

Wie entstehen neue Qualitäten in komplexen Systemen?

50 Jahre
Max-Planck-Gesellschaft
1948 - 1998

Dokumentation des Symposiums
zum 50jährigen Gründungsjubiläum
der Max-Planck-Gesellschaft
am 18. Dezember 1998 in Berlin

Alfred Gierer

Naturwissenschaft und Menschenbild

Offen für verschiedene Interpretationen der Welt

Im seinem Vortrag zum Abschluß des Symposiums unternahm Alfred Gierer vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen eine Gesamtschau, bei der er einerseits einige Aspekte der vorausgegangenen Vorträge zusammenfaßte, andererseits aber auch die Reichweite wissenschaftlichen Denkens und dessen Auswirkung auf das Selbstverständnis des heutigen Menschen und der modernen Gesellschaft zu umreißen versuchte.

In meinem Vortrag geht es um den Beitrag der Naturwissenschaften zu unserem Selbstverständnis, metaphorisch gesagt, zu unserem Bild vom Menschen. Also: Was ist unserer biologischen Spezies „Mensch“, die derzeit mit über fünf Milliarden Individuen die Erde bevölkert, gemeinsam? Welche Qualitäten charakterisieren den Menschen und sein Gehirn, wie konnten sie entstehen und sich entwickeln? Mehrere Vorträge dieses Symposiums zeigten hierzu ganz grundsätzliche Erkenntnisse auf

- über die Evolution des Menschen,
- über Psyche und Geist als Eigenschaften des menschlichen Gehirns und
- über menschliches Sozialverhalten in Gruppen und Gesellschaften.

Die Wissenschaft trägt aber auch noch in einer ganz anderen Weise zu unserem Selbstverständnis bei: Die Naturwissenschaft als Ganzes demonstriert nämlich wie kaum eine andere Kulturleistung sowohl die Reichweite als auch die Grenzen des menschlichen Denkens überhaupt. Dies ist es, was besonders auch die ersten Vorträge unseres Symposiums in zwar indirekter, aber um so eindringlicherer Weise zeigten. Da ging es, zum Beispiel, um Mikroelektro-

nik. Das physikalische Verständnis elektrischer Vorgänge, die ihr zugrunde liegt, ist von ungeheurer Tragweite für die moderne Gesellschaft. Und doch liegt die moderne Physik mit ihren mathematischen Gesetzmäßigkeiten jenseits unserer natürlichen Anschauung. Die Fähigkeit des menschlichen Geistes, so abstrakte Theorien zu entwickeln, die sich dann in der Erfahrung bewährten, ist alles andere als selbstverständlich, verweist eher auf Entsprechungen zwischen der naturgesetzlichen Ordnung – die auch ohne uns existiert – mit Fähigkeiten und Strukturen des menschlichen Denkens.

Aber nicht nur die Reichweite wissenschaftlichen Denkens ist eindrucksvoll – mindestens ebenso ist es die Möglichkeit, prinzipielle Grenzen der Erkenntnis zu erkennen und ihrerseits wissenschaftlich zu erklären. Dabei zeigt sich, daß die moderne Naturwissenschaft auf der metatheoretischen, philosophischen Ebene offen ist für verschiedene Interpretationen des Menschen und der Welt – weit offener, als die meisten noch vor hundert Jahren dachten. – Ich möchte nun diese zunächst grob skizzierte Gedankenlinie von der Physik bis zur Biologie etwas eingehender nachzeichnen.

Wo bleibt noch Raum für autonomes menschliches Bewußtsein?

Grundlage der modernen Naturwissenschaften ist die Physik. Ihre Grundgesetze beanspruchen Gültigkeit für alle Vorgänge in Raum und Zeit. Am Anfang der neuzeitlichen Physik stand die Mechanik der Bewegung von Körpern im Raum, dann aber wurde sie mehr und mehr erweitert, so daß sie Elektrizität und Magnetismus, Wärme und Strahlung einschloß. Es schien, die Naturgesetze seien im Prinzip geeignet, ohne irgendwelche Beschränkungen aus Zuständen der Gegenwart Zustände der Zukunft zu berechnen – und zwar umso genauer, je mehr man sich dabei anstrengt. Dies lieferte letztlich auf einen deterministischen Ablauf des gesamten Weltgeschehens hinaus. Wo aber bleibt dann noch Raum für Gott, Seele und autonomes menschliches Bewußtsein? Was hat die Philosophie in diesem Zusammenhang noch zu sagen?

Derartige mechanistisch-materialistische Weltdeutungen des 19. Jahrhunderts erwiesen sich aber als unzureichend, vor allem auch deshalb, weil sie auf einer Physik beruhten, die in wesentlicher Hinsicht unvollständig war. Was sagte die Physik damals auf die Frage: Warum vereinigen sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser? Keine Antwort. Um Atome und Moleküle zu verstehen mußte man zunächst die Voraussetzungen der damaligen Physik radikal revidieren, und dazu gehörte ein Bewußtsein der begrenzten Reichweite physikalischer Erklärungen. Dies war die Leistung der Quantenphysik der zwanziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts: Es gibt, so zeigen ihre Gesetze, prinzipielle Grenzen von Beobachtungen und Vorherberechnungen im Bereich von Atomen und Molekülen. Das ist der Inhalt der berühmten, von

Heisenberg entdeckten Unschärferrelation.

