

Molekulares Erkennen

Im Jahre 1674 erschaute zum ersten Mal ein Mensch die mikroskopisch kleine Welt der Einzeller und Bakterien, die bis dahin unbekannt und unvorstellbar war. Das Staunen des holländischen Kaufmanns und Amateurforschers Antony van Leeuwenhoek über das Leben im winzigen Mikrokosmos der betrachteten Proben von Luft, Wasser und menschlichem Speichel war entsprechend groß. Er berichtete von seinen Entdeckungen mit den selbst gebauten Mikroskopen, die erstmalig bis zu 270fache Vergrößerungen (www.onmeda.de/lexika/persoenlichkeiten/leeuwenhoek.html) ermöglichten, an die Royal Society in London: „In meinem Mund gibt es mehr Lebewesen als Menschen in den Niederlanden“ (*Anonymus, WDR 07.02.2006*). Und: „Ich gewahrte so viele kleine Tierchen, und ihre Bewegung in Wasser war so geschwind und so vielfältig, aufwärts, abwärts, im Kreise, dass es wunderbar anzuschauen war“ (*Brian, J. 1998*).

Menschliches Erkennen ist einerseits abhängig von der Fähigkeit unserer Sinnesorgane, die Gegenstände unserer Welt anzuschauen. Technische Hilfsmittel wie das Mikroskop erweitern diese Fähigkeiten und eröffnen neue Welten. Was wir nicht sehen, riechen, hören oder fühlen können, existiert für uns nicht. Charakteristisch jedoch für menschliches Erkennen ist andererseits eine zweite Erkenntnis-Komponente: Die Fähigkeit, unmittelbare Sinneseindrücke neuronal zu verarbeiten und sie gedanklich bewusst zu repräsentieren. Immanuel Kant hat das klar erkannt und in der Kritik der reinen Vernunft so formuliert: „dass es zwei Stämme der menschlichen Erkenntnis gebe, die vielleicht aus einer gemeinschaftlichen, aber uns unbekanntem Wurzel entspringen, nämlich Sinnlichkeit und Verstand, durch deren ersteren uns Gegenstände gegeben, durch den zweiten aber gedacht werden“. Und: „Der Verstand vermag nichts anzuschauen, und die Sinne nichts zu denken. Nur daraus, dass sie sich vereinigen, kann Erkenntnis entspringen“ (*Kant, I. 1973, Einleitung VII, 78*).

Menschliches Erkennen ist demnach ein Wechselspiel zwischen sinnlicher Anschauung unserer Sinnesorgane mit der bewussten Verstandestätigkeit unseres Gehirns. Moderne Naturwissenschaft ermöglicht heute mit ihren Methoden und technischen Instrumenten eine Intensivierung dieses Wechselspiels, indem wir um weitere Größenskalen in den Mikrokosmos

eindringen und bereits dem Treiben einzelner Moleküle zuschauen können. Die Fülle und Präzision des zellulären und molekularen Geschehens der Lebensprozesse in der Welt der Millionstel Millimeter wird auf diese Weise immer deutlicher und geradezu Atem beraubend. Nicht allein deshalb, weil das Anschauungsmaterial in ungeahnter Weise wächst. Atem beraubend auch, weil der erkennende Verstand genötigt wird, dieses sinnlich-materielle Treiben der Atome und Moleküle neu zu denken und neu zu bewerten.

