

Nanotechnik, Singularität und Transhumanismus

Herausforderungen für Wissenschaft und Moral

Künstliche Intelligenz (KI) und Robotik sind beide zunächst mit hoch fliegenden Versprechungen angetreten. Viele Leistungen, die dem Menschen einfach erscheinen – Objekte in komplexer Umgebung visuell erkennen, Sprache verstehen, Probleme lösen usw. – haben sich dann aber als extrem schwierig zu programmieren herausgestellt. Noch heute sind Menschen bei solchen Aufgaben Rechnern überlegen, auch wenn Rechner in anderen Bereichen (z.B. Schachspielen) den Menschen übertrifft haben.

Seit Mitte der 1980er Jahre wird nun das Konzept der Nanotechnik propagiert, das die Rechnerleistungen immer weiter steigern und unvermeidlich zu künstlicher Intelligenz auf menschlichem Niveau oder darüber führen soll. Dabei spielten die Visionen von K. Eric Drexler eine zentrale Rolle, die auch von einigen führenden, wenn auch nicht unumstrittenen Software-, KI- und Robotikexperten – vor allem Ray Kurzweil, Marvin Minsky und Hans Moravec – positiv aufgenommen wurden. Drexlers Hauptidee ist der universelle molekulare Montageautomat (sog. Assembler).¹ Durch ein Programm gesteuert, synthetisiert er beliebige Moleküle und größere Einheiten, indem er die entsprechenden Bausteine der Umgebung entnimmt und mechanisch an die richtige Stelle setzt, wo sie eine Bindung eingehen. Insbesondere kann er eine Kopie von sich selbst erzeugen. Um makroskopische Produkte herzustellen, würde man die Assembler sich z.B. 30 Generationen lang verdoppeln lassen und dann bei den nunmehr 1 Milliarde Assemblern das Programm auf das gewünschte Produkt umschalten. Dieses Konzept – von den Befürwortern inzwischen „molekulare Nanotechnik“ genannt – ist wissenschaftlich umstritten, aber nicht widerlegt.

Eine zweite Grundidee ist die des Nanoroboters – eines Systems von einigen hundert Nanometer bis einigen Mikrometer Größe, das eine Energieversorgung, ein Kommunikationssystem und einen Steuerrechner hat, sich fortbewegen kann, Eigenschaften seiner Umgebung feststellen und aktiv auf letztere einwirken kann, sich ggf. auch vermehren kann. Um Wirkungen in größerem Maßstab zu erzielen, würden Nanoroboter in der Regel in Schwärmen auftreten. Nanoroboter könnten z.B. in lebenden Zellen als Sonden wirken und somit die biochemischen Prozesse vollständig aufklären helfen. Sie würden defektes Erbgut (DNS) in Zellen reparieren, Alterungsprozesse aufhalten oder zurückdrehen. Die Vorgänge in Zellen könnten gestoppt und wieder in

Gang gesetzt werden. Knochen würden mit Diamant verstärkt, Organe leistungsfähiger gemacht oder durch bessere ersetzt.

Eine Reihe weiterer Konzepte sind mit molekularer Nanotechnik verbunden, darunter das Auslagern des Gehirninhalts in einen Rechner, wo die Person dann als Software weiter lebt, und die Ausbreitung in den Weltraum.

Würden Nanoroboter in allen Nervenzellen sitzen, könnte man damit von außen messen, was alle Neurone im Gehirn gerade tun (feuern oder nicht feuern), ggf. auch die Zustände an den einzelnen Synapsen feststellen und melden. So könnte ein vollständiges Bild des Gehirns erstellt werden, in einen Rechner heruntergeladen werden und dort als Simulation weiter laufen. Umgekehrt könnten die Nanoroboter die Neurone steuern und so Sinneseindrücke erzeugen oder Gedanken hervorrufen. Auch könnten so Verbindungen zu künstlichen Informationsverarbeitungssystemen und -speichern hergestellt werden, die sich im Körper oder außerhalb befinden, oder zu den Gehirnen anderer Menschen.

