

Der Mensch als Schöpfer seiner selbst - Nanotechnologie in der modernen Science-Fiction

// Friedhelm Schneidewind

Dieser Artikel ist der zweite Teil der stark gekürzten Fassung eines Buchbeitrages, der im Mai 2009 im Tagungsband der Phantastischen Bibliothek Wetzlar zu den Phantastischen Tagen 2008 veröffentlicht wurde. Der erste Teil über Gentechnologie ist in der letzten Nummer erschienen.¹

Das altgriechische Wort *nános* bedeutet Zwerg, und so steht *nano* schon lange als Vorsilbe für sehr kleine Einheiten, nämlich für ein Milliardstel: 10^{-9} oder 0,000 000 001. Unter Nanotechnologie versteht man die Entwicklung und Anwendung von Methoden, Apparaturen und Werkstoffen zur Herstellung von molekularen Maschinen und Systemen, deren Größenordnung im Nanometerbereich liegt, wobei sich dies auf mindestens zwei Dimensionen bezieht; ein sehr dünnes Blech etwa fällt nicht in diesen Bereich.²

Wir haben es hier mit extrem kleinen Systemen zu tun, deren Größe sich in der von Atomen und Molekülen³ bewegt; ein Nanometer ist ungefähr 20.000-mal dünner als ein menschliches Haar! Dadurch treten sowohl bei der Beobachtung wie bei der Bearbeitung und dem Einsatz Quanteneffekte auf; im Gegensatz zu makroskopischen Phänomenen bestimmt hier auch die Größe die Eigenschaften eines Objektes, man spricht von größeninduzierten Funktionalitäten.

Einige der Techniken spielen schon heute eine große Rolle oder sind gar kommerziell verfügbar, auch wenn dies der sie nutzenden Bevölkerung oft noch gar nicht klar ist. Da Nanopartikel im Verhältnis zu ihrem Volumen eine sehr große Oberfläche haben, können sie mit ihrer Umgebung wesentlich besser in chemische und physikalische Wechselwirkung treten. Dies ist schon in der Na-

tur zu beobachten. Von der Oberfläche der Blätter der Lotuspflanze perlt Wasser einfach ab. Dieser »Lotus-Effekt« funktioniert durch die Oberflächenstruktur der Blattzellen, die aus extrem wasserabstoßenden Nano-Wachskristallen besteht. Beim Abrollen nimmt ein Wassertropfen auch noch Schmutzpartikel mit. Viele schon lieferbare Produkte basieren auf diesem oder ähnlichen Effekten, wie selbstreinigende Oberflächen und Fassadenfarben, Glasreiniger, Lacke, Textilschutz, kratzfeste elastische Kunststoffe, entspiegelte selbsttönende Gläser, nicht verschmutzende Kontaktlinsen.

Am häufigsten steckt *nano* in Autoreifen (Nanoröhrchen, *Nanotubes*, aus Kohlenstoff: *Carbonanotubes*), gefolgt von Kosmetika (z.B. durchsichtigen, nicht färbenden Sonnenschutzcremes mit Titandioxid- und/oder Zinkoxid-Nanopartikeln), Farben, Lacken und Klebern, schmutz- und flüssigkeitsabweisender Kleidung: Nano-Silber in Socken oder T-Shirts vermindert den Schweißgeruch und wirkt desinfizierend. Aber auch in Nahrungsmitteln finden wir »Nanox: Ketchup fließt wie warmer Honig, Kochsalz und Tütensuppen rieseln besser dank Nanopartikeln. Lebensmittelverpackungen sind häufig damit beschichtet, moderne Waschmittel mit Nanoteilchen waschen die Wäsche bei 30 Grad so sauber wie früher bei 60 Grad, Oxide von Seltene-Erden-Metallen sorgen als Zusatz in Diesel-Kraftstoff für bessere Motorenverträglichkeit.

In der Entwicklung sind u.a. Milch, die lila wird, sobald sie sauer ist, Schokolade, die nur im Mund und nicht in der Hand schmilzt, die Tiefkühlpizza, die je nach Verweildauer in der Mikrowelle verschiedene Geschmacksnoten annimmt, aber auch stromsparende organische Leuchtdioden (OLEDs) und großformatige Li-

thium-Ionen-Batterien, Druckerpapier, auf dem die Farbe nicht verschmiert und wasserfest haftet, Haftbänder mit enormer »Klebewirkung« zum Aufhängen von Bildern bis hin zu Anwendungen in Robotern.

In der Medizin werden Nanopartikel schon in Kontrastmitteln für bildgebende Verfahren eingesetzt, in zahnärztlichen Füllungsmaterialien, als Wirkstofftransporter oder auch Wirkstoffdepot, etwa in der Tumorbekämpfung.⁴ In den USA wird ein Rapsöl aus Israel verkauft, das über Nanopartikel einen Cholesterinhemmer im Darm freisetzt und so helfen soll, den Cholesterinspiegel zu senken. In der Transplantationsmedizin entwickelt man Oberflächen aus Nanostrukturen, die die Implantate langlebiger und kompatibler machen sollen. Man spricht bei solchen Entwicklungen auch von Nanobiotechnologie.

Für den wissenschaftlichen Bereich sind die Quanteneffekte im optischen Bereich besonders wichtig. Die kleinsten mit einem herkömmlichen Lichtmikroskop erkennbaren Strukturen sind knapp 200 nm groß.⁵ Um kleinere Strukturen zu erkennen, verwendet man heute oft Mikroskope, die auf Quanteneffekten basieren und Auflösungen bis zu unter einem Nanometer erlauben, also im atomaren Bereich!⁶

Die Nanotechnologie dürfte zu den zukünftigen Schlüsselwissenschaften zählen; man rechnet für 2015 mit einem weltweiten Umsatz an Nanotechnologie enthaltenden Gütern von mehreren Billionen US-Dollar.⁷ Laut Umweltbundesamt arbeiten allein in Deutschland aktuell über 800 Unternehmen im Bereich Nanotechnik.⁸

Die Fußnoten findet Ihr gesammelt ab Seite 9 >>



Und die Nanotechnologie ist extrem vielseitig. Es gibt viele Varianten von Nanoteilchen: Kunststoffkügelchen, »Fußbälle«, Röhrchen aus Kohlenstoff (*nanotubes*), verzweigte Riesenmoleküle, mehrschichtige Schalen ... alle mit verschiedenen Eigenschaften wie Größe, Löslichkeit, Oberflächenladung usw. Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, Nanostrukturen gezielt zu entwickeln:

1. »Top-down«: physikalisch/mechanisch, mit Verfeinerung/Verkleinerung/Miniaturisierung von existierenden Strukturen, quasi eine Fortsetzung und Erweiterung der Mikrotechnik, stößt zunehmend an Grenzen;
2. »Bottom-up«: mit Hilfe der synthetischen oder supramolekularen Chemie. Hierbei werden immer komplexere Strukturen geplant zusammengesetzt oder entstehen gelassen, quasi eine Erweiterung der molekularen »Sub-nano-Chemie«.

Seit den 1980er Jahren werden die Chancen, aber auch die Gefahren der Nanotechnologie heftig diskutiert. Den Hauptanstoß gab Eric Drexler mit seinem Buch »Engines of Creation« (1986), in dem er Nanotechnologie als Konstruktion von komplexen Maschinen und Materialien aus einzelnen Atomen definiert.⁹ Drexlers Ideen legten die Grundlage für Utopien / Dystopien und Science-Fiction-Werke, gelten danach doch individuelle Quasi-Unsterblichkeit wie absolute Gedankenkontrolle, materieller Reichtum für alle wie gnadenlose Ausbeutung als möglich.