In bestimmten Fällen wirkt sich dies auch im Großen aus, nämlich immer dann, wenn molekulare Prozesse zu Auswirkungen im makroskopischen Bereich verstärkt werden. Ein wichtiges Beispiel ist die sexuelle Vermehrung der Lebewesen. Sie beruht auf der Rekombination von Chromosomen. Das sind Molekularprozesse der Erbsubstanz DNS, und diese wiederum unterliegen der Quantenunbestimmtheit. Konsequenz: Die biologischen Anlagen künftiger individueller Menschen sind prinzipiell – nicht nur praktisch – nicht wirklich berechenbar.

Besonders hintergründig ist aber ein ontologischer Aspekt der modernen Physik. Im Bereich der Atome gibt es keinen Weg, die anschaulichen Vorstellungen von der Bewegung raumerfüllter Körper auf bestimmten Bahnen zu retten: Elektronen erscheinen mal als Teilchen, mal als Welle. Die Physik ist – so lernte man – eine Theorie des möglichen Wissens von der Wirklichkeit, nicht eine Theorie der Wirklichkeit als solcher. Aber eben diese sich selbst bescheidende Physik leistet dann auch viel mehr als die klassische Mechanik. Sie erschließt den Bereich der Atome und Moleküle einschließlich der Moleküle des Lebens, der Erbsubstanz DNS. Nur so verstehen wir schließlich ihre Rolle bei der Reproduktion und der Entwicklung der Organismen, ebenso ihre Mutationen, die die Evolution des Lebens auf der Erde ermöglicht haben.

Die Wissenschaft entdeckte ihre eigenen Grenzen – und dies nicht nur in der Physik, sondern auch in der Mathematik: Wenige Jahre nach der Entdeckung der Unbestimmtheit der Quantenphysik lieferte in den dreißiger Jahren der Mathematiker Gödel den strengen mathematischen Beweis dafür, daß es unüberwind-

liche Grenzen mathematischer Entscheidbarkeit gibt. In jedem einigermaßen leistungsfähigen formalen System der Logik und Mathematik gibt es Sätze, die innerhalb des Systems formulierbar, aber mit den Mitteln des Systems nicht zu beweisen oder zu widerlegen sind. Vor allem kann ein System seine eigene Widerspruchsfreiheit grundsätzlich nicht mit seinen eigenen Mitteln beweisen. Diese Entdeckungen gehören sicher zu den bedeutendsten des zwanzigsten Jahrhunderts. Letztlich weisen sie darauf hin, daß jedes formale Denken – und damit wohl auch das menschliche Denken insgesamt – auf intuitiven Voraussetzungen beruht, die ihrerseits nicht vollständig zum Teil des Formalismus gemacht werden können.

Vor sechs Millionen Jahren die letzte Abzweigung

Nun, nach den indirekten zu direkten Implikationen der Naturwissenschaften für das Menschenbild, zu den biologischen Erkenntnissen über die biologische Spezies Mensch. Der Mensch ist ein Ergebnis der Evolution des Lebens auf der Erde, die sich über drei bis vier Milliarden Jahre hinweg erstreckte. Die letzte Abzweigung von einer Linie heute lebender Tiere – die zwischen Menschen einerseits und Schimpansen sowie Bonobos andererseits – erfolgte vor etwa sechs Millionen Jahren. Die ganze heutige Menschheit scheint genetisch von einer kleinen Gruppe abstammen, die vor vielleicht zweihunderttausend Jahren in Afrika gelebt hat. Was damals an biologisch angelegten Eigenschaften entstand, ist ein noch offenes Forschungsfeld. Jedenfalls war es erst dieser moderne Menschentyp, der seitdem die Eiszeitkunst schuf, die Landwirtschaft erfand, die Hochkulturen entwickelte,

ohne daß dafür noch weitere genetische Änderungen eine große Rolle spielen mußten.

In den letzten zwei- oder dreitausend Generationen war die Entwicklung vermutlich in erster Linie Kulturdynamik, Kulturgeschichte.

Die ganze heutige Menschheit scheint genetisch von einer kleinen Gruppe abstammen, die vor vielleicht zweihunderttausend Jahren in Afrika gelebt hat.

Welche Arten genetischer Änderungen waren für die Evolution des Menschen in verschiedenen Phasen, zumal für die Entstehung des modernen Menschentyps besonders wichtig? Gab es nichts als die Akkumulation vieler, mehr oder weniger gleichberechtigter Veränderungen der Gene mit jeweils geringen Auswirkungen? Das ist denkbar, und viele denken auch so. In der Tat zeigt die Theorie der Selbstorganisation, daß in komplexen Systemen die Entstehung neuer Qualitäten auch ohne spezifische Initiation möglich ist. Das beweist aber nicht, daß es auch immer so war, zumal, wenn es um die Entstehung allgemeiner Fähigkeiten des menschlichen Gehirns ging: Die Entwicklung des neuralen Netzwerkes wird von der Expression von Proteinen in Nervenzellen und -fasern wesentlich beeinflusst. Die wiederum erfolgt unter der Kontrolle von Regelbereichen der Gene, die in raffinierter hierarchischer und kombinatorischer Weise als eine Art von Mikroprozessoren wirken, welche die Information über Stadien, Zustände und Positionen der Zelle in biochemische Aktivitäten umsetzen.

