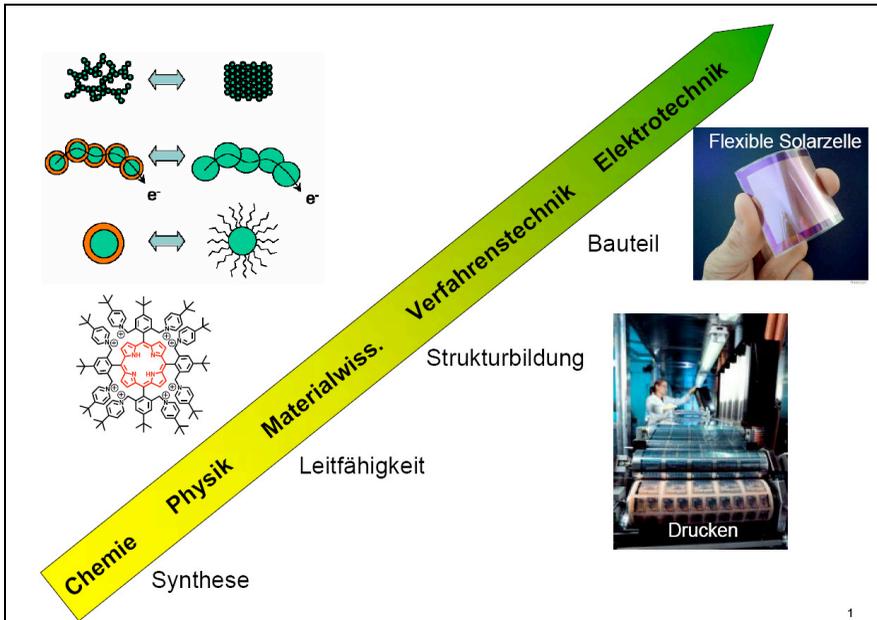
Meine Damen und Herren,

ich hoffe nicht, dass durch evolutionäre Selektion sondern eher durch Zufall mir die Rolle zugefallen ist, als Letzter der Vortragenden an der Reihe zu sein. Ich hoffe weiterhin nicht, dass Sie von mir erwarten, auf einige der hier gestellten Fragen eine Antwort geben zu können oder zu wollen. Mein Vortrag enthält vielmehr eine Reihe von für mich sehr offene und spannende Fragen. Zunächst ist heute ein ganz besonderer Tag. Es ist nicht nur die erste Versammlung, an der ich hier teilnehme, es ist auch – um gleich zum Thema zu kommen – für mich die Gelegenheit, mich aus der Schale der Technik herauszuschälen, um mich auf einer größeren Bühne neuen und anderen Möglichkeiten zu öffnen und mit Ihnen zu diskutieren.

Welche Rolle spielt Evolution in der Technik? Und welche Rolle spielen hier – um einen kleinen Ausschnitt zu wählen – hierarchische Systeme? Für mich ist es nicht selbstverständlich, als Technikwissenschaftler an diesem *Streitgespräch* mitzuwirken.

Ausgangspunkt meiner Überlegungen ist der Begriff der Evolution, der hier für eine selbstorganisierte Entwicklung des Universums steht, unseres Planetensystems, unserer Erde und des Lebens auf der Erde. Offenbar führt die Evolution in der belebten und unbelebten Natur zu hierarchisch strukturierten Systemen. Um aus dieser großen Fülle nur ein Beispiel anzuführen: Ein Protein enthält mehr Informationen als zunächst in den einzelnen Aminosäuren enthalten zu sein scheint. Eine Zelle erfüllt neue und komplexere Funktionen als einzelne Proteine, ein Organ übernimmt viel komplexere Funktionen als eine einzelne Zelle und so weiter. Ein wesentliches Charakteristikum hierarchischer Systeme ist, dass mit jeder neuen Ebene eine neue Art von Komplexität durch das Zusammenwirken einzelner Bausteine entsteht. Interessant wäre zum Beispiel die Frage an Wissenschaftstheoretiker, warum dies so ist und ob dies immer so sein muss. In vielen Bereichen der Technikwissenschaften und insbesondere in den neuen Entwicklungen der Nanotechnologie stehen ebenfalls hierarchisch organisierte Systeme im Vordergrund. In meinem Fach, der Verfahrenstechnik, geht es zum Beispiel beim Prozess-Design darum, einen Herstellungsprozess für ein Produkt durch Ströme von Rohstoffen und Energie in