Seit Ende des zweiten Jahrtausends häufen sich weltweit kritische Stimmen.¹⁰ Studien des Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) an der Rice University¹¹ zeigen, dass sich Nanopartikel über die Nahrungskette in Lebewesen anreichern.

Auch wenn dies nicht zwangsläufig schädlich sein müsse, sehen die Autoren wie auch Roger Kasperson, Direktor des Stockholm Environment Institute, in der Nanotechnologie-Debatte Parallelen zum frühen Atomzeitalter. Anders als bei der frühen Diskussion um die Atomkraft hat sich aber hier die Versicherungswirtschaft in die Diskussion eingeschaltet.

2004 äußerte die schweizerische Rückversicherungsgesellschaft Swiss Re in einem Report die Befürchtung, dass Nanotubes ähnliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben könnten wie Asbest, und forderte, Versicherungsverträge bei Nanotechnologie grundsätzlich mit einer maximalen abzudeckenden Schadenshöhe zu versehen. 2005 kam die Allianz Versicherung in einer Studie über Chancen und Risiken von Nanotechnologie zum Ergebnis, das »eigentliche Risiko der Nanotechnologie ist die Lücke, die zwischen ihrer dynamischen Entwicklung und dem Wissen um mögliche Gefahren und den gültigen Sicherheitsstandards zur Vermeidung negativer Auswirkungen besteht«, und warnte vor den Risiken, die »nicht nur gesundheitliche, sondern auch weitreichende wirtschaftliche Folgen haben könnten, wenn mit ihnen nicht professionell umgegangen wird«¹³. Das Nano-Silber in Textilien etwa gelangt bei der Reinigung zunächst ins Abwasser und dann in die Kläranlagen. Dort könnte es Bakterien abtöten, die das Wasser sauber machen sollen, evtl. landen die Nanoteilchen sogar in Flüssen und vernichten dort Kleinstlebewesen.

2007 stellten Wissenschaftler der University of Massachusetts eine Untersuchung vor¹⁴, wonach Nanopartikel in Gewebezellen die DNA schädigen und Krebs auslösend wirken können, und

empfehlen, ihre Ausbringung in die Umwelt zu begrenzen.¹⁵

Im Frühjahr 2009 warnte ein Report der britischen »Königlichen Kommission für Umweltverschmutzung«. Der englische Umwelt- und Gesundheitswissenschaftler Michael Depledge stellte dazu im Gespräch mit dem Deutschlandfunk fest, die mikroskopisch kleinen Partikel, Fasern und Röhren müssten auf jeden Fall als potenzielle Umweltgifte aufgefasst werden: »In unserem Report tragen wir eine Fülle von Belegen dafür zusammen. Sie stammen aus Laborexperimenten. In fast allen Organismen, die dabei bisher getestet wurden, haben Nanopartikel oder Nanofasern Schäden verursacht: in Bakterien, in Pilzen, in Pflanzen, auch in menschlichen Zellkulturen. Und das selbst in äußerst geringen Konzentrationen.«¹⁶ Denn im Nano-Maßstab kann sich die Funktionalität von Metallen und Mineralen verändern, die Materialeigenschaften wandeln sich zum Teil dramatisch, etwa bei Gold, wie Depledge erläuterte: »Massives Gold gilt als ungiftig und verursacht auch keine Probleme beim Kontakt mit der Haut. Wenn man aber Gold-Atome nimmt und sie in einer Nanostruktur anordnet ... bekommt man einen der wirkungsvollsten biologischen Katalysatoren, die man sich vorstellen kann.«¹⁷

Auch in der deutschen Öffentlichkeit wird das Thema immer stärker diskutiert. »Experten warnen: Niemand kann die Gefahren dieser Technik einschätzen«, fasst der SWR im Spätherbst 2009 zusammen.¹⁸ Die Feinstaubdiskussion und die damit verbundenen Fahrverbote erhitzen die Gemüter ebenso wie die Diskussion um schädliche Substanzen in Tonern von Druckern. Diese Feinstäube bestehen aus Nanoteilchen! Wie wichtig das Thema inzwischen auch in der deutschen Politik genommen wird, zeigt die 2006 erfolgte Einsetzung einer

NanoKommission¹⁹ beim deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, die im November 2008 erstmals ihre Empfehlungen vorstellte:

»[Danach] sind verstärkte Anstrengungen in der Sicherheitsforschung erforderlich, um Wissenslücken zu einer Reihe von Fragen schneller zu klären, etwa zu möglichen Effekten bei der Aufnahme von Nanomaterialien über den Magen-Darm-Trakt. [...]

[...] Deswegen ist ein wichtiges Ergebnis aus dem Nanodialog ein gemeinsam getragenes Papier mit Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien, die in den nächsten zwei Jahren in der Wirtschaft Schritt für Schritt umgesetzt werden sollen.«²⁰

Der Vorsitzende der Kommission, Wolf-Michael Catenhusen, sieht

»in einem vergleichsweise frühen Stadium der Technologieentwicklung die Chance, eine neue Qualität von Innovationskultur zu verwirklichen, die den Prinzipien der Nachhaltigkeit und der Risikoversorge verpflichtet ist.«²¹

und Patricia Cameron vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) fordert

»verpflichtende Sicherheitstests für Nanomaterialien und eine Kennzeichnungspflicht für Nanoprodukte. Solange dafür die gesetzlichen Grundlagen fehlen, sollte die Industrie freiwillig auf Produkte verzichten, bei denen Mensch und Umwelt offen mit Nanomaterialien in Kontakt kommen können.«²²

Ebenfalls seit 2006 untersucht das Forschungsprojekt »Nano-Care« am Forschungszentrum in Karlsruhe, finanziert vom Bundesforschungsministerium und von der Industrie, die Gefahren der Nanotechnologie; sein Leiter, der Toxikologe Harald Krug, beschreibt die Problematik:

»Wirklich Probleme machen uns Partikel, die haltbar sind, die nicht abbaubar sind. Und das besondere natürlich an Nano-Partikeln ist, dass sie so klein sind, sie werden von bestimmten Abwehrmechanismen im Körper nicht er-

kannt, sie können relativ leicht – im Gegensatz zu größeren Partikeln [...] über Zellbarrieren wandern und können damit leichter in den Körper gelangen. Und wenn sie dann eben stabil bleiben und sich im Körper in bestimmten Regionen akkumulieren, dann kriegen wir über eine längere Zeit natürlich Probleme.«²³

Ende Oktober veröffentlichte das Bundesumweltamt in Berlin, das auch an der NanoKommission beteiligt ist, das Hintergrundpapier »Nanotechnik für Mensch und Umwelt – Chancen fördern und Risiken mindern«²⁴, in dem der aktuelle Stand auf fast 30 Seiten dargestellt ist. In der Presseerklärung dazu heißt es:

»Der zunehmende Einsatz synthetischer Nanomaterialien in Produkten führt jedoch auch zu einem vermehrten Eintrag dieser Materialien in die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft. Die Wirkungen der Nanomaterialien in der Umwelt und mögliche gesundheitliche Risiken für den Menschen sind derzeit noch unzureichend erforscht. [...] Die Nanotechnik bietet erhebliche Potentiale für ökologische Produktinnovationen, aber auch Risiken für die Umwelt und die Gesundheit. Hier bestehen noch gravierende Wissenslücken. Daraus ergibt sich ein umfangreicher Bedarf an Forschung und Regulierung. [...] Das UBA empfiehlt: Die Verwendung von Produkten, die Nanomaterialien enthalten und frei setzen können, sollte – so lange ihre Wirkung auf Mensch und Umwelt weitgehend unbekannt ist – möglichst vermieden werden. Aus Sicht des Umweltbundesamtes ist es erforderlich, rechtliche Rahmenbedingungen für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien zu schaffen.«²⁵

Die meisten Science-Fiction-Romane zum Thema setzen sich, wie wir sehen werden, nicht mit solch eher trivialen Risiken auseinander, sondern viel größeren, weltumspannenden, oft auch mit sozialen Aspekten, die uns wahrscheinlich nicht erspart bleiben werden.