Wenn es nun – wie besonders bei den Primaten – im Genom schon hochentwickelte Subroutinen der Genregulierung gibt, die raffinierte

Verschaltungen im Gehirn mit raffinierten Funktionen kodieren, so könnte es für die weitere Evolution effizient sein, durch spezifische Kombinationen von vorhandenen Subroutinen neue Richtungen der Evolution zu begründen, die zu neuen Fähigkeiten des Nervensystems führen, – und in Millionen Individuen in vielen tausend Generationen kommen dafür auch bestimmte Zufallskombinationen vor, die allerdings pro Individuum sehr selten sind. Aber wenn diese auch anfangs nur geringe Auswirkungen hatten, könnten sie doch neue *Richtungen* für die weitere Evolution eröffnet haben.

Was aber meinen wir mit „allgemeinen menschlichen Fähigkeiten“? An einer abstrakten Definition dessen, was den Menschen ausmacht, möchte ich mich hier nicht versuchen. Jedenfalls gehört zu den Grundeigenschaften des Homo sapiens die Fähigkeit der Selbstrepräsentation; wir können uns die Zukunft vorstellen, und darin kommen wir selbst vor, wie wir sein könnten, sein wollten, auch wie wir von anderen gesehen werden wollen. Wir können unsere eigenen möglichen Zustände danach bewerten, ob sie wünschenswert sind oder nicht; der Vergleich verschiedener Szenarien in der Zukunft führt zu Strategien des Handelns.

Selbstrepräsentation ist aber nicht nur eine der Voraussetzungen des strategischen Denkens, sondern auch für menschliches Bewußtsein, und damit kommen wir zu dem vielleicht schwierigsten, aber auch interessantesten Problemkreis im Grenzgebiet zwischen Biologie, Psychologie und Philosophie, den zwei der vorangehenden Vorträge in so eindrucksvoller Weise dargestellt haben. Ich möchte mich hier nur auf einen, nämlich auf den *entscheidungs-theoretischen* Aspekt dieses Problemkreises beschränken.

Uns ist im Bewußtsein der eigene seelische Zustand in Form von Gedanken, Gefühlen, Plänen, Erwartungen und Befürchtungen für die Zukunft jeweils ganz unmittelbar gegeben. Von Gehirnprozessen merken wir dabei nichts; es ist die Wissenschaft, die uns lehrt, daß Bewußtsein eine Eigenschaft des menschlichen Gehirns ist. Die bewußtseinsnahe Hirnforschung führt dabei zu außerordentlich interessanten Ergebnissen, über die auch in Vorträgen dieses Symposiums berichtet wurde, zum Beispiel

- über neurobiologische Aspekte der Aufmerksamkeit und der Kognition,
- über die Simulierbarkeit höherer Hirnfunktionen durch Computer,
- über die Neuropsychologie der Unterschiede bewußter und unbewußter Zustände,
- über integrierende Aktivitäten, die weite Bereiche des Gehirns miteinander verbinden.

So interessant und für das menschliche Selbstverständnis wichtig all diese Ergebnisse sind, sie bedeuten nicht, daß nun eine allgemeine, in wesentlichen Aspekten vollständige Erklärung der Gehirn-Geist-Beziehung ins Haus stünde. Die erwähnte Selbstbegrenzung der Naturwissenschaft, wie wir sie aus der Quantenphysik und der Entscheidungstheorie kennen, führt eher zu der begründeten Vermutung, daß es neben spannenden Einsichten auch prinzipielle Grenzen einer naturwissenschaftlichen Theorie des Bewußtseins geben kann.

Keine Dekodierung der Gehirn-Geist-Beziehung

Bewußtseinstheorie setzt immer schon Bewußtsein voraus. Sobald man objektive Definitionen für

menschliches Bewußtsein sucht, stößt man auf Schwierigkeiten: Notwendige Bedingungen für Bewußtsein zu finden, ist ziemlich leicht, hinreichende aufzustellen aber ist schwer. Für die wohldefinierten Aspekte wird man schließlich auch naturwissenschaftliche Erklärungen finden, für die nichtformalisierbaren aber kann das nicht gelten. Aus der Gültigkeit der Physik im Gehirn und der Korrelation von Bewußtseins- mit Gehirnzuständen folgt keineswegs, daß es ein allgemeines Verfahren geben muß, um mit endlichen Mitteln in endlicher Zeit eine umfassende Entschlüsselung, eine Dekodierung der Gehirn-Geist-Beziehung zu erreichen, zumal im Hinblick auf selbstbezogene Prozesse im Gehirn.

Wenn wir den Blick nach innen richten und über unsere eigenen psychischen Zustände etwas mitteilen, könnte dies dann aber im Prinzip mehr als das ergeben, was durch eine noch so umfangreiche Außenanalyse des Nervensystems zugänglich wäre.

