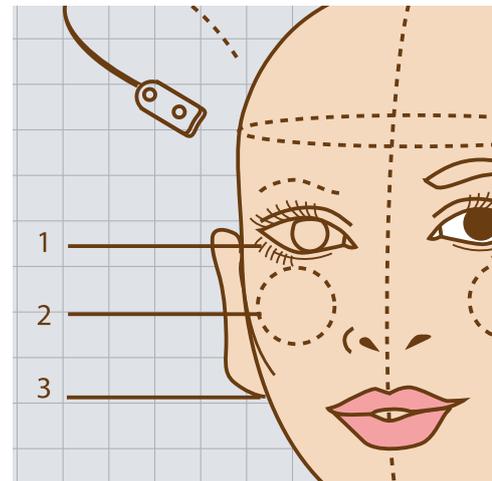
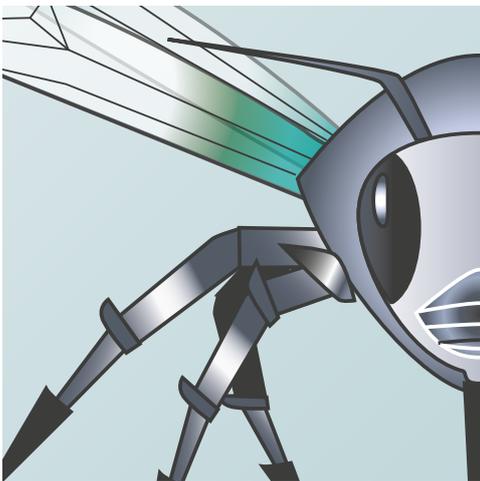
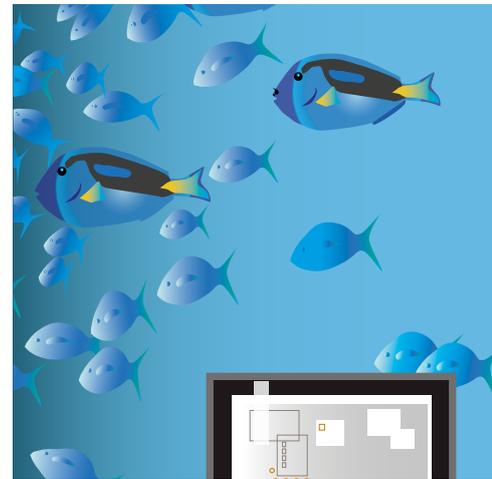
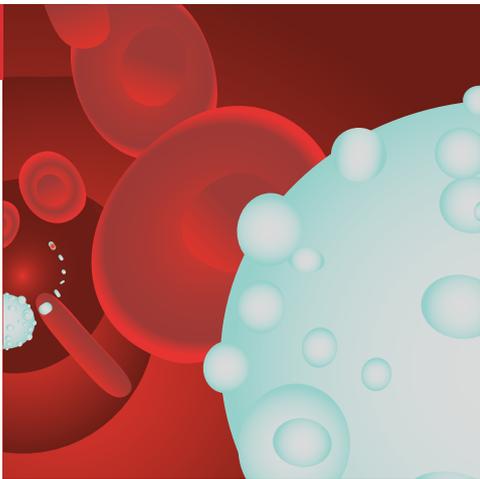




## Nanotechnische Ideen in der Science-Fiction-Literatur





# Nanotechnische Ideen in der Science-Fiction-Literatur

Text: Thomas Le Blanc

Recherche: Svenja Partheil und Verena Knorpp

Phantastische Bibliothek Wetzlar

Wir danken den Schriftstellern Karl-Ulrich Burgdorf und Friedhelm Schneidewind für die freundliche Erlaubnis zum Abdruck ihrer beiden Kurzgeschichten.

# Impressum

## **Nanotechnische Ideen in der Science-Fiction-Literatur**

Band 24 der Schriftenreihe der Technologielinie Hessen-Nanotech  
des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr  
und Landesentwicklung

### **Erstellt von**

Thomas Le Blanc  
Svenja Partheil, Verena Knorpp (Recherche)  
Phantastische Bibliothek Wetzlar  
Turmstraße 20  
35578 Wetzlar

### **Redaktion**

Sebastian Hummel, Ulrike Niedner-Kalthoff  
(Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung)  
Dr. David Eckensberger, Nicole Holderbaum  
(Hessen Trade & Invest GmbH, Hessen-Nanotech)