Rück- und Ausblick: Transhumanismus

Wie im ersten Teil des Artikel dargestellt, ist die Philosophie oder Moralauffassung des Transhumanismus häufig in Zusammenhang mit Science Fiction zu finden und oft mit Gentechnologie. Aber auch Nanotechnologie spielt eine immer größere Rolle, sowohl in der SF wie in der transhumanistischen Diskussion. Bevor wir uns eindeutig nanotechnischen Aspekten in der SF widmen, hier noch ein Blick auf Werke, die der transhumanistischen Idee verpflichtet sind oder dieser zumindest nahekommen und dabei andere Techniken als die Gentechnologie beschreiben.

Zu den wichtigsten Romanen, die transhumanistische Elemente beinhalten, gehört »Donovans Brain« (1943) von Curt Siodmak. Der Roman handelt von einem Gehirn, das am Leben erhalten wird und telepathisch Einfluss nimmt.²⁶ Der deutsche, später auch US-amerikanische Drehbuch- und SF-Autor, der ab 1937 in den USA lebte, schrieb Drehbücher zu Filmklassikern wie »Der Wolfsmensch« (1941) und »Draculas Sohn« (1943) und arbeitete wie sein Bruder Robert auch als Regisseur. Sehr einflussreich in der Diskussion um ethische Fragen bei der Veränderung des Menschen, hier künstlicher Intelligenzsteigerung, war auch Daniel Keyes mit seiner mehrfach preisgekrönten Kurzgeschichte »Flowers For Algernon« (1959), in der in Tagebuchform die Entwicklung eines geistig zurückgebliebenen Mannes zum Genie und der anschließende Rückfall beschrieben werden.²⁷

In diesen Werken werden einige der ethischen Problemstellungen des Transhumanismus und der damit verbundenen Techniken deutlich. Auf die mit der Gentechnik verknüpften bin ich ja schon

eingegangen: die Diskussion um Eugenik, »lebensunwertes Leben« usw., und die Forderung nach »echter« Freiwilligkeit aller Maßnahmen. Hinzu kommt die Gefahr der (wohl ja auch geplanten) Reduzierung des menschlichen Genpools und der somit verminderten Reaktions- und Variationsmöglichkeiten.

Hier noch einige andere Probleme und Kritikpunkte, die sehr stark auch Techniken wie die Nanotechnologie betreffen:

- Manche Kritiker des Transhumanismus argumentieren, die Technologien zum Erreichen der Ziele könnten nie so leistungsfähig sein wie nötig. Auch könne es zu ungeplanten gravierenden Nebenwirkungen von Eingriffen in den menschlichen Körper, das Erbgut oder den Geist kommen – wie sie Nancy Kress trefflich in ihrer »Bettler«-Trilogie schildert.

- Vor allem aber werden ethisch-moralische Vorwürfe erhoben. Francis Fukuyama etwa kritisiert, transhumanistische Veränderungen würden die menschliche Gleichheit zerstören (die es nach Ansicht der meisten Transhumanisten heute keineswegs gibt), für ihn sind »[A]be world's most dangerous ideas: transhumanism«²⁸. Häufig wird die Subjektivität vermeintlicher »Verbesserungen« ausgesuchter Leistungsmerkmale kritisiert. Viele der gegenüber transhumanistischen Ideen vorgebrachten Kritikpunkte beziehen sich auf soziale und ökonomische Aspekte, auf die Gefahr einer falschen Auslese, einer Zwei- oder Mehrklassengesellschaft.²⁹

- Als weitere Gefahr wird angeführt, dass durch Anpassung an veränderte Bedingungen kein Interesse mehr daran besteht, eventuell gefährliche Veränderungen in der Umwelt aufhalten zu wollen: Wozu die Klimakatastrophe aufhalten wollen, wenn wir uns an höhere Temperaturen oder sogar an das Un-

terwasserleben anpassen können? Das kann dann zu erheblichen sozialen Verwerfungen und Spannungen führen – wenn sich nur ein Teil der Bevölkerung solche Anpassungen leisten kann –, aber auch zu größeren Gefahren, wenn in der Folge auftretende gefährliche Veränderungen, beispielsweise im ökologischen oder klimatischen Bereich, nicht rechtzeitig bekämpft werden. Solche Kritikpunkte tauchen immer wieder im Zusammenhang mit Gen- und Nanotechnologie in der damit befassten Science-Fiction auf.

Kommen wir also zur Science-Fiction zurück. Der Australier Damien Broderick, dem die erstmalige Verwendung des Begriffs »Virtuelle Realität« zugeschrieben wird³⁰, hat neben vielen anderen Büchern mit »Godplayers« (2005) und »K-Machines« (2006) gleich zwei preisgekrönte Science-Fiction-Apologien des Transhumanismus vorgelegt. In »Schismatrix« (1985) von Bruce Sterling gibt es mehrere rivalisierende transhumanistische Sekten im Sonnensystem. In der »Neuromancer«-Trilogie (1984/1986/1988) von William Gibson tauchen viele Elemente des Transhumanismus auf wie Menschen, die mit auswechselbaren Microchips ausgerüstet sind, und künstliche Intelligenzen. Greg Egan schildert in »Qual« (1995) das Anpassen des Körpers an das eigene Selbstbild, in »Quarantäne« (1992) Chancen von und Probleme mit Nanotechnologie und der Veränderung des Körpers, in »Cyber-City« (1994) und »Diaspora« (1997) vor allem das »Uploaden« und simulierte Individuen. Gerade letzteres ist aber kein neues Thema in der Science Fiction, man denke an manche Geschichten von Philip K. Dick sowie an »Simulacron-3« (1964) von Daniel F. Galouye, die Grundlage der beiden Filme »Welt am Draht« (1973) und

»The 13th Floor« (1999), teilweise auch von »Dark City« (1998) und »Matrix« (1999), in denen das Uploaden ebenfalls Thema ist. Dan Simmons schildert im »Hyperion«-/»Endymion«-Zyklus (1989 bis 1997) eine transhumane Menschheit, die sich mittels Nanotechnologie anpasst und eine symbiotische Beziehung zu ihrer Technologie entwickelt.

Bei Greg Bear tauchen immer wieder Elemente des Transhumanismus auf, so in »Äon« (1985) und besonders im Folgeroman »Ewigkeit« (1988), in dem neben Zeitreise das Downloading/Uploading der menschlichen Persönlichkeit und von Erinnerungen, Gentechnik und Klonen eine Rolle spielen.

Mindloading ist auch eine wichtige Technik bei Peter F. Hamilton (»Mindstar«-Trilogie, 1992/94/95, und »Den Bäumen beim Wachsen zusehen«, 2000), wichtig sind auch alle möglichen Nanotechnologien. Immer wieder spielt die Aufwertung des menschlichen Geistes und Körpers eine wichtige Rolle, in »Mindstar« sind Frauen für das Liebespiel oder als lautlose Kampfmaschinen optimiert, Männer erhalten PSI-Kräfte wie der »Held« Greg Mandel, Ex-Mitglied des PSI-Bataillons Mindstar. Und eine der Hauptfiguren in den »Bäumen« betont: »Wenn unser Leben einen Sinn hat, dann den zu denken und zu erschaffen; darin besteht unsere Einzigartigkeit. Ein Nest bauen und Futter sammeln kann jedes vernunftlose Tier.«³¹ Damit bewegt sich Hamilton in der Tradition von Shakespeare, der Hamlet sagen lässt: »Was ist der Mensch | Wenn seiner Zeit Gewinn, sein höchstes Gut | Nur Schlaf und Essen ist? Ein Vieh, nichts weiter.«³²

Auch bei Nancy Kress in der »Bettler«-Trilogie (1991/1994/1997) gibt es immer wieder transhumanistische Elementen-

te, auch wenn sie nicht so bestimmend sind wie die Effekte und Auswüchse der Nanotechnologie.