Alle solche Einsichten und begründete Vermutungen über Grenzen des Wissens sind wiederum unterschiedlichen erkenntnistheoretischen und naturphilosophischen Deutungen zugänglich. Man kann zum Beispiel Heisenbergs Unbestimmtheitsgesetz als letzte Antwort der Natur auf unsere Fragen ansehen - dies entspricht auch meiner Auffassung - oder hinter ihr dann noch irgendeine Art von eindeutig wirklichen Vorgängen vermuten. Man kann die Gesetze mathematischer Unentscheidbarkeit als Verweis auf intuitive Grundvoraussetzungen jedes menschlichen Denkens betrachten, wie ich das hier auch vertreten habe, oder aber diese Gesetze nur als rein formale Sätze über formale Sätze auffassen, wie dies von einem Teil der Mathematiker gesehen wird. Man kann Bewußtsein als Urgegebenheit oder letztlich doch lediglich als ein Epiphänomen

physikalisch-chemischer Prozesse im Nervensystem zu begreifen suchen.

Solche Deutungsalternativen sind wohl nicht deswegen so resistent gegen eindeutige Auflösungen, weil die Klugen die Dümmeren noch immer nicht überzeugt haben, sondern aus einem viel tieferen Grund: Die Welt *ist* auf der metatheoretischen Ebene

Notwendige Bedingungen für Bewußtsein zu finden, ist ziemlich leicht, hinreichende aufzustellen aber ist schwer.

mehrdeutig, und das wird wohl auch so bleiben. Dies betrifft nicht zuletzt philosophische Kernfragen nach der Beziehung zwischen menschlicher Einsicht und Realität und erscheint als der eigentliche Grund dafür, daß modernes naturwissenschaftliches Denken letztlich mit verschiedenen philosophischen, kulturellen und religiösen Interpretationen des Menschen und der Welt vereinbar ist: mit verschiedenen, aber keineswegs mit allen!

Einen Beitrag zur Lebenskunst leisten

Man muß sich schon zuerst auf die rationalen wissenschaftlichen Erkenntnisse wirklich einlassen, auch wenn sie anti-intuitiv oder unbequem sind, um dann, in Übereinstimmung mit Tatsachen und logischem Denken, von der philosophischen Deutungsfreiheit Gebrauch zu machen. Nach meiner Ansicht kommt es dabei darauf an, unter den logisch denkbaren philosophischen Interpretationen nach solchen zu suchen, die auch einen Beitrag zur Lebenskunst leisten. Dies möchte ich an einem besonders wichtigen Problembereich erläutern, dem - durchaus begrenzten -

Beitrag der Naturwissenschaften zur Diskussion um die menschlichen Werte.

Es geht um „Altruismus“, „Kooperativität“ und „internalisierte Werte“. All dies hat etwas mit Moral zu tun. Nun vertragen sich Moralisten, die das Gute fordern und das Böse brandmarken, in der Regel nicht besonders gut mit Soziobiologen, die – in manchmal aggressiver Grundstimmung – darauf hinweisen, die biologischen Anlagen des Menschen seien nun einmal auf hohe Reproduktionschancen der eigenen Gene programmiert, daher in erster Linie egoistisch und könnten gar nicht anders sein. Umgekehrt sagen Sozialwissenschaftler den Soziobiologen oft ein biologisch reduziertes mechanistisch-materialistisches Welt- und Menschenbild nach, mit dem noch dazu reaktionäre politische Gedanken transportiert werden – zum Beispiel Rechtfertigungen von Sozial-Darwinismus. Biologen wiederum konnten entgegen, der Sozial-Darwinismus sei ja nicht in erster Linie von Darwin – oder überhaupt von Biologen –, sondern von Soziologen propagiert worden.

Wenn man aber derartige, fast ritualisierte Auseinandersetzungen verfolgt hat, ist zu erkennen, daß sie sich mittlerweile überlebt haben – oder überlebt haben sollten –, denn im Grund wissen wir doch zwei Dinge ganz gut: Zum einen sind Grund- und Randbedingungen sozialen Verhaltens biologisch angelegt; zum anderen aber ist dessen Ausprägung offensichtlich eine Kulturleistung. So hat es ein führender Zwillingsforscher ausgedrückt: „Die Gene singen uns ein prähistorisches Lied, dem wir uns heutzutage bisweilen widersetzen sollten, aber es wäre eine Dummheit, es zu ignorieren“.

Hören wir uns die eine oder andere Strophe dieses prähistorischen Liedes an: Was singen uns die Gene dar-

über, daß es überhaupt nicht-egoistische Anlagen in Lebewesen gibt? Biologische Anlagen zu altruistischem Verhalten wurden früher dadurch erklärt, daß sie der Art beziehungsweise der Gruppe nutzen. Die genauere Analyse zeigt aber, daß diese Erklärung so nicht, jedenfalls nicht immer, zutreffen kann. Die Mechanismen der Evolution setzen nämlich am Individuum und dessen Genen, nicht an der Gruppe an, um die jeweils eigenen Reproduktionschancen zu erhöhen; und dies fördert egoistische Verhaltensanlagen.