### **Herausgeber**

Hessen Trade & Invest GmbH  
Konradinallee 9  
65189 Wiesbaden  
Telefon 0611 95017-8326  
Telefax 0611 95017-8620  
[www.htai.de](http://www.htai.de)

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Energie, Verkehr und Landesentwicklung  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
65185 Wiesbaden  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

**Lektorat:** Dr. Tanja Bernsau, Wiesbaden

**Gestaltung:** H2S DESIGN, Oppenheim

**Illustrationen:** Sylvia Wolf, Wiesbaden

**Druck:** Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

September 2014

# Inhalt

Vorwort .....	6
Karl-Ulrich Burgdorf: Ein Beitrag aus der Nanowelt .....	7
<b>Visionen von Nanowelten: Die unendliche Vielfalt der Science Fiction .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Eine Reise in den menschlichen Körper: Mit dem U-Boot auf Tumorjagd .....</b>	<b>12</b>
<b>2 Miniaturwelten in der Literatur: Von fleißigen Zwergen und intelligenten Ameisen .....</b>	<b>16</b>
<b>3 Frühe Nanoszenarien: Den Anfang machte die Seifenblase .....</b>	<b>20</b>
Welche Schätze birgt die Science-Fiction-Literatur? .....	25
<b>4 Der Assembler oder der Telemanipulator: Wie baue ich eigentlich ein Nanoobjekt? .....</b>	<b>28</b>
<b>5 Nanobots im menschlichen Körper: Der Arzt in der Blutbahn .....</b>	<b>36</b>
Friedhelm Schneidewind: Rote Ritter .....	45
<b>6 Die Rekonfiguration des Menschen: Second Genesis .....</b>	<b>46</b>
<b>7 Das Problem der Selbstreproduktion: Vergesst den Schalter nicht! .....</b>	<b>56</b>
Roboter bauen Roboter .....	64
Die Angst vor dem Ende: Der Graue Glibber .....	65
<b>8 Baustein um Baustein: Nanohäuser und Nanostädte .....</b>	<b>66</b>
<b>9 Der Alltag der Zukunft: Die netten kleinen Dinge .....</b>	<b>70</b>
<b>10 Auch das geht mit Nanotechnik: Brauchbare und unnütze Ideen .....</b>	<b>74</b>
<b>11 Militärische Nutzung von Nanotechnik: Der unaufhaltsame Gegner .....</b>	<b>78</b>
<b>12 Die Nanoschatztruhe: Mehr Nano geht nicht .....</b>	<b>84</b>
<b>13 Das Nanouniversum: Nanowelten ohne Nanotechnik .....</b>	<b>90</b>
Ideen in den Ideen - und ihre Grenzen .....	93
Quellenverzeichnis .....	94
Schriftenreihe der Technologielinie Hessen-Nanotech .....	98

# Vorwort



## Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

viele Dinge unseres modernen Alltags sind zwar von Ingenieuren entwickelt und konstruiert, aber lange vorher schon von Schriftstellern erdacht worden. Geradezu spezialisiert auf das „Vordenken“ vom einzelnen Produkt bis hin zu ganzen Szenarien ist die Science-Fiction-Literatur. Ich erinnere nur an den deutschen Autor – und Siemens-Ingenieur – Hans Dominik, der bereits 1930 die Möglichkeit beschrieb, Europa mit Solarstrom aus dem Saharagebiet zu versorgen. Heute ist aus der Utopie eine reale Initiative geworden, die unter dem Namen „Desertec“ Schlagzeilen macht.

Eine Schatzkammer solcher Ideen finden wir in der Phantastischen Bibliothek in Wetzlar, der weltweit größten öffentlich zugänglichen Fachbibliothek für Science-Fiction- und Fantasy-Literatur. 2013 haben wir ihren Leiter Thomas Le Blanc gebeten, auf einem unserer Zukunftskongresse eine kleine Auswahl literarischer Anregungen Unternehmen und Entwicklern vorzustellen. Die Resonanz war überaus positiv. Deshalb lag es nahe, das Inspirationspotenzial der Science-Fiction-Literatur breiter zugänglich zu machen.

Mit der vorliegenden Broschüre konzentrieren wir uns exemplarisch auf die Nanotechnologie, einer der wichtigsten Zukunftstechnologien. Die Bibliothekare aus Wetzlar haben für uns ihre Regale durchsucht nach imaginären Geräten, Instrumenten und Substanzen von winzigen Dimensionen, aber großer Wirkung. Natürlich liefert die Literatur keine fertigen Blaupausen; wohl aber kann sie Anstöße geben für neue Denkansätze und Herangehensweisen. Sie kann die Kreativität stimulieren. Und Kreativität ist die Voraussetzung für Innovationen.