Produkte umzuwandeln. Energie könnte ebenfalls ein Produkt sein, möglicherweise entstehen dabei auch unerwünschte Emissionen. Auf der Ebene des Gesamtprozesses werden die notwendigen Ressourcen bereitgestellt und die hergestellten Produkte in die Wertschöpfungskette der Wirtschaft eingespeist. Die nächst tiefere Ebene umfasst detaillierte Fragen der Verfahrenstechnik im Sinne von Aufbereitung von Rohstoffen, Durchführung einer chemischen Reaktion, Reinigung von Nebenprodukten, Trennung und Rückführung von bestimmten Komponenten und auf einer Ebene darunter Elementarprozesse, die durch die Gesetze der Physik und Chemie bestimmt werden. Ich zeige Ihnen hier ein einfaches Beispiel einer denkbaren Konstruktion eines Katalysators, der wiederum hierarchisch organisiert ist. In der Nanotechnologie andererseits geht man von supramolekularen Strukturen oder Nanopartikeln aus und versucht, aus diesen Bausteinen im Sinne eines Lego-Spiels immer komplexere Strukturen aufzubauen, um so schließlich zu hierarchisch aufgebauten, neuen Materialien mit spezifisch steuerbaren Funktionen zu kommen. Mein Sohn Andreas macht dazu erste Versuche, er generiert Überstrukturen, und er träumt vielleicht davon, letztendlich ein Bauteil zu entwerfen, das fliegen kann. Das hört sich einfach an, ist aber selbst auf der Herstellung von Lego-Teilchen im Zentimeterbereich technologisch alles andere als trivial, im Bereich der Nanotechnologie können wir diese Teilchen nicht einmal sehen. Als Beispiele aus dem Bereich der Nanotechnologie seien genannt: druckbare Elektronik, zum Beispiel für Solarzellen auf flexiblen Substraten, oder schaumartige biomimetische Strukturen, die hohe Festigkeit mit reduziertem Gewicht und damit Materialverbrauch verbinden. Bei den Solarzellen wird die Entwicklung getrieben durch die Vision der Energiewandlung zu massiv reduzierten Kosten – stellen Sie sich Prozesse wie Zeitungsdruck vor –, die solche Strukturen herstellen könnten. Bei den Leichtbaustoffen geht es um höhere Sicherheit bei gleichzeitig stark reduziertem Kraftstoffverbrauch. Ich zeige Ihnen ein Beispiel, wie man heute in den verschiedensten Disziplinen „evolutionär“ Technologieentwicklung aufstellen kann: Chemiker machen eine Synthese von diesen Bausteinen; Physiker untersuchen die Leitfähigkeit der Moleküle; Materialwissenschaftler und Verfahrenstechniker entwerfen die Strukturen und die Herstellungsprozesse und ein Elektrotechniker realisiert die Fertigung des Bauteils (s. Abb.). Während beim Lego-Spiel der Mensch allerdings noch selbst Hand anlegt, geht es in der Nanotechnologie darum, Methoden der Selbstorganisation zu nutzen. Wesentlich dabei ist, dass es auf die Wechselwirkung zwischen den Bausteinen ankommt. Physikalisch gesprochen, könnte man sich eine Kette vorstellen von jenen molekularen Strukturen, die letztendlich quantenmechanisch bestimmt sind: über klassische Wechselwirkungspotentiale der Newtonschen Mechanik bis hin zur statistischen Physik der Vielteilchensysteme.



Evolutionäre Entwicklung hierarchisch aufgebaut, elektronischer Bauteile für die druckbare Elektronik

Eine interessante Frage ist nun, inwieweit evolvierende Systeme durch einheitliche Prinzipien bestimmt werden. Mit dem Blick auf die Kulturwissenschaften darf man vielleicht sagen, dass Beziehungen den Dingen vorausgehen. Aus dem Wechselspiel von Mitspielern entstehen soziale Strukturen, die sich selbst hierarchisch organisieren, im Sinne von Familie, Dorfgemeinschaft, Akademien, Staaten, Staatengemeinschaften. Während diese Überlegungen bei natürlichen, technischen und sozialen Systemen noch leicht nachvollziehbar sind und im Sinne der Systemtheorie durchaus diskutiert werden, begeben wir uns bei der Frage nach dem Bewusstsein auf sehr viel weniger bekanntes Gelände. Einerseits durchläuft jeder Mensch vom Säugling bis zum Erwachsenen verschiedene Stufen von Bewusstwerdung, die durch die Entwicklungspsychologie intensiv untersucht werden. Man kann andererseits aber auch den Blick zurück lenken und versuchen, aus den Zeugnissen der Menschheit in Kunst und Kultur auf bestimmte Strukturen zu schließen. Wie verhält es sich mit dem Bewusstsein etwa im Sinne der räumlichen Darstellung in der Malerei vor der Renaissance? In den Bildern des byzantinischen Zeitalters fällt beispielsweise auf, dass die Bilder ohne Tiefe sind – Gott schaut sozusagen auf alle gleich – oder