Schauen wir doch einmal, bewaffnet mit dem wissenschaftlichen Auge, dem abenteuerlichen Treiben der Moleküle zu. Da sind zum Beispiel die Desoxyribonukleinsäuren DNS, die als Doppelhelix die Gene und damit die Erbinformation tragen. Sie sind die Datenbank in der Bibliothek des Lebens. In ihnen steht die gesamte Information, die für Funktion und Bau von Lebewesen erforderlich ist. Damit sie wirksam werden kann, werden Teile der Information kopiert und als Boten-Ribonukleinsäure zu den Ribosomen, den Eiweißfabriken der Zelle, transportiert. Der Kopiervorgang beruht auf der Eigenschaft der doppelten Stränge der DNS, die unter anderem aus einer Folge von vier Basen-Bausteinen bestehen, von denen jeweils zwei komplementär zueinander passen. Wenn sich die Doppelhelix reißverschlussartig öffnet, können komplementäre Molekülstränge mit dem identischen Informationsgehalt entstehen. Das Ribosom tastet und taktet dann die Boten-RNS in Dreierbasenabständen ab und verbindet gleichzeitig die Aminosäuren zu einem eindeutigen Eiweißmolekül, dessen Bauplan von der Boten-RNS entsprechend der genetischen Codierung herrührt. Der genetische Code ist für alle Lebewesen gleich und bedeutet, dass drei benachbarte Basen der DNS und RNS-Ketten jeweils für eine Aminosäure codieren. Er arbeitet mit vier Nukleinbasen, von denen jeweils zwei komplementär räumlich zueinander passen. Insgesamt braucht man 20 solcher Dreibasenwörter für die 20 in Lebewesen vorkommenden Aminosäuren, was kein Problem darstellt, da aus den vier Basen-Buchstaben des genetischen Codes bis zu 64 Dreibasen-Wörter zur Verfügung stehen (http://de.wikipedia.org/wiki/Genetischer_Code). Das Ribosom benötigt darüber hinaus für die Synthese der Eiweißkette neben der Sequenzinformation der Boten-RNS noch die Transfer-RNS. Das sind relativ kleine Moleküle, die einerseits ein Dreibasenwort enthalten, das komplementär zur Boten-RNS-Information ist, und zum anderen mit der entsprechenden Aminosäure beladen sind. Am Ribosom dockt dann von den 20 Transfer-RNS-Molekülen die jeweils passende Transfer-RNS an das Dreibasenwort der Boten-RNS an, sodass das Ribosom die nun räumlich nahe aneinander liegenden Aminosäuren chemisch binden kann. Das

gewünschte Eiweißmolekül entsteht. Die Eiweißkette faltet sich dann in bislang noch unbekannter Weise zu einem dreidimensionalen Knäuel, das mit seiner individuellen und funktionellen Struktur katalytische Arbeiten verrichtet oder als Baustein etwa für ein Ribosom dienen kann (<http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosom>).

Am Ribosom werden hunderte Aminosäuren miteinander verbunden und bestimmte Eiweißindividuen gebildet. Die Reihenfolge der Aminosäuren spiegelt die Reihenfolge der Dreibasen-Wörter der Erbsubstanz DNS. Information wird umgesetzt in Wirkung und Leben. Das Erstaunliche an diesem Beispiel und an praktisch allen anderen zellulären Prozessen ist das Phänomen, dass alle Moleküle anscheinend wissen, was zu tun ist! Wieso wissen sie jedoch von einander und wie erkennen sie einander? Diese Fragen entstehen automatisch wohl auch deshalb in uns, weil wir gewohnt sind, Erkennen immer nur im Kantschen Sinn zu verwenden, immer gleichzeitig als Sinnenleistung und als bewusste Erkenntnisleistung des Verstands. Immer nur als Summe von Anschauung und Verstand. Zielgerichtetes Handeln wird so in unserem Denken zum Monopol des Menschen und einiger Tiere. Erkennen und Handeln könne demnach, so schließen wir falsch aber folgerichtig, keine Eigenschaft der Materie sein. Und doch, Materie verhält sich hochintelligent, wie immer deutlicher wird. Warum? Ist es eine immateriell-metaphysische Intelligenz, die sie dazu befähigt und die den Takt gibt, oder hat Materie doch ihre eigene material-immanente, taktile Intelligenz?