Dass die Nanotechnologie nicht nur segensreichen Nutzen stiften, sondern wie jede Technik auch missbraucht werden kann, soll dabei nicht verschwiegen werden. So weist der Autor ausdrücklich auf die in der Science-Fiction-Literatur beschriebenen militärischen Anwendungsmöglichkeiten hin und mahnt den verantwortungsbewussten Umgang mit der Technologie an. Das ist ganz in unserem Sinn; schließlich setzen wir uns auf unserer Plattform [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de) ausführlich mit den Risiken auseinander.

Wir hoffen, Ihnen mit dieser zugegebenermaßen ungewöhnlichen Publikation Anregungen geben zu können für Produkte, die Mensch und Umwelt dienen und am Markt erfolgreich sind.

A handwritten signature in black ink that reads "Tarek Al-Wazir". The signature is fluid and cursive.

Tarek Al-Wazir  
Hessischer Minister für Wirtschaft,  
Energie, Verkehr und Landesentwicklung

Karl-Ulrich Burgdorf

# Ein Beitrag aus der Nanowelt



- \* Anmerkung des Herausgebers: Wir freuen uns natürlich besonders, im Rahmen dieser Broschüre über Nanotechnologie auch einen Beitrag von einem Autor aus der Nanowelt präsentieren zu können. Geschrieben wurde der Text von Minimus Zwerger jr., dem Träger des NaNobelpreises 2012. Auf besonderen Wunsch des Verfassers drucken wir die Geschichte, deren literarische Qualität uns begeistert hat, im Faksimile ab. Sie befindet sich an der oben gekennzeichneten Stelle. Bitte legen Sie diese Seite in Ihr Nano-Lesegerät ein oder fotografieren Sie sie mit der Kamera Ihres Smartphones, um sie mit Ihrer Nano-App lesen zu können.

---

# Visionen von Nanowelten: Die unendliche Vielfalt der Science Fiction

Das Literaturgenre Science Fiction erzählt nicht nur von fernen Sternen und fernen Zeiten, sondern schildert auch mögliche nahe Zukunftsentwürfe auf unserem eigenen Planeten: Szenarien aus einem Alltag, den wir schon bald erleben werden.

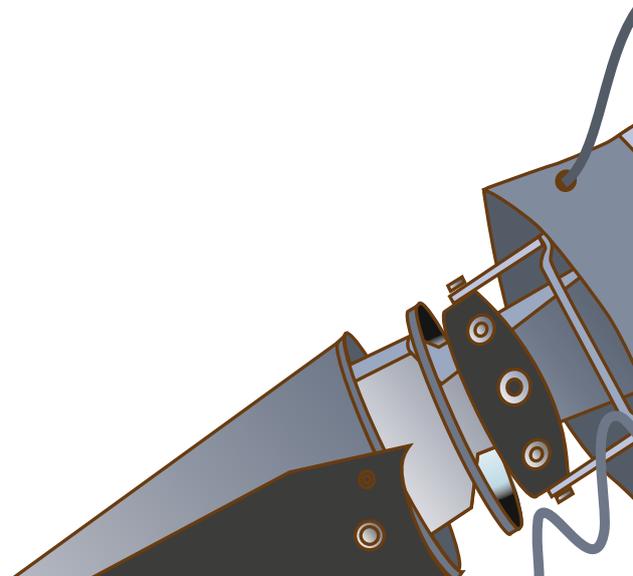
»Der Weltraum. Unendliche Weiten...« So begann jede Folge der amerikanischen Fernsehserie »Star Trek« aus den 1960er Jahren, bei uns als »Raumschiff Enterprise« bekannt, der berühmtesten und international erfolgreichsten Science-Fiction-Serie, die in den Populärmedien Fernsehen, Buch, Film, Comic und Computerspiel zu Weltruhm gelangte und das Genre Science Fiction entscheidend prägte und auch einem breiten Publikum schmackhaft machte.

Science Fiction als gigantisches Weltraumabenteuer, als eine literarische wie filmische Eroberung gewaltiger galaktischer Räume, dimensioniert mit städtegroßen Raumschiffen und ungezählten Sternenreichen über Millionen Lichtjahre hinweg. Science Fiction als die Begegnung mit dem Ganz Anderen und dem Fernen Fremden: fern von uns in räumlicher Sicht und fern von uns in der zeitlichen Dimension. Das alles ist zweifelsfrei *großartige* Science Fiction.