Molekulare Nanotechnik würde den Transport in den Weltraum radikal verbilligen. Die durch Wachstum der Menschheit (wenn niemand mehr stirbt) oder den Aufwuchs nanotechnischer Systeme auf der Erde zu erwartenden Ressourcenprobleme ließen sich überwinden, indem man Rohstoffe auf dem Mond, Planeten und Asteroiden abbaut und große Teile der Menschheit in Weltraumkolonien auslagert. Das würde auch Probleme lösen wie Umweltverschmutzung, Atomkrieg oder den Zusammenstoß der Erde mit einem Asteroiden.

Andere empfehlen aber auch, Nanoroboter für die Reinigung der Umwelt auf der Erde von Schadstoffen zu verwenden; wei-

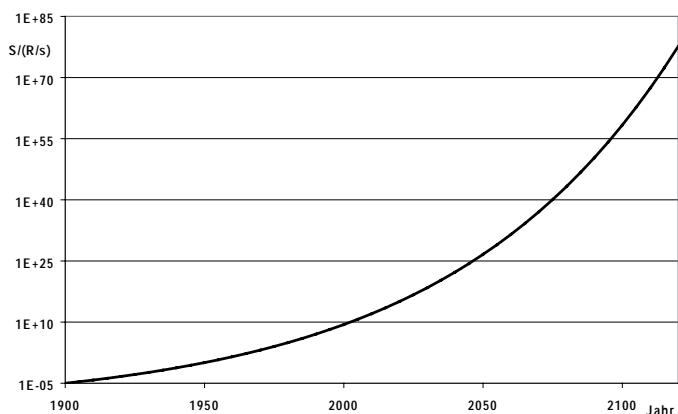


Jürgen Altmann

PD Dr. Jürgen Altmann ist Physiker und Friedensforscher. Er hat Rechner betreut und Computer-Mustererkennung (an Bildern, an akustischen und seismischen Signalen) betrieben. Seit 1985 macht er Abrüstungs-orientierte Forschung. Schwerpunkte sind kooperative Verifikation von Abrüstungs- und Friedensabkommen mit akustischen, seismischen und magnetischen Sensoren sowie Militär-Technikfolgenabschätzung und präventive Rüstungskontrolle. Im letzteren Bereich hat er u.a. geforscht über „nicht tödliche“ Waffen, Nanotechnik und besatzungslose militärische Systeme. Er ist Mitgründer des Forschungsverbundes Naturwissenschaft, Abrüstung und internationale Sicherheit FONAS und ein stellvertretender Sprecher des Arbeitskreises Physik und Abrüstung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG. (altmann@e3.physik.tu-dortmund.de)

ter gehende Vorstellungen sehen die Umgestaltung der Erde vor, das sog. Terraforming.

Eine ausführliche jüngere Darstellung vieler der mit molekularer Nanotechnik verbundenen Konzepte ist Ray Kurzweils Buch „The Singularity is Near“ (2005).² In Bezug auf Computer stellt Kurzweil ein Modell des Wachstums der Rechenleistung auf, bei dem die Verdopplungszeit des „Moore'schen Gesetzes“ sich im Laufe der Zeit immer weiter verringert, so dass die Rechenleistung, die man für 1000 \$ kaufen kann, mit der Zeit gemäß einer doppelt-exponentiellen Funktion ansteigt. Das passt auf die Entwicklung von 1900 bis heute, wird dann aber bis 2100 extrapoliert. Demnach wird die Rohrechenleistung eines menschlichen Gehirns (10^{16} Rechnungen pro Sekunde) um 2023 erreicht, die von 10 Milliarden menschlicher Gehirne, 10^{26} R/s um 2049. Grenzen gibt es nur für spezifische Technologien, dann kommt nach Kurzweil jeweils eine neue Technik, die das weitere Wachstum ermöglicht. Die Silizium-Lithografie reicht etwa noch für zehn Jahre, in den Folgejahrzehnten werden dreidimensionale Strukturen das weitere Wachstum sicherstellen. Um 2080 werde man 10^{42} R/s für 1000 \$ erreichen, indem jedes der in 1 kg Materie enthaltenen 10^{25} Atome 100 bits speichert und 10^{15} Rechenschritte pro Sekunde durchführt. Später werde die (dann hauptsächlich nicht-biologische) Intelligenz die Masse des Sonnensystems zum Rechnen nutzen (10^{70} - 10^{80} R./s im frühen 22. Jahrhundert), und schließlich werde sie sich mit Lichtgeschwindigkeit (oder schneller) das Universum vornehmen, das dann „aufwacht“.