Altruismus gibt es ebenfalls, bedarf aber besonderer Erklärungen. Besonders zwei Erklärungen sind dabei Standard: Zum einen gibt es altruistisches Verhalten zugunsten von Verwandten, denn dies fördert indirekt auch die Verbreitung der jeweils eigenen Gene und erhöht, wie der Fachausdruck lautet, die „inclusive fitness“. Wenn ich, zum Beispiel, auf meine Kosten meinem Bruder helfe, der die Hälfte meiner Gene mit mir gemeinsam hat, so trage ich indirekt und statistisch zur Verbreitung meiner eigenen Gene bei. Darüber hinaus können Leistungen für andere sich immer dann lohnen, wenn Aussicht besteht, daß sie später durch Gegenleistungen kompensiert werden. Man nennt dies „reziproken Altruismus“ – wobei uns nicht stören darf, daß hier der Begriff Altruismus ziemlich gedehnt wird.

Besonders groß ist die Kooperationsfähigkeit der Spezies „Mensch“. Evolutionsbiologisch gesehen ist sie wohl in erster Linie aus der Familien-, Clan- und Stammesverwandtschaft entstanden, läßt sich aber von genetisch Verwandten auch auf Vertraute und, darüber hinaus, auf größere Sozialverbände extrapolieren, wenn auch nur in abgeschwächter und fragiler Form. Kooperation als Leistung in Erwartung von Gegenleistung gibt es nicht nur zwischen Indi-

viduen, sondern auch in größeren Gruppen. Der in menschlichen Gesellschaften so ausgeprägte Stellenwert der Reputation – der Wissenschaftsbetrieb ist hierfür ein Beispiel – hat seinen evolutionsbiologischen Ursprung vermutlich auch in dem Bestreben, sich als kooperationsfähig und -willig darzustellen.

Auf kognitiven Fähigkeiten aufbauende Empathie

Es gibt aber noch eine weitere Quelle von Hilfs- und Kooperationsbereitschaft, die sich nicht ohne weiteres auf Verwandtenhilfe oder Reziprozität reduzieren läßt: die Empathie, das Mitgefühl mit anderen, besonders eine auf kognitiven Fähigkeiten des Menschen aufbauende Empathie, welche auch Szenarien und damit Hoffnungen, Erwartungen und Ängste für die Zukunft einschließt. Die Evolution der Empathie konnte auf tierischen Vorformen aufbauen; ihre menschliche, weite Zukunftsperspektiven einschließende Form aber dürfte, so kann man mindestens vermuten, als Nebenprodukt der Evolution des strategischen Denkens entstanden sein. Denn das Mitempfinden mit anderen erleichtert es, deren Verhalten zu prognostizieren und erhöht damit die eigene „Fitness“. Mitempfinden motiviert dann aber dazu, durch helfendes Handeln die Befindlichkeit anderer zu verbessern. Die Evolution der Fähigkeit zur kognitionsgestützten Empathie könnte man sich vorstellen als Erweiterung von Selbst- zu Fremdrepräsentationen, die mit den eigenen Gefühlszentren vernetzt bleiben oder werden.

Die schwierigsten Fragen im Grenzbereich von Biologie und Ethik stellen sich in bezug auf internalisierte Werte. Bestimmte Handlungen würden die meisten aus ethischen Gründen auch dann nicht begehen,

wenn es niemand merkt und wenn keine negativen Rückwirkungen zu befürchten sind, weil wir, wenn wir die Handlung doch begehen würden, schließlich uns selbst nicht gefielen. Vermittelt werden solche Werte vorwiegend durch Erziehung und Sozia-

Ideen theoretischer Moral, die in der Praxis nirgends funktionieren, widersprechen wahrscheinlich den biologisch angelegten Motivationen von Menschen. Umgekehrt weisen Fälle größerer Unterschiede zwischen Gesellschaften auf soziokulturelle Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb des weiten, biologisch angelegten Rahmens hin.

lisierung in der Jugendzeit. Dies führt uns zu der Frage nach der Auswahl und der Begründung von Werten. Wie schwer das ist, besagt der schöne Satz von Schopenhauer: „Moral predigen ist leicht, Moral begründen schwer“.

Schon in der antiken Philosophie stand aber im Hintergrund implizit auch die Frage: Wie hast du es mit der Biologie? Ist gutes Handeln eine Kulturleistung, die man den biologisch angelegten menschlichen Begierden abringen muß, wie es die stoische Philosophie lehrte? Oder soll man vielmehr – mit den Epikureern – positiv auf dem Streben nach Lust und Freude samt ihren biologischen Antrieben aufbauen und dieses Streben als Kulturleistung so generalisieren, daß es weite Zeitdimensionen und weitreichende zwischenmenschliche Beziehungen erfaßt? Der Respekt vor den allgemeinen, biologisch angelegten Motiven ist auch ein Beitrag zur Lebenskunst, und die modernen Erkenntnisse über menschliches Sozialverhalten sprechen durchaus dafür, die biologischen Grundlagen

der Kulturfähigkeit ernst zu nehmen: Sie begründen, aber sie begrenzen eben auch Spielräume kultureller Gestaltung. Ideen theoretischer Moral, die in der Praxis nirgends funktionieren, widersprechen wahrscheinlich den biologisch angelegten Motivationen von Menschen. Umgekehrt weisen Fälle größerer Unterschiede zwischen Gesellschaften auf soziokulturelle Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb des weiten, biologisch angelegten Rahmens hin.