Im Jahr 1995 wurden Ribosomen unseres Darmbakteriums *Escherichia coli* erstmalig kristallisiert und strukturell vermessen. Das Ribosom besteht aus 55 Bestandteilen, in die es zerfällt und die alle als reine Einzelsubstanzen in wässriger Lösung isoliert werden können, sobald man bestimmte Konzentrationsverhältnisse verändert. Wenn man nun diese 55 isolierten und getrennten Einzelsubstanzen, 52 davon sind unterschiedliche Eiweißmoleküle und 3 sind RNA-Moleküle, in vier definierten Schritten wieder zusammenschüttet und vermischt, entsteht, und das ist richtig aufregend, von selbst wieder das ursprüngliche Ribosom; es ist ebenso funktionstüchtig wie vor der Zerlegung in seine 55 Komponenten (*Gross, M. 2001*). Das Ribosom baut sich im Nu aus seinen 55 Bestandteilen wieder von selbst zusammen. Ohne Anleitung. Einfach so: durch Selbstorganisation. Stellen Sie sich vor, sie kaufen ein transportfähig verpacktes Gartenhaus, das sich nach Lieferung und Auspacken plötzlich von selbst aufbaut. Sie müssen nur zuschauen, bis es fertig dasteht! Der Nanokosmos mit seiner Fähigkeit zur

Selbstorganisation stellt menschliche Technik gehörig in den Schatten. Da ist ja kein Konstrukteur zu sehen mit seinen Plänen, und da ist auch kein Chef, der Anweisungen gibt. Das Geschehen organisiert sich einfach aus sich selbst heraus, durch unmittelbares taktiles Miteinander. Keine höheren Sinnesleistungen oder Verstandestätigkeiten sind da, die kommen erst später in der Evolution. Da ist nur ein kooperatives, erkennendes und unbewusstes Abtasten der sich selbst organisierenden Atome und Moleküle. Wer hätte das der früher oft gering geschätzten und häufig geschmähten Materie denn zugetraut? Die Zutaten sind lediglich Moleküle mit ihrer speziellen räumlichen Struktur und eigenen Identität und die verschiedenen Wechselwirkungskräfte von unterschiedlicher Stärke. Die starken Kräfte der chemischen Bindung geben dem Geschehen Dauer und Halt. Die schwachen Wechselwirkungen wie die Wasserstoffbrücken, die Dipolkräfte oder die elektrischen Wechselwirkungen sind dagegen für das erkennende Abtasten und das kooperative Spiel der Materie, des Bindens und Loslassens, verantwortlich.

Nicht allein Kooperation, auch Abwehr ist zur Wahrung von Identität notwendig. Wenngleich die Speicherung von Information in der DNS und das Abrufen dieser Information in Form der Boten-RNS einschließlich der Überführung der Information in ein ganz konkretes Eiweißmolekül an den Ribosomen bereits schwer zu verstehende Selbstorganisationsfähigkeit erfordert, so bietet das Immunsystem von Tieren und Menschen ein noch faszinierenderes Beispiel für die Atem beraubende Intelligenz der Materie. Das Immunsystem ist ein hochkomplexes molekulares und zelluläres Erkennungssystem, das Fremdkörper des Körpers und seine Feinde, seien es Bakterien, Viren, Pilze, erkennt und unschädlich macht. Wichtig dabei ist, dass körpereigene Stoffe als solche erkannt und unbehelligt gelassen werden. Dass das nicht immer gelingt und das Immunsystem Fehler macht und bisweilen Organe des eigenen Körpers als körperfremde Eindringlinge bekämpft, was dann zu einer Vielfalt von Autoimmunkrankheiten wie z.B. Rheuma führt, zeigt nur, wie schwierig und komplex die Aufgabe der Freund-Feind-Erkennung ist. Es sollte jedoch nicht übersehen werden, dass trotz Immunsystem das kooperative Miteinander im molekularbiologischen Geschehen bei weitem überwiegt. Vor dem wissenschaftlichen Auge entstehen ferner laufend neue und erstaunliche Details des molekularen Geschehens in der Zelle. Dachte man früher, dass Moleküle an ihre Zielorte durch eine Versuch-Irrtum-Wanderung gelangen, so staunt man heute über ein durchorganisiertes Transportsystem entlang von Filamenten.