$$S = 10^{\left[6,00 \left(\frac{20,40}{6,00} \right)^{\left(\frac{\text{Jahr}-1900}{100} \right)} - 11,00 \right]} \text{ R/s}$$

Abbildung 1:
Rechenleistung, die man nach Kurzweils Modell für 1000 \$ kaufen kann (in Rechnungen pro Sekunde über der Zeit).
Im logarithmischen Maßstab wird die Doppel-Exponentialfunktion sichtbar.

Wenn die Roh-Rechenleistung eines Computers in anderthalb Jahrzehnten die des menschlichen Gehirns erreichen wird, dann – so Kurzweil – wird auch die entsprechende „starke“ KI damit verbunden sein. Das könne durch Nachbau des Gehirns erreicht werden, das man durch immer bessere Untersuchungstechniken vollständig verstehen werde. Anschließend werden die Computerfähigkeiten aber beschleunigt weiter gesteigert werden und die Intelligenz des Menschen schnell hinter sich lassen. Diese su-

per-intelligenten Systeme werden dann Wissenschaft viel schneller betreiben und die Technik (einschließlich sich selbst) immer schneller weiter entwickeln, bis zu den durch die Naturgesetze gegebenen Grenzen. Dies ist dann die sogenannte Singularität, von Kurzweil auf 2045 datiert – bei der man so radikale Veränderungen erwarten muss, dass Vorhersagen kaum möglich sind. Jedoch schreibt Kurzweil meist im Indikativ Futur³ – diese Intelligenzen werden mit den Menschen verschmelzen bzw. die Menschen werden sich in sie verwandeln und in Software weiter leben. Dies ist eine freundliche Version des Transhumanismus, der davon ausgeht, die Hauptaufgabe der Menschheit sei es, die nächste Stufe der Evolution möglichst zügig herbeizuführen. Es gibt aber auch die Warnungen, „Gentechnik, Nanotechnik und Robotik, die mächtigen Techniken des 21. Jahrhunderts, werden Menschen überflüssig machen und wissenschaftsbasierte Massenvernichtung mit sich bringen.“⁴

Das Denksystem der Befürworter von molekularer Nanotechnik, Singularität und Transhumanismus ist eine seltsame Mischung von alten Menschheitsmythen und Techniqueuphorie, von wissenschaftlich belegten Aussagen, einigermaßen begründeten Extrapolationen und dogmatisch anmutenden Erwartungen.⁵ Man könnte diese Ideen ignorieren, aber sie werden zunehmend in der *normalen* Wissenschaft, Wissenschaftsförderung und Technikplanung aufgenommen, vor allem in den USA. So gab es dort ab 2001 eine Reihe regierungsfinanzierter Tagungen zu den sogenannten *konvergierenden Techniken*. Nano-, Bio-, und Informationstechnik sowie Kognitionswissenschaft (englisch NBIC) würden zusammenwachsen und ganz neue Möglichkeiten für die Verbesserung der menschlichen Leistungsfähigkeit bringen. Neben der Stärkung des US-Militärs und wolkigen Versprechungen wie der, die Menschheit könne zu einem einzigen, verteilten und vernetzten „Gehirn“ werden, wurden eine Reihe von in 20 Jahren erreichbaren Visionen formuliert, darunter schnelle Schnittstellen zwischen dem menschlichen Gehirn und Maschinen sowie den Menschen angepasste Roboter und Software-Agenten. Der menschliche Körper werde dauerhafter und