Ein Beispiel ist das Ausmaß und die Ausrichtung von Vertrauen in einer Gesellschaft. Das ist eine fragile Verhaltensdisposition, in der sich verschiedene Kulturen und Gesellschaften wesentlich unterscheiden. Sie ist von großer ökonomischer Bedeutung, denn ständig überwachte gesellschaftliche und wirtschaftliche Beziehungen führen zu ineffizienten Arbeitsorganisationen, zu Demotivation und ruinösen Kosten. Vor allem aber bestimmt Vertrauen ganz wesentlich mit, ob es sich in einer Gesellschaft angenehm lebt oder nicht: Es gehört zur Lebenskunst.

Nun halten manche Ökonomen überhaupt nicht viel von solchen Diskussionen über Werte, zu denen zum Beispiel die Vertrauensbereitschaft gehört. Sie erkennen nur das egoistische Streben nach Geld und „pleasure“ als wirksames Verhaltensmotiv an. Nicht wenige Soziobiologen sehen auch bei Menschen in erster Linie – wenn auch indirekt – Auswirkungen biologischer Anlagen zur Vergrößerung der eigenen Reproduktionschancen, während manche Soziologen eine fast unbegrenzte Formbarkeit des Menschen durch Erziehung vorausgesetzt haben. Derartig einseitige Auffassungen können dem komplexen Verhältnis kultureller Ausprägungen zu biologischen Anlagen nicht gerecht werden.

Einige der – über die Jahrhunderte – frühen Denker waren da eher

besser. Natürlich entwickelten sie ihre Vorstellungen noch ohne moderne Biologie, allein mit analytischem Verstand und scharfsinniger Beobachtung des tatsächlichen menschlichen und gesellschaftlichen Verhaltens: Zum Beispiel der große nordafrikanisch-islamische Historiker Ibn Khaldun (1332–1406) vor sechshundert Jahren. So sehr seine Ideen auch in der Gesellschaft seiner Zeit verwurzelt sind, so enthalten sie doch auch bemerkenswerte allgemeine Einsichten in die menschliche Natur. Ibn Khaldun hat eine Soziologie des Gemeinsinns, „Asabiya“, entworfen. Ihr Ursprung ist die natürliche Solidarität unter Stammesverwandten. „Asabiya“ kann aber auch auf größere Gesellschaften verallgemeinert werden, insbesondere durch gemeinsame Sozialisation. Damit wird sie aber relativ anfällig und labil und kann zu Zyklen aufsteigender und absteigender politischer Systeme führen. Ibn Khaldun verlangt, die natürlichen Anlagen des Menschen zu respektieren und ihn deswegen nicht zu überfordern. Dies zeigt sich besonders in seinem Plädoyer für niedrige Steuersätze als Voraussetzung einer florierenden Wirtschaft.

Die Bedeutung der Empathie kommt sehr eindrucksvoll in seinem bemerkenswerten Postulat zur Geltung, daß gute Herrscher nicht nur nicht zu dumm, sondern auch nicht zu klug sein sollten. Zu kluge politische Führer nämlich „belasten Leute mit Aufgaben, die jenseits ihrer Fähigkeiten sind. Denn die schlaue Person erkennt Dinge, die andere nicht begreifen ... Zu große Klugheit ist mit tyrannischen und schlechten Regimen verbunden und mit einer Tendenz, die Leute Dinge machen zu lassen, die sie ihrer Natur nach nicht machen würden ...“ – ein erhellender Gesichtspunkt auch in der Gegenwart zu den ständigen Querelen zwischen Intellektuellen und Politikern. Ge-

meinsinn erwachse aus Solidarität unter Verwandten und Vertrauten, aus Reziprozität und Empathie – so bereits Ibn Khaldun im 14. Jahrhundert.

Reichweite und Grenzen des menschlichen Denkens

Am Anfang meines Vortrages warb ich dafür, Beiträge der Naturwissenschaft zu unserem Bild des Menschen sowohl in Erkenntnissen über die biologische Spezies Mensch, über seine Evolution, über Gehirn und Bewußtsein zu suchen, als auch in der Kulturleistung „Naturwissenschaft“ als Testfall für die Reichweite und Grenzen des menschlichen Denkens überhaupt. Die Überlegungen laufen zusammengefaßt darauf hinaus, daß Extrempositionen der gewohnten wissenschaftstheoretischen Kontroversen die Wirklichkeit weniger treffen als die Einsicht, daß sie nicht ganz richtig und nicht ganz falsch sind. Dies gilt vor allem für Thesen des historischen und erkenntnistheoretischen Relativismus.