biologische Lasten wie Makromoleküle oder andere Zellbestandteile von einem Ort zum anderen (<http://de.wikipedia.org/wiki/Kinesin>) und erkennen das Transportgut selektiv an Signalcodes. Das Geschehen ist vergleichbar mit einer vollautomatisierten Roboterfabrik, wobei die Zellen sich im Gegensatz zur Fabrik auch noch teilen und verdoppeln können.

Molekulares Erkennen vollzieht sich rein taktil und ohne Sinnesorgane. Es entbehrt der menschlichen Verstandestätigkeit mit ihrer symbolischen Repräsentation von Wirklichkeit. Moleküle können nicht denken, sie kommunizieren nur taktil durch Berührung. Zur Verfügung stehen hierzu lediglich physikalisch-chemische Anziehungskräfte und Abstoßungskräfte. Moleküle und einzellige Lebewesen haben weder höhere Sinnesorgane noch Denkgorgane. Ihre Leistungen sind deshalb umso erstaunlicher. So erstaunlich, dass der Verstand seit Menschengedenken bis zum heutigen Tag höhere Instanzen und Intelligenzen zur Erklärung des Phänomens Leben postulierte.

Die Analogien zwischen dem molekularzellulären Geschehen in der Nanowelt und der Dynamik auf der Skala der Gesellschaft und unserer persönlichen Lebenswelt sind allerdings unverkennbar. Biologische und kulturelle Evolution sind wesensverwandt und bedienen sich analoger Intelligenzmuster. Es werden Innovationen am laufenden Band produziert und für Generationen gespeichert, falls die Umwelt mit ihrer Selektion daran interessiert ist. Die DNS ist die große Bibliothek biologischen Wissens seit Milliarden Jahren. Individualisierung von Molekülen und ihre Kennzeichnung durch ihr Aussehen oder einen Namenscode sind unverzichtbare Neuerungen für mehr Komplexität. Energiefragen wurden ebenfalls vor Milliarden Jahren souverän gelöst, als die Photosynthese erfunden wurde und die begrenzten chemischen Energieressourcen durch unmittelbare Sonnenenergie ersetzt wurden. Unsere globale Gesellschaft hat diese Umstellung noch vor sich und langfristig wahrscheinlich ebenfalls keine Alternative zur Sonnenenergie. Abwehrsysteme gegen zerstörerische Feinde sind angesichts von Terrorismus, Kriminalität, Ideologien und Kriegen ebenso lebensnotwendig in der globalen Welt wie in der Nanowelt. Wobei viele Kriege und Feindseligkeiten zwischen Menschen und gesellschaftlichen Gruppen wahrscheinlich zu den Autoimmunkrankheiten des gesellschaftlichen Immunsystems zu zählen sind. Sie bleiben eine Herausforderung für gesellschaftliche Innovationsfähigkeit. Vielleicht gelangen uns auf diesem Gebiet in Zukunft elegantere Lösungen, mit weniger Selbstbeschädigung als im Falle der Autoimmunkrankheiten.