Die Kryonik, das »Einfrieren«, dient oft als Hilfsmittel für eine Zeitreise³³, als bestimmendes Element findet sie sich beispielsweise in »Ubik« (1966) von Philip K. Dick, gewisse Ähnlichkeiten finden sich in dem Film »Öffne die Augen« (1997) und dessen Remake »Vanilla Sky« (2001).

Eindeutig transhumane Aspekte beinhaltet der Film »The 6th Day« (2000), in dem das menschliche Bewusstsein auf ein digitales Speichermedium überschrieben und im Falle des Todes in einen neuen »Rohling«-Körper transferiert werden kann (Klonen ist auch ein Thema). Ähnliches finden wir früher schon in dem auf einer Kurzgeschichte von William Gibson basierenden Film »Vernetzt – Johnny Mnemonic« (1995) und in dem auf der Story »We Can Remember It for You Wholesale« (1966) von Philip K. Dick basierenden »Total Recall« (1990).

Viele Aspekte des Transhumanismus sind übrigens längst schleichend in unser gesellschaftliches Bewusstsein und Handeln vorgedrungen, so die Vorstellung der »Verbesserung« des Menschen durch Prävention oder Ernährung. Auch die Problematiken sind, wenn auch (noch?) schwächer ausgeprägt als in manchen Theorien und Science-Fiction-Szenarien, schon die bekannten, etwa die der Verpflichtung der einzelnen Gesellschaftsmitglieder auf Gesundheit und Prävention zum »Wohle der Gesellschaft«. Man denke nur an den an eine Hexenjagd erinnernden Umgang mit rauchenden Menschen und die teilweise gravierende Diskriminierung von Menschen mit Übergewicht³⁴.

Nanotechnologie in der Science-Fiction

Die Nanotechnologie findet sich in einigen Büchern, die im Kapitel über Transhumanismus vorkommen, so in »K-Machines« von Damien Broderick, »Schismatrix« von Bruce Sterling und »Quarantäne« von Greg Egan. Sie ist aber in Film und Buch schon länger präsent, etwa im Kinofilm »Die phantastische Reise« (1966), in dem ein U-Boot mit medizinischem Personal so stark verkleinert wird, dass es durch die Adern des Patienten passt, im 1966 von Isaac Asimov verfassten Buch nach dem Film (nicht umgekehrt!) und im Beinahe-Remake »Die Reise ins Ich« (1987). Oft wird Nanotechnologie nur erwähnt oder aber verwendet, um etwas besonders Wichtiges oder Wirkungsvolles zu erreichen. So vernichtet im Film »I Robot«³⁵ (2004) der Held das die Menschen bedrohende Computerhirn mit Nanorobotern, genannt »Nanettes« (manche nennen die noch zu bauenden Nanoroboter heute schon Nanobots oder Naniten), und die Borg verwenden in der SF-Reihe »Star Trek« Nanobots, Nanosonden genannt, zur Assimilation von lebenden Organismen.

Eine besonders ausgeprägte Rolle spielt Nanotechnologie in folgenden bedeutenden Werken:

- Die »Neuromancer«-Trilogie (1984/1986/1988) von William Gibson gilt als die geistige Grundlage des Cyberpunk. Der Held und ehemalige Konsolen-Cowboy Case will sein Nervensystem reparieren lassen, um sich wieder in den Cyberspace einloggen zu können, und erlebt, manipuliert durch die Künstlichen Intelligenzen (KIs) Wintermute (in Bern) und Neuromancer (in Rio) zahlreiche Abenteuer. Am Ende des ersten Bandes vereinen sich Wintermute und Neuromancer zu einer Super-KI. Kurze

Erwähnung findet in dem ersten Buch Johnny Mnemonic, die Hauptfigur aus der bekanntesten Kurzgeschichte Gibsons. Die beiden Folgebände spielen jeweils acht Jahre später.

- Im »Hyperion«-/»Endymion«-Zyklus (1989 bis 1997) von Dan Simmons gibt es nach der Vernichtung der Erde durch ein künstlich erzeugtes Schwarzes Loch Konflikte zwischen der in den Weltraum geflüchteten Hegemonie mit ihren KIs und den »Ousters«, Menschen, die das All in Schwärmen mit jeweils Hunderten von Raumschiffen bevölkern, die Erde vor dem »großen Fehler« verlassen und sich mit Hilfe von Nanotechnologie den Bedingungen eines Lebens zwischen den Sternen angepasst haben. Auf dem Planeten Hyperion lebt das seltsame Wesen Shrike, das beide Parteien (aus) nutzen möchten; auch Manipulationen der Vergangenheit dienen als Mittel zur Machterlangung. In den letzten beiden Bänden taucht auch noch die Kirche als Widersacherin auf, die mit Hilfe eines außerirdischen Parasiten echte Unsterblichkeit garantieren kann.

- Die »Bettler«-Trilogie (1991/1994/1997) von Nancy Kress erzählt die Menschheitsgeschichte von 2008 bis 2128, über 120 Jahre, in der die Züchtung von genialen »Schlaflosen« und »Superschlaflosen« extreme soziale Umbrüche mit sich bringt, die Nanotechnologie zu ungeheuren sozialen Verwerfungen führt, aber schließlich die Menschheit von Hunger und Armut befreit. Ein Meisterwerk über Technologie, Moral, Gesellschaft mit der immer wiederkehrenden Frage: Warum sollte man den Macht-/Besitz-/Wissenslosen (den »Bettlern«) etwas abgeben, wenn man nichts (Materielles/Messbares) dafür zurück bekommt? – In der Geschichtensammlung »Nano Comes to Clifford Falls« (2008) behandelt Kress weitere Aspekte der Nanotechnologie in phan-

tativvoller Weise.

- In der »Mindstar«-Trilogie (1992/1994/1995) und in der Erzählung »Den Bäumen beim Wachsen zusehen« (2000) von Peter F. Hamilton sind transhumanistische Elemente klar erkennbar, es bleibt aber unklar, ob der Autor dem Transhumanismus anhängt. Vor allem aber geht es in »Mindstar« um Möglichkeiten moderner Technik, wenn Greg Mandel, Ex-Mitglied des PSI-Bataillons Mindstar der britischen Armee, sein Geld als Privatdetektiv im Jahre 2040 unter Bedingungen wie Erderwärmung, geschmolzenen Polkappen, Armut, sozialen Konflikten und Kriegen verdient. Das Spektrum reicht von Gentechnologie und extremem Einsatz von Nanotechnologie bis zur Kooperation mit fremdartigen Außerirdischen; soziale Aspekte, Spannung und Action kommen nicht zu kurz. – Einen weitaus größeren Zeitrahmen deckt die zauberhafte, ruhige Geschichte »Den Bäumen beim Wachsen zusehen« ab: In einer Parallelwelt mit römischer Imperiums-Tradition dauert die Aufklärung eines Mordes von 1832 bis ins Jahr 2038, erstreckt sich von London bis ins Weltall, beginnt in einer Art Biedermeier und endet in einer hochtechnisierten Zukunft mit Quasi-Unsterblichkeit; fast alle Facetten der Bio- und Nanotechnologie werden angesprochen.