Die historische Entwicklung der Naturwissenschaft erfolgte zwar kulturspezifisch, also relativistisch, aber ihre Erkenntnisse sind dann doch weitgehend kulturübergreifend, also universell vermittelbar. Die Grundlage dafür bilden wohl die gemeinsamen biologisch angelegten kognitiven Fähigkeiten der Spezies Mensch. Die Wissenschaftsgeschichte ist zwar keine Story gleichmäßigen Fortschritts, aber eben auch nicht eine Geschichte von lediglich sich ständig überlebenden Hypothesen. Sie ergibt nicht nur – aber auch – bestandsfähige Erkenntnisse über die Natur: ein irreversibles Sediment, wie Valentin Braitenberg das genannt hat.

Naturwissenschaft ist zwar eine Konstruktion des menschlichen Geistes, aber ein Teil dessen, was wir uns ausdenken, entspricht doch einer

von uns unabhängigen natürlichen Ordnung, so etwa die Formel $E = mc^2$ oder die Einsicht „DNS ist Erbsubstanz“. Der radikale Konstruktivismus, der das bestreitet – der im Extremfall behauptet, der Tiger, der mich anspringt, fresse mich nicht in Wirklichkeit, sondern nur in meiner inneren Welt –, erscheint eher als Gedankenspiel denn als eine im wirklichen Leben tragfähige Idee. Es gibt aber auch Grenzen der Erkenntnis, nicht zuletzt, weil wir als Teil der Welt diese nur von innen und nicht von außen erfahren und weil wir uns selbst nicht vollständig zum Gegenstand objektiven Wissens machen können.

Zwei Grundeinstellungen, so scheint mir, werden unseren wissenschaftlichen Erkenntnissen am ehesten gerecht. Das ist zum einen konsequenter Physikalismus, denn die Physik gilt für alle Vorgänge in Raum und Zeit, den Bereich des Lebendigen, und nicht zuletzt sind die Gehirnprozesse eingeschlossen. Zum anderen ist das entscheidungstheoretische Skepsis, denn man kann aus gegebenen Voraussetzungen mit endlichen Mitteln nicht alle wahren Schlüsse ziehen. Auf der metatheoretischen Ebene bleibt die Naturwissenschaft mehrdeutig, ist aber mit verschiedenen kulturellen, religiösen und philosophischen Deutungen des Menschen und der Welt vereinbar.

Die Entstehung neuer Qualitäten in komplexen Systemen

Lassen Sie mich an dieser Stelle auf das übergeordnete Thema unseres Symposiums zurückkommen, auf die Entstehung neuer Qualitäten in komplexen Systemen. Ein Aspekt davon ist die begrifflich-philosophische Frage, ob und in welchem Sinne es sich jeweils um Emergenz handelt und was unter Emergenz in diesem Zu-

sammenhang genau zu verstehen ist. An diesem interessanten, aber ausgesprochen schwierigen Problemkreis möchte ich mich hier aber nicht versuchen und stattdessen unmittelbar auf das reiche Spektrum anschaulicher Erkenntnisse verweisen, die in verschiedenen Beiträgen dieses Symposiums zur Sprache kamen, zumal in Bezug auf die Biologie. Wir lernen einiges über die Entstehung neuer Qualitäten in komplexen Systemen, wenn wir das Verhältnis der Biologie zur Physik reflektieren. DNS ist Erbsubstanz – wir verstehen sie nur deshalb, weil wir die Moleküle DNS physikalisch verstehen. Und die Erklärungen zur Verhaltenssteuerung durch das Gehirn beruhen letztlich auf physikalischen, zumal elektrischen Prozessen der Informationsverarbeitung in Nervennetzen.

Besonders deutlich wird die physikalische Erklärungsbasis bei einem Problemkreis, der ein Schwerpunkt an unserem Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen ist: die Neubildung von Strukturen in jeder neuen Generation. Unter der Kontrolle der Gene entwickelt der Organismus – von der Eizelle zum Tier – seine komplexen Strukturen in jeder Generation neu. Dabei entstehen in zunächst uniformen Geweben stark unterschiedliche Teilstrukturen. Über Jahrhunderte wurde vermutet, solche biologische Strukturbildung verweise auf besondere Lebenskräfte, dann aber zeigte sich, daß es diese wohl nicht gibt. Ein Grundprozeß ist die Wechselwirkung von lokalen autokatalytischen, sich selbst verstärkenden Aktivierungen mit längerreichweitigen Hemmwirkungen, und die beruhen auf ganz gewöhnlichen physikalischen Prozessen der beteiligten Moleküle.

Das Prinzip der Selbstverstärkung aber, das der Strukturbildung zugrunde liegt, findet man auch bei ganz anderen Systemen wie bei der

Bildung von Sternen und Galaxien nach dem Prinzip: Wo Materie ist, wird Materie angezogen. Es gilt auch bei der Bildung von Wolken und Wellen und nicht zuletzt von Städten: Wo Leute sind, ziehen Leute hin. Aber auch im psychologisch-sozialen Bereich gilt: Vertrauen erzeugt Vertrauen, Frust erzeugt Frust.