Science Fiction ist aber noch viel mehr und ist unendlich vielseitiger wie auch differenzierter. Science Fiction erzählt nicht nur von fernen Zukünften, in denen wir Menschen in neuen gesellschaftlichen Modellen mit nichtmenschlichen intelligenten Spezies zusammenleben und kaum noch verständliche Hochtechnologien nutzen, sondern sie erzählt auch von unserer irdischen Nahzukunft, die lediglich zwanzig, dreißig, fünfzig Jahre vor uns liegt. Sie

erzählt von Welten, die nur drei Schritte voraus sind, in denen wir Menschen noch so sind, wie wir heute agieren, in denen aber ausgewählte Aspekte unserer nutzbaren Technik sich intelligent weiterentwickelt haben.

Dargestellt werden Weiterentwicklungen in der Medizin - vor allem in der Medizintechnik und der Humangenetik -, in der Robotik, in der Schnittmenge von Mensch und Maschine, im Kommunikationswesen, in den Bereichen Verkehr und Transport, auch im Alltagsleben: in Wohnen, Beruf und Freizeit. Dabei koppelt die Science Fiction gerne wissenschaftliche Disziplinen: So überträgt sie zum Beispiel das Verhalten biologischer Organismen auf konstruierte Mechanismen, sie kopiert den Menschen auf den Roboter. Oft genug sind es auch keine völligen Neuerungen, die geschildert werden, sondern »nur« Extrapolationen heutiger Verfahren oder sogar Technologien, die bereits vorhanden, aber noch nicht marktreif oder massentauglich sind. Denn oft genug wird selbst die Science Fiction von der derzeitigen Rasanz des realen technischen Fortschritts überholt.