- In »Diamond Age – Die Grenzwelt« (1995) von Neal Stephenson entwickelt ein Nanotechniker im 22. Jahrhundert im Auftrag eines adligen Großindustriellen für dessen Enkelin die »Illustrierte Fibel für die junge Dame«, einen Supercomputer in Form eines Nanobuchs, das Mutter, Kindermädchen, Kindergarten und Schule ersetzen und das Mädchen erziehen soll. Eine illegale Kopie der Fibel fällt einem Mädchen aus der Unterschicht von Shanghai in die Hände – in einer Gesellschaft, in der zwar Nanotechnologie eine dominieren-

de Rolle spielt, die aber konservativ und rückwärts, ja geradezu viktorianisch-puritanisch ist.

- »Beute« (2002) von Michael Crichton spielt in einer Forschungsstation in der Wüste Nevadas, wo Wissenschaftler im Auftrag des US-Militärs Miniatur-Überwachungsanlagen entwickeln, die auf organischen Ministrukturen basieren: auf Mikrorobotern, die sich zu einer großen Kamera formieren können und mit Hilfe von genmanipulierten Bakterien hergestellt werden. Die künstlichen Maschinenorganismen entweichen und beginnen, Jagd auf Menschen zu machen; sie lernen, Menschen und Tiere durch Verstopfen der Luftröhre zu töten, schließlich, Menschen zu imitieren und gar zu beherrschen.

Der im November 2008 verstorbene Bestseller-Autor Michael Crichton hat wie so oft in seiner Karriere zwar wegen einer spannenden Handlung übertrieben, aber doch den Finger in mögliche Wunden gelegt. So wenig wie wir die Gefahren von extraplanetaren Lebensformen abschätzen können (»Andromeda«³⁶, 1969) oder von mittels Gen-/Biotechnologie wiedererweckten Lebensformen (»Jurassic Park«, 1990), so wenig wir sicher sein können, dass intelligente Maschinen tun, was sie sollen (»Westworld«³⁷ 1972), so wenig können wir derzeit die Gefahren der Bio- oder Nanotechnologie genügend abschätzen. Wenn, wie bei Crichton und in anderen guten Büchern und Geschichten, Science Fiction in der Lage ist, »vorher zu beschreiben, was geschehen könne, wo nicht müsse«, wie Gerhard Zwerenz richtig anmerkt, dann kann sie uns immerhin aufmerksam machen, »Alarm schlagen und Kräfte der Gegenwehr mobilisieren.«³⁸

Das wäre viel. Das wäre genug.

Friedhelm Schneidewind ist freier Autor, Journalist, Verleger, Musiker und Dozent. Er studierte Biologie (Schwerpunkt Evolution und Humangenetik) und Informatik in Saarbrücken und beschäftigt sich seit den 1970er-Jahren mit Gen- und Fortpflanzungstechnologie und den damit verknüpften ethischen Fragen, ähnlich lange liest und sammelt er Science Fiction. Bisher veröffentlichte er u. a. »Mythologie und phantastische Literatur« und »Drachen. Das Schmöcker-Lexikon« (beide 2008) sowie »Eine Grammatik der Ethik« (2005), »Das große Tolkien-Lexikon« (2001), »Das ABC rund um Harry Potter« (2000), »Das Lexikon von Himmel und Hölle« (2000), »Das Lexikon rund ums Blut« (1999), »Das kleine Vampir-ABC« (1997) und einige Sammelwerke. Informationen: www.friedhelm-schneidewind.de.



1 »Der Mensch als Schöpfer seiner selbst. Gen- und Nanotechnologie in der modernen Science Fiction«. in: Thomas Le Blanc, Bettina Twrnsnick (Hrsg.): *Planet Erde. Ökologische Themen in der Science Fiction*. Tagungsband der Phantastischen Bibliothek 2008, Wetzlar 2009. Das umfangreiche Literatur-, Film- und Linkverzeichnis findet sich unter www.friedhelm-schneidewind.de/nanogen.htm und gilt ebenso für den Aufsatz im letzten Heft zu Gentechnologie. Ergänzend möchte ich noch empfehlen ein neues Buch von Joachim Schummer: »Nanotechnologie«, Frankfurt/Main, Suhrkamp 2009 – ein »kritischer Blick [...] gut begründet« und »eine sehr nachdrückliche Aufforderung an alle, sich mit diesem folgenreichen Zukunftsmarkt verantwortungsvoll zu befassen«, wie Peter Kirsten im Deutschlandfunk sehr richtig lobte (22.10.2009).

Meine Hinweise auf Politik beziehen sich meistens auf Deutschland, da ich dort lebe und mich auch besonders für die Auswirkungen der Politik in diesem Land interessiere und da ich den Artikel für diese Zeitschrift aktualisiert habe, aber nicht in der Lage war, die österreichischen Verhältnisse dafür zu recherchieren.

2 Der Begriff Nanotechnologie ist noch relativ neu und wurde wohl erstmals 1974 von Norio Taniguchi gebraucht, das Phänomen aber wurde bereits 1959 vom Physiker und Nobelpreisträger Richard Feyn-

man beschrieben in seinem Vortrag »There's Plenty of Room at the Bottom« (gehalten am 29. Dezember 1959 vor der American Physical Society am California Institute of Technology). Irgendwann könne man die 24-bändige Encyclopedia Britannica auf den Kopf einer Stecknadel schreiben, sagte er voraus.

3 Da Atome nach den Vorstellungen der Quantenmechanik keine definierte Grenze besitzen, ermittelt man eine »effektive Größe«, die den Abstand zum jeweils nächsten Atom des gleichen Elements angibt. Dieser Wert liegt im Schnitt bei 0,1 nm und reicht von 0,04 nm bei Wasserstoff bis zu rund 0,25 nm bei manchen Metallen. Die Größe von Molekülen ist sehr variabel und kann bei Makromolekülen wie DNS, Proteinen, Seide und Kunststoffen weit über den Nanobereich hinausgehen.

4 Eisenoxidhaltige Nanopartikel werden in die Blutbahn injiziert und reichern sich im Tumor an, danach kann dieser durch ein angelegtes Magnetfeld erhitzt und somit zerstört werden. In einem Gemeinschaftsprojekt der TU München, der LMU München und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt werden Nanopartikel an Viren oder gar an ganze Stammzellen angeheftet, um diese dann mittels eines Magnetfeldes gezielt zu bestimmten Zellen zu lenken, etwa zur Tumorbekämpfung. Bei Mäusen wurden so auch schon aufgerissene Arterien mit Gefäßwandzellen ausgekleidet. In der Entwicklung sind Nanokügelchen aus Kunststoff (Nanocontainer), die an der Oberfläche mit bestimmten Molekülen bestückt sind, die einen Tumor erkennen, dort an den Krebszellen andocken und dann gezielt nur das kranke Gewebe abtöten.

5 Dies hängt mit der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes zusammen, die zwischen etwa 400 nm (blau) und 700 nm (rot) liegt; eine kleinere Auflösung als die halbe Wellenlänge ist nicht möglich. Das Optische Rasternahfeldmikroskop erlaubt dank zusätzlicher Techniken Auflösungen bis 20 nm. Mit dem von Stefan Hell (Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen) entwickelten STED-Mikroskop (Stimulated Emission Depletion, seit 2007 von Leica Microsystems in Wetzlar produziert) ist nicht nur eine Auflösung von derzeit bis zu 15 nm möglich, sondern es wird auch schon die Beeinflussung von Strukturen im Nanobereich erforscht.