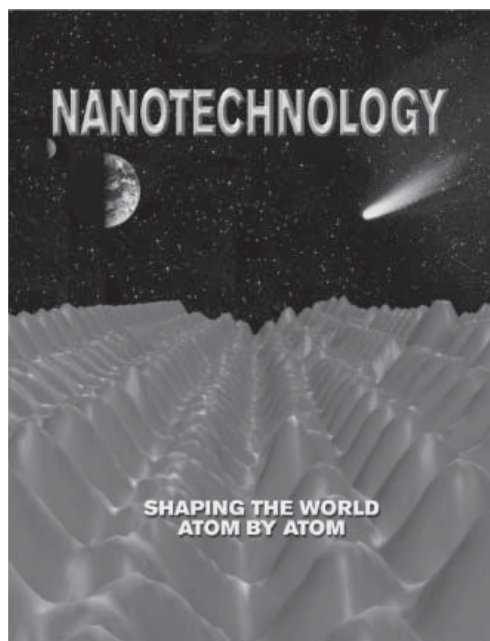


Abbildung 2:
Titelbild einer Broschüre der US-National Nanotechnology Initiative von 1999

leichter zu reparieren sein. Nicht nur Pflanzen und Tiere, sondern auch Menschen werde man gentechnisch verändern – Konsens in ethischen Fragen werde sich im Prozess bilden. Mittels Welt-raumbasen werde man die Ressourcen von Mond, Mars und nahen Asteroiden ausbeuten.⁶ Die National Nanotechnology Initiative verspricht, die Welt „Atom für Atom zu gestalten“.

In Europa wurde 2005 an der Oxford University ein *Future of Humanity Institute* eingerichtet. Direktor wurde Nick Bostrom, der 1998 die World Transhumanist Association mitgegründet hatte. Mit Hauptbeteiligung von Google wurde 2008 auf dem Gelände des NASA Ames Center in Kalifornien die *Singularity University* gegründet; Ray Kurzweil war führend dabei.

Die normale Wissenschaft hat sich um dieses Ideengebäude nicht wirklich gekümmert – auf Nanotechnik-Konferenzen hörte man ab und zu abfällige Bemerkungen, und es gab eine Handvoll kritischer Artikel in populärwissenschaftlichen Zeitschriften – bis heute gibt es aber keine begutachteten Arbeiten, die sich auf naturwissenschaftlich-technischer Basis gründlich mit diesen Konzepten auseinandersetzen. Sie entfalten aber in Teilen der Öffentlichkeit und bei Entscheidungsträgern eine gewisse Wirkung – in den USA mehr als in Europa, aber auch hier.

Von daher ist es wichtig, dass sich die an verantwortlicher Nutzung von Wissenschaft und Technik Interessierten diesen Themen zuwenden und sie sowohl unter Gesichtspunkten der Wissenschaft wie der Moral kritisch untersuchen. Dabei haben die wissenschaftlichen Aspekte eine gewisse Vorrangstellung – schließlich hängt die Relevanz der moralischen Beurteilung der Abschaffung des Todes, der Gehirnsteuerung durch Nanoroboter, des Übergangs vom Menschen zu einer neuen Techno-Spezies davon ab, ob diese Ideen realisierbar sein werden und wenn ja, wann. Auch haben sozial- und geisteswissenschaftliche Untersuchungen zu moralischen Fragen schon einige Vorarbeit geleistet.⁷

Für die wissenschaftliche Beschäftigung stellen sich Herausforderungen wie:

- Wo liegen Grenzen für die Verkleinerung von Rechnerstrukturen bzw. die Erhöhung der Rechenleistung? Kann man für die weitere Zukunft davon ausgehen, dass immer dann, wenn eine Technologie an ihr Ende kommt, die nächste bereitstehen wird?
- Wie realistisch ist die Erwartung, Schwärme von Nanorobotern im Körper könnten die Zellprozesse überwachen und verändern oder gar flexibel auf eindringende zerstörerische Nanotechnik reagieren?
- Wie genau kann die Detailanalyse des lebenden menschlichen Gehirns werden (räumliche und zeitliche Auflösung, Größe des untersuchten Teils)?