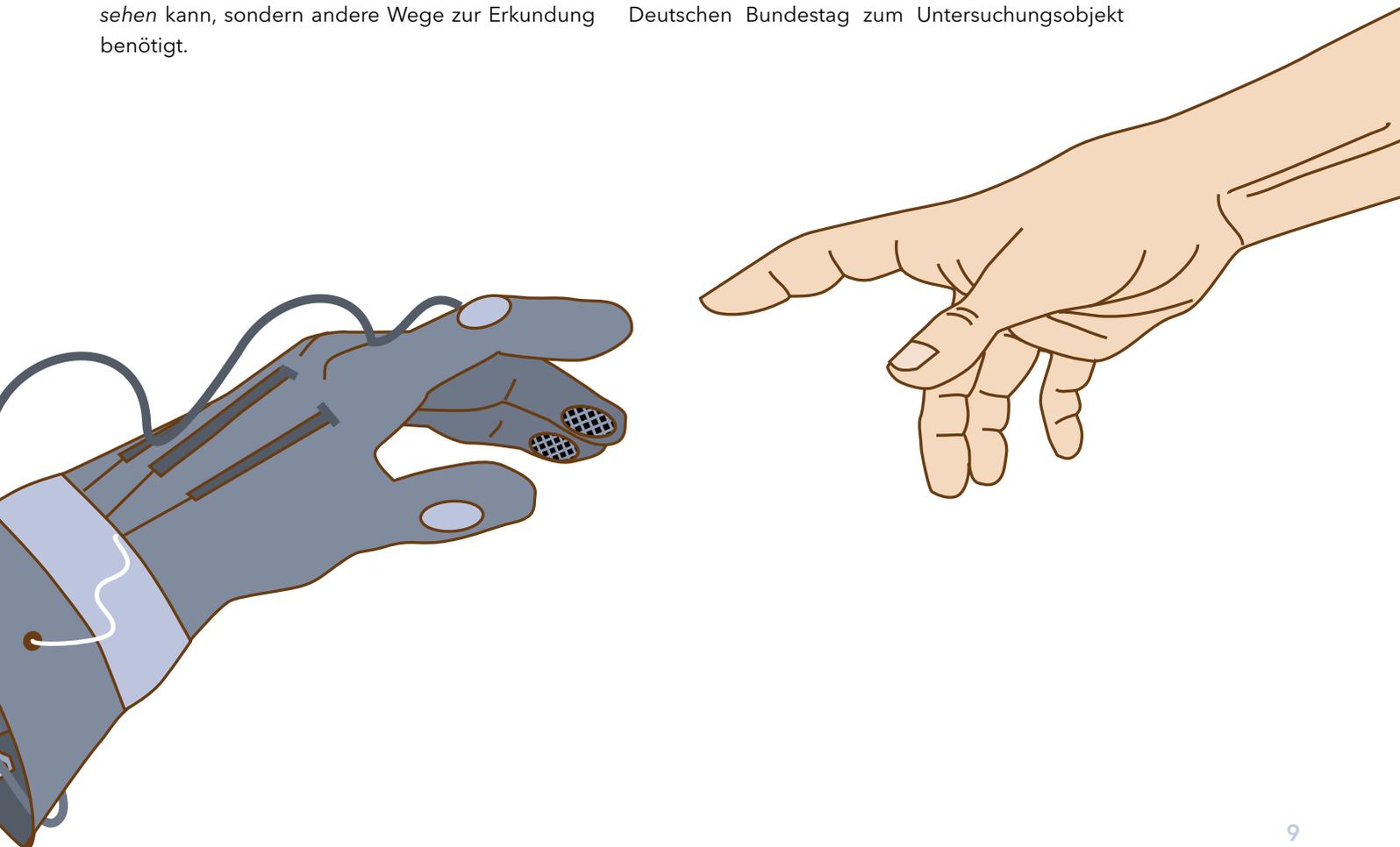


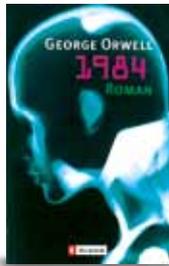
In diesem Bereich der Science Fiction werden Weltentwürfe beschrieben, die für unsere eigene Lebenszeit keine ewig fernen Träume bleiben müssen, sondern die wir selbst erleben und vor allem gestalten können – sogar gestalten *müssen*, weil die meisten erzählten Dinge unaufhaltsam kommen *werden*. Die Science Fiction bietet also einen Blick in ganz reale Modelle an.

### Blicke in Mikro- und Nanowelten

Dabei schaut die Science Fiction nicht nur sehnsüchtig in die Weiten des Alls und auch nicht allein in die Größenebene des menschlichen Umfelds, sondern auch in Mikro- und Nanowelten – getreu wiederum dem »Star Trek«-Motto von einer Reise in eine Welt, »die nie ein Mensch zuvor gesehen hat«, auch weil man in Atome und Moleküle nicht hineinsehen kann, sondern andere Wege zur Erkundung benötigt.

Welch faszinierende Ideen die Science Fiction bei ihrer literarischen Erkundung von Nanowelten offenbart, will nun diese Publikation in einem ersten Überblick darstellen. Die vorliegende Darstellung soll allerdings lediglich beispielhaft auf die Behandlung des Themas Nanotechnologie in der Science-Fiction-Literatur aufmerksam machen. Eine tiefere und breitere Diskussion aller Ideen bleibt einer umfassenden Studie vorbehalten. Vieles hier Genannte ist nicht nur literarische Zukunft, sondern wird auch in einer möglichen realen Umsetzung noch für einige Jahrzehnte Zukunft bleiben. Manches dürfte aber in der Verwirklichung unmittelbar oder kurzfristig bevorstehen. Somit birgt die Science Fiction auch einen Ideenschatz, den es zu heben gilt und der weit über die hier geschilderten Beispiele hinausgeht. Bereits der über 400-seitige Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag zum Untersuchungsobjekt





### George Orwell

Der 1903 in Britisch-Indien geborene und 1950 in London gestorbene Eric Arthur Blair war Schriftsteller und Journalist, zeitweise auch Kriegsberichterstatler. Er schrieb zahlreiche politische Essays und Kurzgeschichten, bekannt wurde er durch seine Romane »Animal Farm« (1945) und »1984« (1949), in denen er unter dem Schriftstellernamen George Orwell totalitäre Staatssysteme beschrieb. Darin verarbeitete der engagierte Sozialist seine Enttäuschung über den diktatorisch auftretenden Stalinismus, den er als Verrat an der kommunistischen Idee anprangerte.

Nanotechnologie aus dem Jahr 2003 weist im Kapitel VIII.3 – allerdings noch sehr vorsichtig, ohne eigene Lesekenntnis und sich lediglich auf Sekundärtexte stützend – auf die möglicherweise brauchbaren Ideen der Science-Fiction-Literatur hin.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Science Fiction bei innovativen Ideen eher funktionsbeschreibend als funktionserklärend erzählt. Man sollte sie durch seine Ansprüche also nicht überfordern.