6 Herkömmliche Elektronenmikroskope wie das Rasterelektronenmikroskop (REM, seit den 1930er Jahren) oder das Rastertransmissionselektronenmikroskop (RTEM) erlauben eine Auflösung von 50 nm (REM) bis zu 20 nm (RTEM), stellen aber Bedingungen an das beobachtete Material wie etwa Vakuumfestigkeit (REM) oder geringe Dicke (RTEM, max. 500 nm) und basieren auf der Beugung von Elektronenstrahlen. Im Gegensatz dazu erzeugt das Rastertunnelmikroskop (RTM, seit 1981), das auf Quanteneffekten basiert, ein »realeres« Abbild der Oberfläche inklusive Nanostrukturen. Für seine Entwicklung erhielten der Deutsche Gerd Binnig und der Schweizer Heinrich Rohrer 1986 den Nobelpreis für Physik. Weiterentwicklungen wie das Rasterkraftmikroskop (1986) erlauben nicht nur

Auflösungen bis zu unter 1 nm, sondern auch die Manipulation von Nanostrukturen.

7 Laut der deutschen Bundesregierung wurden 2008 weltweit über 18 Milliarden US-Dollar in Nanoforschung und -Entwicklung investiert; Deutschland rangierte mit rund 440 Millionen Euro hinter den USA und Japan auf dem dritten Platz, hier sind rund 600 Unternehmen mit der Entwicklung, Anwendung und dem Vertrieb nanotechnologischer Produkte befasst, davon betroffen sind ca. 50.000 Arbeitsplätze. Der Markt für nanotechnisch optimierte Produkte soll von knapp 150 Milliarden Dollar im Jahre 2007 auf 3,1 Billionen Dollar bis 2015 ansteigen, allein im Elektronikbereich auf 970 Milliarden (siehe: Nanotechnologie in Deutschland. Warum kleine Teilchen ganz groß rauskommen. In: Magazin für Infrastruktur und die neuen Länder, Nr. 013, 03/2009, <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinInfrastrukturNeueLaender/013/s1-nanotechnologie-in-deutschland.html>, eingesehen am 01.04.2009). Ein Allianz-Studie kam schon 2005 zum Ergebnis: »2014 werden Nanotech-Aktivitäten weltweit Umsätze von 2,6 Billionen Dollar erzielen – das ist mehr als die Computer- und Telekommunikations-Industrie zusammen und zehnmal so viel wie die Biotechnologie.« (Christoph Lauterwasser vom Allianz Zentrum für Technik am 03.06.2005, zitiert nach: Nanotechnologie als Fortschrittsmotor. <http://www.allianz.com/de/presse/news/studien/archiv/news60.html>, eingesehen am 31.12.2008). Die Unternehmensberatung Helmut Kaiser erwartet alleine im mit Wasser befassten Nanotechnologiebereich 2015 ein Umsatzvolumen von 6,6 Milliarden Dollar (siehe: Nano Water Worldwide. Nanotechnologies in Water, Drinking Water and Waste Water Worldwide 2007-2010-2015. [hkc22.com market study. http://www.hkc22.com/nanowater.html](http://www.hkc22.com/nanowater.html), eingesehen am 15.03.2009).

8 Presseerklärung des Umweltbundesamtes vom 21.10.2009: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2009/pd09-075_nanotechnik_fuer_mensch_und_umwelt_chancen_foerdern_und_risiken_mindern.htm, eingesehen am 30.10.2009.

9 Die heutige Nanotechnologie fällt nicht unter Drexlers Definition. Deshalb benannte er seine Vorstellung später um in Molekulare Nanotechnologie (MNT). Inwieweit seine Ideen umsetzbar sind, ist Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Kontroversen. Motoren aus Metall im Nanobereich würden wohl schon durch den sich an der Luft bildenden dünnen Oxidfilm lahmgelegt, ein Nanomotor aus Metall würde durch Luft-Sauerstoff quasi »verbrannt«. Am Lehrstuhl für angewandte Physik an der LMU München wird allerdings an einem Nanomotor aus einem einzigen Molekülstrang gearbeitet, der durch Laserlicht aktiviert wird. Der Nanomediziner Bradley Nelson, Professor für Robotik an der ETH Zürich, hat bereits einen Nanobot entwickelt, den er durch die Augen toter Rinder »fahren« lassen kann.

10 Seit 2000 wurden zahlreiche warnende Publikationen durch wissenschaftliche Institutionen und Nicht-

regierungsorganisationen veröffentlicht. 2003 forderte die Nord-Süd-Wissenschaftlervereinigung ETC Group (Kanada) ein Moratorium wegen unkalkulierbarer Risiken und veröffentlichte Greenpeace eine kritische Studie, 2004 forderten die Royal Society und die Royal Academy of Engineering in einem Bericht im Auftrag der britischen Regierung eine stärkere Regulierung von Nanotechnologien.

11 Nobelpreisträger Rick Smalley von der Rice University bezeichnete mögliche Folgen der Nanotechnologie einmal als »the Darth Vader side of nanotechnology«. Siehe: Eric Berger: Warnings Issued on Nanotechnology. Some Say Time's Right to Assess its Environmental Impact. In: Houston Chronicle, 25. Februar 2009. <http://www.chron.com/disp/story.mpl/hotstories/6281405.html> (eingesehen am 15.03.2009).

12 Annabelle Hett u.a.: Nanotechnologie. Kleine Teile – grosse Zukunft? Zürich: Swiss Reinsurance, 2004. http://www.swissre.com/resources/48c84780455c7a06b0d0ba80a45d76a0-Publ04_Nanotech_de.pdf (eingesehen am 31.12.2008). – Die Wirkung gilt inzwischen als nachgewiesen: 2008 konnte das Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) in Houston nachweisen, dass Nanotubes in Mäusen ähnlich krebserregend wirken wie Asbestfasern. Siehe: Eric Berger: Warnings issued on nanotechnology, wie Anm. 10.

13 So Lutz Cleemann, Geschäftsführer des Allianz Zentrums für Technik in Ismaning bei München bei der Vorstellung der Studie, zitiert nach der Presseerklärung der Allianz Versicherung vom 3. Juni 2005, <http://www.allianz.com/de/presse/news/studien/archiv/news61.html>. Die Studie: Christoph Lauterwasser (Hrsg.): Opportunities and Risks of Nanotechnologies. München: Allianz AG und Paris: The OECD International Futures Programme, 2005. http://www.allianz.com/images/pdf/saobj_796627_nanotechnologie.pdf (eingesehen am 31.12.2008). – Die Rückfraktion zweier Reinigungssprays wegen erwiesener Gesundheitsgefährdungen im März 2006 erwies sich allerdings als nicht »nanoverbunden«. Zwar hatte es nach Anwendung von »Magic Nano Bad- und WC-Versiegeler« und »Magic Nano Glas- und Keramik-Versiegeler« mehr als 70 Fälle mit gravierenden Gesundheitsstörungen gegeben (Atemnot, sechs Lungenödeme), die Produkte enthielten aber gar keine Nanopartikel, der Name war lediglich dem Marketing geschuldet und bezog sich auf den dünnen Film, der sich nach dem Versprühen auf Keramik oder Glas bildete.

14 Presseerklärung der American Association for Cancer Research AACR vom 17. April 2007: Cancer Tip: Nanoparticles Can Damage DNA, Increase Cancer Risk. <http://www.aacr.org/home/public-media/aacr-press-releases/press-releases-2007.aspx?d=748> (eingesehen am 11.11.2008).