Zur Bearbeitung muss man tief einsteigen, Kurzweil gibt hunderte von Zitaten an – z.T. von Befürwortern der molekularen Nanotechnik, aber auch aus der normalen Wissenschaft.

Bei den moralischen Herausforderungen geht es unter anderem um folgende Bereiche:

- In Gedankenexperimenten sollten alle möglichen Konsequenzen propagierter Entwicklungen erkundet werden.
- Wenn dystopische Szenarien nicht ausgeschlossen werden können – was ist dann die angemessene Anwendung des Vorsorgeprinzips?
- Sollen Entwicklungen in Richtung auf Verschmelzung von Rechner und Mensch schnell vorangetrieben oder eher gebremst werden? Wenn letzteres, wo und wie sollte das geschehen?
- Wie angemessen ist die Aussage, die zukünftigen Cyborgs oder Software-Entitäten würden als menschlich gelten?
- Wenn der Öffentlichkeit unfundierte Heilsversprechen gemacht werden: Wie kann man sie wirksam kritisieren?
- Ist neue Technik das vorrangige Mittel zur Überwindung von Menschheitsübeln wie Hunger, Unterentwicklung, Ungerechtigkeit, oder geht es eher um gesellschaftliche/soziale/politische Veränderungen?

Hier ist interdisziplinäre Arbeit gefordert, wofür das Verständnis der Informatik als komplexe Wissenschaft, die sich auch mit der Einbettung von Agenten und Akteuren in die menschliche Zivilisation befasst, eine gute Voraussetzung bildet.

Anmerkungen

- 1 K. Eric Drexler, *Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology*, New York: Anchor/Doubleday 1986/1990. S. auch die Informationen des Foresight Institute, <http://www.foresight.org>.
- 2 R. Kurzweil, *The Singularity is Near – When Humans Transcend Biology*, New York etc.: Penguin 2005. S. auch <http://singularity.com/>, <http://www.kurzweilai.net>.
- 3 Man muss R. Kurzweil zugute halten, dass er einige seiner Annahmen als Spekulation bezeichnet, etwa die Auffassung, mit Piko- oder Femto-technik werde man in Atomkernen und Elementarteilchen Rechnerstrukturen unterbringen können.
- 4 Bill Joy, *Why the future doesn't need us – Our most powerful 21st-century technologies – robotics, genetic engineering, and nanotech – are threatening to make humans an endangered species*, *Wired* 8.04 (April 2000), http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html.
- 5 Für genauere Analysen s. C. Coenen, M. Schuijff, M. Smits, P. Klaassen, L. Hennen, M. Rader, G. Wolbring, *Human enhancement*. Brüssel: European Parliament 2009 (IP/A/STOA/FWC/2005-28/SC32 & 39), http://www.europarl.europa.eu/stoa/publications/studies/stoa2007-13_en.pdf (Section 2.8) und die dort zitierte Literatur sowie C. Coenen, *Entgrenzung und Tradition: Zur politisch-historischen Einordnung des visionären Diskurses über Nanotechnologie*, in: A. Ferrari, S. Gammel (Hg.): *Visionen der Nanotechnologie*, Heidelberg: AKA 2009.
- 6 M. C. Roco, W. S. Bainbridge (eds.), *Converging Technologies for Improving Human Performance – Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Boston etc.: Kluwer, 2003 (auch http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_Report.pdf).
- 7 Z.B. Coenen et al. (Fn. 5), A. Nordmann: *If and Then – A Critique of Speculative Nano-Ethics*, *Nanoethics* 1 (1), 31-46, 2007, *Symposium Untangling the Debate: The Ethics of Human Enhancement*, *Nanoethics* 2(3), 2008.