Doch neben der technologischen Komponente der Ideen bietet die Science Fiction noch etwas Entscheidendes mehr: Da sie Geschichten erzählt, handelt sie von Menschen. Also vermittelt sie vielfältige Aussagen über die Art und Weise, wie Technik gebraucht wird, was sie bewirkt, was sie auslöst, wo sie das Leben bereichert und angenehmer macht und wo sie das Leben beeinträchtigt oder gar gefährdet. Science Fiction gibt Hinweise auf die Akzeptanz von neuen Maschinen, Techniken, Verfahren, Systemen, sie zeigt die Veränderungen in der Gesellschaft auf wie auch Auswirkungen auf Umwelt, Ressourcen, Energieverbrauch und Lebensqualität, sie zeigt außerdem, wie durchlässig die Grenze zwischen Biologie und Maschinenexistenz werden kann.

### Visionen der Science Fiction

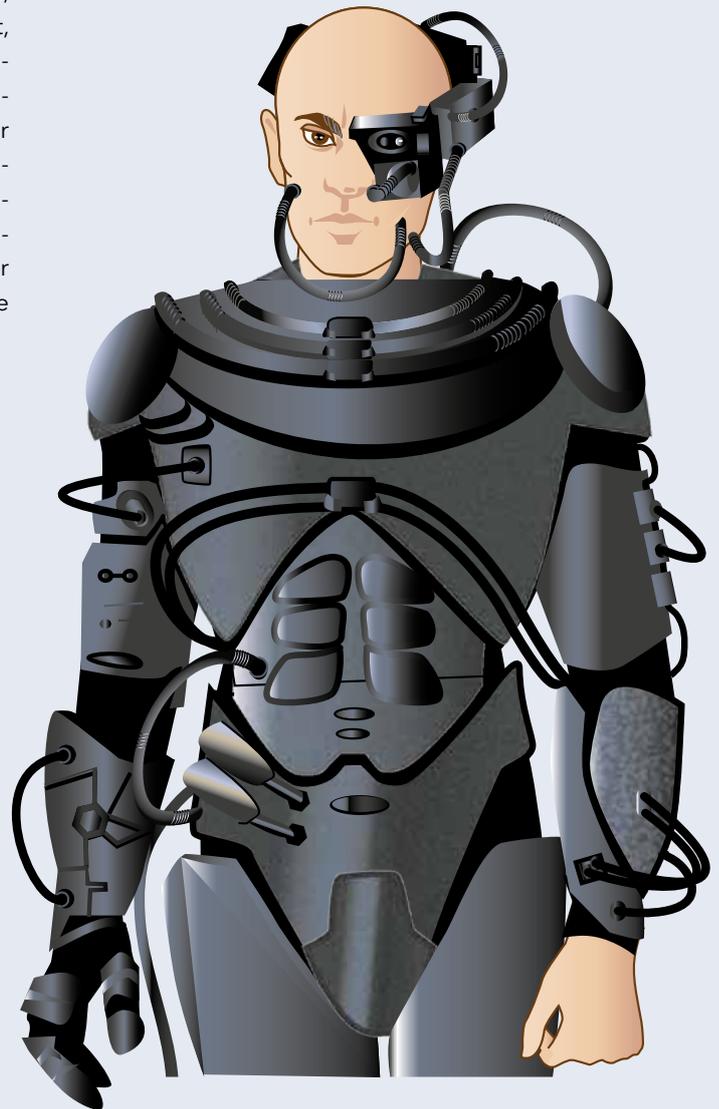
Somit ist die Science Fiction für die Erdenker und Entwickler von neuen Technologien eine unschätzbare Quelle bezüglich der Frage nach Akzeptanz und Wirkungsabschätzungen. Auch weil die Science Fiction gelegentlich extrem denkt, hilft sie ungemein: George Orwells 1949 erschienene Utopie »1984« hat entscheidend dazu beigetragen, dass seine Vision einer Welt der totalen staatlichen Lenkung und Überwachung (»Big Brother is watching you!«) weder im Jahr 1984 noch bis heute Realität wurde – auch wenn die Gefahr aktuell wieder virulent zu sein scheint. Zukunftsvisionen sollen anspornen, unsere Welt besser zu gestalten, und sollen vor falschen Wegen warnen.

Somit wollen auch jene gelegentlich dargebotenen Horrorvisionen von außer Kontrolle geratenen Nanowesen, die die Science Fiction auch bietet, nicht die Nanotechnologie verteufeln. Sie wollen lediglich den Wissenschaftler und Techniker vor denkbaren Auswüchsen warnen und ihn an seine Verantwortung gemahnen, die er – wie jeder von uns – für eine lebenswerte Welt hat.