dass die Perspektive nicht stimmt. Möglicherweise stellt die Besteigung des Mont Ventoux durch Petrarca im Jahre 1336 einen Wendepunkt dar, in dem Petrarca die Tiefe der Landschaft als neue Wirklichkeit tief berührt erfährt. In der Folgezeit entwickelt sich in der darstellenden Kunst die Perspektive. Die folgenden Jahrhunderte sind durch die Eroberung des Raumes mit allen positiven aber auch negativen Folgen gekennzeichnet. Die Grenzen des Wachstums werden uns ja gerade überdeutlich auf der Weltbühne vorgeführt. Die Zeit vor etwa hundert Jahren war gekennzeichnet durch viele wissenschaftliche Entwicklungen und – man könnte sagen – „evolutionäre Durchbrüche“. Heute kommen wir hier zum Einstein-Tag zusammen. Ein wesentliches Verdienst Einsteins ist die Einführung der Raum-Zeit im Rahmen der Relativitätstheorie. Das heißt, er überwindet den dreidimensionalen Raum und führt die vierte Dimension ein. Heutige Ansätze aus der Physik, lasse ich mir sagen, verbinden noch höherdimensionale Räume auf der Suche nach einer vereinheitlichenden Theorie der Wechselwirkung. Künstler haben ja oft ein sehr feines Gespür für den Puls der Zeit. Picassos Dackel mit zwei Schwänzen, auf einem Skizzenblatt schnell hingeworfen, nimmt nun auch die Zeit mit ins Bild. Porträts, wie das von Dora Maar, werden von verschiedenen Seiten gleichzeitig gezeigt, womit die dreidimensionale Perspektive quasi überwunden wird. Offenbar waren nun immer mehr Menschen in der Lage, das nur dreidimensionale Denken zugunsten einer höheren Dimensionalität zu überwinden. Darf man sagen: da die Welt hierarchisch organisiert ist, ist es unser Bewusstsein als Ergebnis der Evolution ebenfalls? Als aktiv handelnde Menschen tragen wir diese Strukturen möglicherweise in Natur, Technik und Kulturwissenschaften hinein und gestalten die Welt so nach unserem Bilde. Alles sehr spannende Fragestellungen aus der Sicht eines Technikwissenschaftlers, der davon überzeugt ist – und davon überzeugen möchte –, dass Naturwissenschaften und Technik in unserer Zeit zu den stärksten Triebkräften der Kultur-Evolution – um es so zu nennen – gehören. Denn nach der von Jürgen Mittelstraß beschriebenen Leonardo-Welt gilt: „In dieser Welt muss auch der Philosoph etwas von Technik verstehen und der Techniker etwas von der Philosophie.“<sup>1</sup> Anderenfalls lebten wir in einer halbierten Kultur, die ihre eigene kulturelle Form nicht mehr verstünde. Ich meine, heute geht es darum, Descartes' „ich denke, also bin ich“ und die damit vollzogene Trennung von Geist und Stoff zu überwinden um zu einem „der Geist muss in den Stoff“ zu kommen.

---

<sup>1</sup> Jürgen Mittelstraß: Leonardo-Welt – Über Wissenschaft, Forschung und Verantwortung. Frankfurt am Main: Suhrkamp1996.

Volker Gerhardt: Herr Peukert, ich danke Ihnen sehr für den Vortrag und darf auch sagen, dass Sie einen eindrucksvollen Einstand in unserer Akademie gegeben haben. Ich danke Ihnen sehr dafür. Sie haben ja selbst das Beispiel der Akademie für soziale und hierarchische Systeme erwähnt und deswegen kann ich auch verraten, was ein Hintergedanke für die Positionierung Ihres Vortrages am Ende war. Denn es könnte ja sein, dass Sie uns auch Anregungen für die Evolution dieses hierarchischen Systems der Akademie geben. Nachdem wir in verschiedenen Vorträgen gesehen haben, wie stark Natur, Kultur, Technik, die Sprache, andere Verhaltensweisen ineinander spielen und jeweils auch Gegenstände der verschiedenen Wissenschaften sind, habe ich von dieser Diskussion den Eindruck gewonnen, dass es möglicherweise eine evolutionäre Perspektive der Akademie sein könnte, eines Tages gar keine Klassen mehr zu brauchen und wir tatsächlich sehen, dass wir uns alle letztlich mit den gleichen Gegenständen beschäftigen. Aber es ist mir klar, dass ich jetzt ganz bewußt sehr weit vorgegriffen habe. Ich wollte deutlich machen, dass wir in den nächsten beiden Jahren noch viel zu tun haben, und ich nehme aus dieser Debatte mit, dass wir vor allem noch einige begriffliche Arbeit zu leisten haben, um genauer zu klären, was wir denn eigentlich unter „Evolution“ verstehen. Dabei wünsche ich unserer Akademie Glück und danke denjenigen, die so kurzfristig bereit waren, Beiträge vorzubereiten und vorzutragen, sehr herzlich für ihre Arbeit an diesem gemeinsamen begrifflichen Projekt.