Die Komponenten der Organismen – Moleküle, Zellen, Gewebe – unterliegen gleichfalls den Grundgesetzen der Physik. Strukturbildung ist jedoch eine Systemeigenschaft und nicht eine Eigenschaft der Komponenten als solche, und deswegen erfordert ihr Verständnis zwar nicht *nur*, aber doch *auch* Systemtheorie, Systemmathematik. Dann allerdings bleibt es uns unbenommen, den einen oder anderen Aspekt interessanter zu finden, den materiellen (wir würden heute sagen: molekularbiologischen) im Sinne Demokrits, oder den mathematischen im Sinne von Pythagoras und Plato. Biologisches Verständnis erfordert zudem die Anschauung wirklicher Lebensvorgänge und deren Konzeptionalisierung in biologischen, nicht in physikalischen Begriffen. In diesem Sinne läßt sich Biologie nicht auf Physik reduzieren. Überhaupt kann man für komplexe Systeme keineswegs mit endlichen Mitteln jeden Zusammenhang deduktiv aus den Gesetzmäßigkeiten ableiten, denen die Komponenten unterliegen. Dies ist nicht zuletzt bedenkenswert, wenn wir die Fähigkeiten der biologischen Spezies „Mensch“ betrachten.

Die Systemeigenschaften der Spezies Mensch

Fähigkeiten wie die der Sprache, des strategischen Denkens, der erkenntnisgestützten Empathie sind Ergebnisse der biologischen Evolution des menschlichen Gehirns. Aber sind das, evolutionsbiologisch gesehen, wirk-

lich *neue* Qualitäten? Sie bauen ja auf tierischen Vorläufern auf, und es gibt immer wieder eindrucksvolle und überraschende Erkenntnisse, was da alles schon bei höheren Tieren angelegt ist, sei es über Ansätze zu Empathie oder zur Fähigkeit des Zählens bei nichtmenschlichen Primaten.

Wenn man sich auf die *Komponenten* des Systems „Mensch“ bezieht, ist da vielleicht nicht so vieles neu. Aber charakteristische *Systemeigenschaften* der Spezies Mensch sind eben doch *Innovationen* der biologischen Evolution des Menschen.

Neu ist besonders die Entspezialisierung und Verallgemeinerung von Fähigkeiten, wie sich dies im menschlichen Sprachvermögen zeigt, das nicht zuletzt durch grammatische Strukturierungen erlaubt, fast alles auszudrücken und höhere Ebenen symbolischer Repräsentation und Abstraktion einzuführen. Desgleichen gilt im strategischen Denken mit dem Vergleich verschiedener Szenarien in einer weiten offenen Zukunft, in der wir in veränderter Form selbst vorkommen. Es handelt sich um sehr allgemein anwendbare und sehr vielfältig entwickelbare Fähigkeiten, in mancher Hinsicht vergleichbar mit allgemein anwendbaren Erfindungen der Technik. Für sie gilt – zu denken ist an die Erfindung des Rades oder die Entdeckungen der Elektrizität –, daß nicht schon im ersten Ansatz alle künftigen Entwicklungsmöglichkeiten enthalten und aus den Bedingungen des Anfangs vollständig erklärbar und ableitbar sind. Entsprechendes dürfte für die biologische Evolution zutreffen. Allgemeine Fähigkeiten und Prinzipien mit unbegrenztem Anwendungsbereich geben oft einen Überschuß von Eigenschaften. Es wird, wie Max Delbrück dies in Zusammenhang mit der Evolution der menschlichen Fähigkeiten einmal genannt hat, „mehr geliefert als bestellt“.

Es ist das *System* biologisch angelegter allgemeiner Fähigkeiten des menschlichen Gehirns, das seit vielleicht hunderttausend Jahren in eine neue Qualität, nämlich in die Eigen- dynamik der Kulturgeschichte geführt hat. Die biologisch angelegten

Gemeinsinn ist eine wertvolle, reale, aber auch knappe und begrenzte Ressource der biologischen Spezies Mensch, eine Ressource, die eher behutsam zu aktivieren ist und deren Grenzen – jedenfalls, was Forderungen an andere oder an alle angeht – zu beachten sind.

Grund- und Randbedingungen sozialen Verhaltens grenzen das Spektrum gesellschaftlicher Ordnungen ein, lassen aber immer noch eine sehr große Vielfalt von Möglichkeiten offen für die kulturelle und politische Gestaltung. Dabei hängt die Lebensqualität, die eine Gesellschaft zu bieten hat, in hohem Maß von Kooperations- und Vertrauensbereitschaft, von Empathie und Gemeinsinn ab. Was eine der menschlichen Natur gemäße Ethik auszeichnet, ist die Tendenz, moralische Überforderungen zu vermeiden, die kaum je zu etwas Gutem geführt haben. Gemeinsinn ist eine wertvolle, reale, aber auch knappe und begrenzte Ressource der biologischen Spezies Mensch, eine Ressource, die eher behutsam zu aktivieren ist und deren Grenzen – jedenfalls, was Forderungen an andere oder an alle angeht – zu beachten sind.*

* Ausführliche Darstellungen zum Thema und Literaturhinweise in: Alfred Gierer „*Im Spiegel der Natur erkennen wir uns selbst – Wissenschaft und Menschenbild*“, Rowohlt, Reinbek 1998.