15 In den USA werden seither Grenzwerte diskutiert: »Weil diese Teilchen zum Beispiel durch die Plazenta oder die Blut-Hirn-Schranke einfach hindurchwandern,

weil sie also Barrieren überwinden, die man bisher für unpassierbar gehalten hat, könnte es sein, dass sie auch eine neue Art von Giftwirkung entfalten. Zum Beispiel manche Zutaten für Lebensmittel: Ihre Unbedenklichkeit bescheinigt man ihnen, weil sie vom Körper im Verdauungstrakt nicht aufgenommen werden. Aber als Nanopartikel könnten diese Substanzen in den Körper hinein gelangen.« (George Burdock, Toxikologe, Orlando). Grenzwerte auf das Gewicht eines Stoffes zu beziehen, ergibt für Nanomaterialien wenig Sinn, denn ihre Wirkung entfalten sie über die Oberfläche. Die US-Umweltschutzbehörde EPA hat ein Programm begonnen, das das Risiko abschätzen soll, das von Nanopartikeln ausgeht, zwar in Zusammenarbeit mit der Industrie, aber auf freiwilliger Basis. Nanotechnologie-Materialien, die in Nahrungsergänzungsmitteln oder Kosmetika stecken, werden überhaupt nicht untersucht. Auch das Europäische Programm zur Bewertung von Chemikalien, REACH, geht bei Grenzwerten nur nach Gewicht. (Informationen und Zitat: Arndt Reuning: Angst vor Nanomaterialien. Diskussion über neue Grenzwerte für giftige Stoffe. Deutschlandradio Berlin, 29. Februar 2008. <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/umwelt/747110/>, eingesehen am 15.12.2008). Die Durchlässigkeit sämtlicher Körperschranken für Nanoteilchen kann inzwischen als nachgewiesen gelten, siehe: Thomas Liesen: Böse Zwerge. Wie gefährlich sind Nanoteilchen? Manuskript zur Sendung vom 22. Juli 2008 auf Deutschlandradio Berlin in der Sendereihe »Wissenschaft in Brennpunkt«. <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/wib/646644/>.

16 »Klein und gemein. Britischer Umweltrat hat Zweifel an der Unbedenklichkeit von Nanomaterialien« von Volker Mrasek, Deutschlandfunk 26.02.2009, nachzulesen unter <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forschak/926071/>

17 Ebenda. Die extrem veränderten Eigenschaften von Nanogold zeigen sich auch an der seit kurzem getesteten Einsetzbarkeit als »Tumorkiller« und »Bakteriengift«. »Wir haben herausgefunden, dass wenn man eine Prise feinsten Goldteilchen hinzufügt, die Wirksamkeit des Antibiotikums spürbar ansteigt. In einigen Fällen war das Präparat sogar doppelt so wirksam. [...] ... es sieht so aus, als würde das Gold es dem Antibiotikum ermöglichen, das Licht effektiver nutzen zu können. Dadurch kann es dann mehr Gifte produzieren. Und die töten die Bakterien dann schneller ab. [...] Man könnte es für Beschichtungen verwenden, die man einfach als Farbe auf die Wände aufbringt. Das Licht von ganz normalen Leuchtstoffröhren würde genügen, um diese Beschichtungen zu aktivieren. Und jedes Bakterium, das darauf landet, wäre sofort hinüber.« So der Mikrobiologe Michael Wilson vom University College in London (»Gold als Tumorkiller, Neue Anwendungen für ein altes Metall« von Frank Grotelüsch, Deutschlandfunk 29.07.2009, nachzulesen unter <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forschak/1007363/>).

18 »Nanotechnologie: Fortschritt mit Risiken« Andreas Braun und Gabor Paal am 21.10.2009 auf SWR cont.ra, nachzulesen unter <http://www.swr.de/con->

[tra/-/id=7612/nid=7612/did=5518658/1bxvgrg/index.html](http://www.swr.de/content/view/full/1007363).

19 Die Kommission wurde 2006 im Rahmen des bundesweiten NanoDialogs berufen und setzt sich zusammen aus Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Gewerkschaften, Verbraucher- und Umweltverbänden sowie staatlichen Vertretern aus Bund und Ländern; sie arbeitet unter Leitung des Staatssekretärs a.D. Wolf-Michael Catenhusen in Kontakt mit anderen nationalen und internationalen Aktivitäten. Die Kommission setzt ihre Arbeit fort.

20 Nanotechnologie im gesellschaftlichen Dialog. NanoKommission legt Empfehlungen vor. Presseerklärung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Nr. 277/08 vom 27. November 2008. http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_presse_mitteilungen/pm/42671.php.

21, 22 Ebenda.

23 Anna Florenske: Wissenschaftler befürchten Gesundheitsrisiken bei Nanotechnologie. Deutschlandradio Berlin, 31. Januar 2007. <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/umwelt/588694/> (eingesehen am 15.12.2008).

24 Download unter: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3765; siehe dazu auch <http://www.tagesschau.de/inland/nanotechnik100.html> und <http://www.wdr.de/themen/wissen/forschung/nanoteilchen/index.jhtml?rubrikenstyle=wissen> (beide eingesehen am 30.10.2009).

25 Presseerklärung des Umweltbundesamtes vom 21.10.2009: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2009/pd09-075_nanotechnik_fuer_mensch_und_umwelt_chancen_foerdern_und_risiken_mindern.htm, eingesehen am 30.10.2009.

26 Die Idee wurde adaptiert in den Filmen »Donovans Hirn« und »Ein Toter sucht seinen Mörder« sowie parodiert in »Der Mann mit zwei Gehirnen«. 1944 verarbeitete Orson Welles den Roman zu einem 48-minütigen Radio-Hörspiel. 1968 schrieb Siodmak den Roman nach dem Film von 1953 um und veröffentlichte ihn als »Hauser's Memory«.

27 Die Erzählung wurde nach der amerikanischen Erstverfilmung »Charly« (1968) mehrfach für das Fernsehen, das Theater, als Hörspiel sowie als Musical adaptiert.

28 So äußerte sich Francis Fukuyama in einer Umfrage der Zeitschrift Foreign Policy in der September/Oktober-Ausgabe 2004. Zitiert nach (und erläutert in): Ronald Bailey: Transhumanism. The Most Dangerous Idea? Why Striving to Be More Than Human Is Human. In: Reason Magazine, Los Angeles, 25. August 2004. <http://www.reason.com/news/show/34867.html> (eingesehen am 11.11.2008).

29 Die Gefahr besteht, seitdem es kulturelle Evolution gibt, die ein »Aussteigen« aus, ein Überwinden der biologischen sexuellen Selektion ermöglicht; transhumanistische Aktivitäten dürften die Gefahr aber verstärken: »Die Möglichkeiten und Grenzen, sich »attraktiver« zu machen, hängen indes nicht unwesentlich von den materiellen Umständen ab. Bis heute gelten sichtbar gemachter Reichtum und gesellschaftliche Stellung in vielen Gegenden der Welt als erkennbarer Garant für erfolgreiche Fortpflanzung: Je mehr Nahrung, Sicherheit und Bildung Eltern ihren Kindern geben können, desto eher kommt der Nachwuchs durch und kann sich weiter vermehren – unabhängig von der »Qualität« seiner Erbanlagen. Kulturelle Erbschaft in Form von Gütern oder Macht übertrumpft biologische in Gestalt von Genen. Damit haben sich die Menschen, seit sie tradierte Hierarchien und Eigentum kennen, vom rein darwinistischen Überleben des Tüchtigsten verabschiedet. Nachteile bei den Genen wurden durch Vorteile bei den Dukaten mehr als wettgemacht. Soziale Schichten entstehen, werden undurchlässig, beste Paarungen verhindert. Stoff für tausendundein Drama. Die sexuelle Selektion ist zur sozialen geworden.« Jürgen Neffe: Darwin. Das Abenteuer des Lebens. München: Bertelsmann, 2008. S. 69

30 In »The Judas Mandala« (1982)

31 Peter F. Hamilton: Den Bäumen beim Wachsen zusehen. In: Peter F. Hamilton und Peter Crowther (Hrsg.): Unendliche Grenzen. Bergisch Gladbach: Bastei Lübbe, 2003. S. 105 – 236, hier: S. 193.