## »Star Trek«

» In den 1960er Jahren wurde vom amerikanischen Drehbuchautor und Fernsehproduzenten Gene Roddenberry eine völlig neue Science-Fiction-Serie entwickelt, die nicht mehr von einer militärischen und kolonisierenden Eroberung des Weltalls und einer steten Bekämpfung feindlicher Aliens ausging, sondern von einer friedlichen Zukunft, die auf einer Koexistenz der unterschiedlichen Spezies und einer unbedingten Achtung der Kulturen aller Rassen im All basierte. Mittelpunkt war das Forschungsraumschiff Enterprise, das fremden Zivilisationen begegnete und physikalische Phänomene in der Galaxis erkundete. Die Serie lief von 1966 bis 1969 in den USA und brachte es zunächst auf 79 Folgen. Aufgrund einer in den Folgejahren anwachsenden Fangemeinde wurden vier weitere Subserien mit insgesamt über 600 Folgen, die von 1987 bis 2005 liefen, 12 Kinofilme und weit über 500 Romane produziert, außerdem Comics, Spiele und vielfältige Merchandising-Produkte. »Star Trek« ist ein globaler Populärmythos geworden, einige Begriffe aus der »Star Trek«-Welt (z.B. das Beamen und die Warp-Geschwindigkeit) sind längst in unsere Alltagssprache übergegangen, und viele in »Star Trek« beschriebene Technologien (z.B. der medizinische Tricorder, der Visor und das Holodeck) werden heute ernsthaft auf ihre Realisierbarkeit untersucht.

Nanotechnologie kommt in »Star Trek« nur am Rande vor. Die aggressive Borg-Zivilisation verwendet Nanosonden bei der Assimilation von anderen Intelligenzwesen in ihr Kollektiv. Die Nanosonden werden in den Körper des zu übernehmenden Wesens injiziert, besetzen ihn binnen weniger Augenblicke, entnehmen seine Informationen und optimieren ihn mit Borg-Implantaten. Der Übernommene wird dann Teil der Borg-Kultur.





## 1 Eine Reise in den menschlichen Körper: Mit dem U-Boot auf Tumorjagd

Ein Hollywoodstreifen aus den sechziger Jahren präsentierte die verrückte Idee, mit einem miniaturisierten U-Boot durch die Blutbahnen eines Menschen fahren zu können. Doch wenn man das Schrumpfboot durch einen Nanoroboter ersetzt, könnte der unmögliche Film tatsächlich Ideengeber für eine Medizin der Zukunft sein.

» Wir schreiben das Jahr 1966: wir sind mitten im Kalten Krieg. Während Alfred Hitchcock gerade seinen Agentenfilm »Der zerissene Vorhang« vorstellt, bringt auch der amerikanische Regisseur Richard Fleischer das Ost-West-Agenten-Thema in die Kinos: allerdings im Science-Fiction-Genre. Schauplatz ist bei ihm nicht das geteilte Berlin, sondern das Innere des menschlichen Körpers, aber auch dort waren damals die Ideale der Zivilisation des Abendlands zu verteidigen:

Ein tschechischer Wissenschaftler war in den Westen übergelaufen, doch der amerikanische Geheimdienst kam an sein Wissen nicht heran, weil in seinem Gehirn - nach einem Attentat - sich ein Thrombus an einer medizinisch nicht erreichbaren Stelle gebildet hatte. So verfiel man auf die abgedrehte Idee, ein Tiefsee-Tauchboot mit fünf Personen an Bord mittels einer nicht näher erläuterten Apparatur auf Bakteriengröße schrumpfen zu lassen, es dann mit einer Kanüle in eine Kochsalzlösung aufzuziehen und in die Blutbahn des Patienten zu injizieren. Das U-Boot sollte nun an die richtige Stelle im Gehirn gesteuert werden - das war die titelgebende »phantastische Reise« - und dort mittels Laserstrahl aus einem bordeigenen Geschütz das Gerinnsel auflösen.

Der Film faszinierte damals mit durchaus medizinisch getreuen Bildern vom menschlichen Körpergewebe und von biologischen Vorgängen in millionenfacher Vergrößerung. Wenn man die Bilder mit heutigen Augen anschaut, wirken sie allerdings eher wie ein altbackener psychedelischer Farbenrausch - es waren halt die *swinging sixties*. Dennoch war der Film leidlich spannend, wenn etwa ein Rudel weißer Blutkörperchen das eingedrungene U-Boot bedrohte.

Die Story erdacht hatten sich zwei routinierte Drehbuchautoren, aber um Wissenschaftlichkeit vorzugaukeln, ließ die Produktionsfirma noch einen Roman zum Film schreiben und beauftragte damit den damals berühmtesten Science-Fiction-Autor Isaac Asimov.