Molekulares Erkennen besteht aus einem gegenseitigen Abtasten der Atome und Moleküle, gestützt lediglich auf ihre individuelle räumliche Erscheinung mit ihren verschieden starken Wechselwirkungen. Dieses kooperative Miteinander führt nicht in den Wärmetod des Alls, wie in den Anfängen der Thermodynamik befürchtet, sondern zu unbewusstem Wissen und hochintelligenten Abläufen. Überall dort, wo genügend Energie in Form von Energiegradienten vorhanden ist, beginnt eine Dynamik der Selbstorganisation, der Vitalität und der Strukturbildung. Und dies auf allen Skalen der Wirklichkeit, in der organischen wie in der anorganischen Welt. Der Begriff der Selbstorganisation dafür ist keineswegs erhellend. Denn es entsteht ja Information, unbewusste Intelligenz und Leben. Und es bleibt natürlich nicht beim rein taktilen Wechselwirken, zumal das körperliche Abtasten dann doch etwas mühsam wird und einfach nicht innovativ genug ist. Die Fernabtastung durch neuronale Netze mittels Lichtstrahlen ist so eine Innovation und eröffnet der Evolution gewaltige neue Möglichkeiten. Eine ebenso wichtige Innovation ist die akustische Abtastung der Umwelt. Sie wird für den Menschen letztlich zur Voraussetzung der kulturellen Evolution und der Sprache, die im Grunde ein Abtasten des Anderen mit Hilfe von akustischen Symbolen ist. Selbst das Bewusstsein ist möglicherweise ein Abtasten der eigenen Gehirnzustände, um, wie mit einer Taschenlampe im Dunkeln, etwas von der neuronalen Komplexität im eigenen Gehirn sichtbar zu machen. Verstandestätigkeit wurde in manchen Kulturen zum zentralen Synonym für Erkennen. Bis Kant die Bedeutung des Inputs durch die Sinne erkannte und das theoretische Fundament für die Naturwissenschaften und für Wissenschaftlichkeit legte. Das Fundament für unser Denken, Fühlen und Handeln legen Atome und Moleküle. Sie sind es, die im gegenseitigen Wechsel Erkennen und Intelligenz in die Welt bringen. Der Geist des Menschen erkennt erst allmählich die Ursprünge seiner Existenz, dass geistiges Erkennen immer auch molekulares Erkennen ist. Geist, Intelligenz und Materie sind eins und untrennbar miteinander verbunden. Was hätte wohl Kant gesagt angesichts dieser molekularen Sinnlichkeit in der Nanowelt? Er wäre zweifellos entzückt gewesen, zu sehen, wie seine Apriori-Anschauungsformen durch taktilen Miteinander molekularer Spieler und in Verbindung mit Selektionsprozessen einfach so aus sich heraus entstehen – aus dem Nichts? Seine Ahnung im Sinne einer gemeinschaftlichen Wurzel der zwei Stämme menschlicher Erkenntnis konkretisiert sich zunehmend. Die Frage nach dem Warum des Evolutionsprozesses bleibt allerdings nach wie vor unbeantwortet. Dem Wie des Schauspiels Evolution dagegen umso intensiver in der Nanowelt

zuschauen zu dürfen, ist doch auch schon ganz schön abenteuerlich! Mitzuerleben, wie die Schöpfung etwas näher rückt und vertrauter wird, und wie vor unseren Augen eine sinnlich-geistige Einheit und Heimat entsteht. Das Staunen und das Wunder aber bleiben.

Literatur

- ANONYMUS (2006): Quarks & Co. Unser Mund – ein Ökosystem. – WDR vom 7.2.2006.
- BRIAN, J. Ford (1998): Frühe Mikroskopie. – In: Spektrum der Wissenschaft vom 1.6.1998.
- GROSS, M. (2001): Travels to the Nanoworld. – Perseus Publishing.
- KANT, Immanuel (1973): Kritik der reinen Vernunft. – Reclam 6461-70. Stuttgart.
- ONMEDA: www.onmeda.de/lexika/persoenlichkeiten/leeuwenhoek.html.
- WIKIPEDIA: http://de.wikipedia.org/wiki/Genetischer_Code.
- WIKIPEDIA: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kinesin>.
- WIKIPEDIA: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ribosom>.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der
Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [2006](#)

Autor(en)/Author(s): Wechsberg Manfred

Artikel/Article: [Molekulares Erkennen 15-21](#)