32 William Shakespeare: Hamlet [in der Schlegel-Tieck-Übersetzung]. Vierter Aufzug, Vierte Scene.

33 So in dem Roman »Die zweite Zukunft« des berühmten sowjetischen Herzchirurgen Nikolai M. Amosow (1913 – 2002) von 1967, einem chauvinistisch-sexistisch-positivistischen Werk mit transhumanistischen Tendenzen. Das Fazit auf den letzten Seiten lautet: »Die moderne Technologie im Verein mit der Sozialethik wird die Schaffung eines fast vollkommenen Modells einer vollkommenen menschlichen Gesellschaft erlauben. [...] Das Gehirn wird schließlich über die Instinkte triumphieren.« (München: Knaur, 1981. S. 389 f.). Das letzte Wort ist: »Unsterblichkeit«.

34 Auf der internationalen Konferenz »Präventives Selbst« (Berlin, 24./25. Juli 2008) wies Jakob Tanner (Zürich) in seinem Keynote-Vortrag darauf hin, »[d]ie gegenwärtige Angst vor Übergewicht belegt [...] die grundlegende Vorstellung, Gesellschaft und Individuum seien reformierbar. Diese Veränderung sei mit einem neuen Verständnis von Ernährung einhergegangen, hin zu einem »Medium der Selbstperfektionierung«. Im zweiten Keynote-Vortrag zeigte Theodore Porter (Los Angeles), »wie amerikanische Lebensversicherungsunternehmen an der Wende zum 20. Jahrhundert ihre Gewinn- und Verlustrisiken auf den Menschen übertragen und dabei das Konzept des Krankheitsrisikos in statistischer Form beförderten. Hierdurch sei ein Mensch konstruiert worden, der hinsichtlich von Krankheiten kalkulierbar erscheine.« – »Aufgrund der bedeutenden Rolle nichtstaatlicher Akteure könne Prävention in ein Spannungsfeld zwischen individueller Autonomie und Verpflichtung eingordnet werden«, kommentierte Martin Lengwiler (Zürich/Basel). zitiert nach: Ina Bömelburg und Christian Sammer: Präven-

tion und Gesundheit. In: WZB-Mitteilungen. Wissenschaftszentrum Berlin, Heft 122, Dezember 2008. S. 40 – 41, hier: S. 40. – Ganz aktuell behandelt das Thema Juli Zeh in ihrem SF-Roman »Corpus delicti. Ein Prozess«, Frankfurt/Main, Schöffling 2009 (nach ihrem Theaterstück von 2007, spielt 2057).

35 I Robot. USA, 2004. Buch: Jeff Vintar und Akiva Goldsman nach einer Kurzgeschichtensammlung von Isaac Asimov. Regie: Alex Proyas. Darsteller u.a.: Will Smith. Deutsch: I Robot. 2004.

36 Michael Crichton: The Andromeda Strain. New York: Knopf, 1969. Deutsche Ausg.: Andromeda. Übers. von Norbert Wölfl. München, Zürich: Droemer, 1969

37 Westworld. USA, 1973. Buch und Regie: Michael Crichton. Darsteller u.a.: Yul Brynner. Deutsch: Westworld. 1974

38 Dieses Zitat von Gerhard Zwerenz ist auch mein persönliches Motto beim Schreiben und lautet komplett: »Bücher, die nach den Ereignissen, die sie schildern, geschrieben werden, besitzen in Epochen höchster Gefahr keinen wahren Wert, denn auf die abgelaufenen Geschehnisse vermag kein Mensch mehr Einfluss zu nehmen, sie sind genordene Zeit, geschehene Geschichte, abgeschlossene Vorgänge. Wer aber die Kraft aufbringt, vorher zu beschreiben, was geschehen könnte, wo nicht müsse, kann immerhin Alarm schlagen und Kräfte der Gegenwehr mobilisieren.« Gerhard Zwerenz: Die Verteidigung Sachsens und warum Karl May Indianer liebte. Sächsische Autobiographie in Fortsetzung, Folge 15: Mein Leben als Prophet. <http://www.poetenladen.de/zwerenz-gerhard-sachsen15-leben-prophet.htm> (eingesehen am 15.12.2008).

Die Mechanismen des Kampfes

Mathematische Grundlagen von Kampfsimulationsspielen

// Niklas Peinecke

Science-Fiction-, mehr aber noch Fantasy-Spiele enthalten meist ein Element des Kämpfens. Das verwundert kaum, sind doch viele dieser Spiele aus dem Bedürfnis der Spieler entstanden, noch tiefer, noch intensiver in die Welten »ihrer« Geschichten einzutauchen. Egal, ob es sich um Rollenspiele oder Strategiespiele handelt, früher oder später gilt es, einen Schlagabtausch mit einem Klingonenkreuzer oder einer Bande marodierender Orks zu bestehen.

Damit der Ausgang des Scharmützens nicht allein der Willkür des Spielmeisters unterworfen bleibt, gibt es meist einen Satz mehr oder weniger komplizierter Regeln, und, nicht anders als bei fast jedem »normalen« Spiel, hat auch der Zufall seinen großen Auftritt.

Auch als Autor lohnt es sich, sich kurz mit diesen Regelsystemen zu befassen. So konzipierte Tobias O. Meißner beispielsweise seinen Roman »Das Paradies der Schwerter« mithilfe eines Rollenspiel-Kampfsystems, um anschließend auf Basis der erwürfelten Kampfhandlungen den Roman zu schreiben. Selbst wenn man nicht so weit gehen möchte – ein klassischer Charakterbogen kann jederzeit helfen, sich über Stärken und Schwächen seines Protagonisten klarer zu werden.

Platonische Körper

Meist wird angenommen, dass die heutigen »table top« Strategie- und Rollenspiele von Gary Gygax' »Dungeons and Dragons«-System abstammen. Dies ist insofern richtig, weil viele Regelwerke Elemente aus eben diesem Ur-Werk entlehnt haben, auch wenn das erste Fantasy-Strategiespiel wohl Fritz Leibers »Lankhmar«-Spiel gewesen sein durfte. Zentrales Werkzeug des D&D-Kampfsystems ist der zwanzigseitige Würfel. Das leuchtet ein: Ein Ikosaeder, wie der Würfel mathematisch heißt, bietet wesentlich mehr zufällige Möglichkeiten als der traditionelle Sechseiter, der Hexaeder.

Aber gäbe es denn noch weitere Würfelmöglichkeiten? Im Computerzeitalter ist es natürlich kein Problem, mit dem Rechner beliebige Zufallsgeneratoren zu programmieren, beschränken wir uns aber auf die gute alte mechanische Physik, dann bleiben uns nur die fünf platonischen Körper: Ikosaeder (20 Flächen), Dodekaeder (12 Flächen), Oktaeder (8 Flächen), Hexaeder (6 Flächen), Tetraeder (4 Flächen) und die simple Münze (2 Flächen).

Diese geradezu magische Folge 2, 4, 6, 8, 12, 20 wird durch ein paar simple Überlegungen diktiert: Damit jeder Ausgang eines Würfelwurfs gleich wahrscheinlich ist, muss der Würfel ausschließlich aus identischen Flächen zusammengesetzt sein. Damit fallen Formen wie der bekannte Fußball, der ja aus Fünf- und