Die Handlung war natürlich physikalischer Unsinn. Man kann ein U-Boot mit all seinen Insassen nicht einfach um sechs Zehnerpotenzen isomorph verkleinern - der Physiker weiß, dass bei linearen Distanzänderungen sich Massen, Kräfte und Wirkungen in anderen Potenzen verändern. Dennoch enthält die Geschichte, wenn man sie einmal aller Hollywood-Attribute entkleidet, im Kern eine brauchbare nanotechnische Idee:

Ein Defekt in einem menschlichen Körper kann nicht von außen behandelt werden, weil dabei zu viel gesundes Gewebe und lebensnotwendige Funktionen zerstört würden. Deshalb möchte man ein winziges Objekt, das die Größendimension des Defekts besitzen müsste, vom Körperinnern her in die unmittelbare Nähe des Defektes bringen, wo das Objekt dann - entweder autark oder von außen gesteuert - die Störung so manipulieren könnte, dass sie beseitigt wird.



### Isaac Asimov

1920 in der Nähe von Smolensk (Russland) geboren, drei Jahre später mit seinen Eltern in die USA ausgewandert und 1992 in New York gestorben, war Isaac Asimov der sicher berühmteste und erfolgreichste Science-Fiction-Autor des 20. Jahrhunderts. Von seiner Ausbildung her war er promovierter Biochemiker, seine vielfältigen naturwissenschaftlichen Interessen machten ihn zu einem recht produktiven Sachbuchautor. Den größten Einfluss auf die Science Fiction übte er durch seine bereits 1942 entwickelten »Robotergesetze« aus, die viele Kollegen in ihre Werke übernahmen:

**1. Ein Robot darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Untätigkeit gestatten, daß einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.**

**2. Ein Robot muß dem ihm von einem Menschen gegebenen Befehl gehorchen, es sei denn, ein solcher Befehl würde mit Regel Eins kollidieren.**

**3. Ein Robot muß seine eigene Existenz beschützen, solange dieser Schutz nicht mit Regel Eins oder Zwei kollidiert.**

(Asimov: Robot, Seite 34 f.)

Am erfolgreichsten war seine aus einzelnen Stories zusammengestellte »Foundation«-Trilogie (1951 - 1953), in der er die umfassende Geschichte einer vorgeplanten Zukunft beschrieb und die er in den 1980er Jahren auf einen Zyklus von sieben Romanen erweiterte. Bemerkenswert sind auch seine zahlreichen intellektuellen Science-Fiction-Kurzgeschichten mit oftmals ungewöhnlichen Pointen.

Das liest sich allerdings ähnlich einem Vorgang, den die Medizin heute in der Tumorthherapie versucht: einen biologischen Stoff zu finden, den eine Krebszelle inkorporiert, und diesem Stoff ein paar magnetisierbare Nanoteilchen aufzupflanzen. Sobald die Krebszelle dieses Trojanische Pferd ›gefressen‹ hat, wird von außen ein kleines Magnetfeld angelegt, so dass ein winziger Strom in den Nanoteilchen induziert wird, sie somit erhitzt werden und sie die Krebszelle (und nur diese!) von innen und ohne Kollateralschaden verbrennen.

### Vom physikalischen Unsinn zur genialen Tumorbekämpfung

Der Film »Die phantastische Reise« kam damals beim breiten Publikum – das sich durch ›Nebensächlichkeiten‹ wie wissenschaftliche Glaubwürdigkeit nicht beirren ließ – gut an, weil die Story einfach atemberaubend und die Bilder entsprechend phantastisch waren. Zum Marketing gehörte auch, dass man mit Isaac Asimov den berühmtesten Science-Fiction-Autor gewinnen konnte, der *nach* dem Drehbuch den Roman schrieb und ihn parallel zum Filmstart erscheinen ließ. Da er immerhin promovierter Biochemiker war und in seinen Werken großen Wert auf hinreichende Nähe zu naturwissenschaftlicher Exaktheit legte, stellte er in einer Romanpassage klar, dass die Verkleinerung eines U-Bootes auf Bakteriengröße mit herkömmlicher Physik nicht möglich ist:

■ **Wenn man verkleinert, kann man das auf zweifache Weise tun. Man kann die einzelnen Atome eines Objekts dichter zusammenschieben oder aber einen bestimmten Teil der Atome ganz beseitigen. Die Atome gegen die inneratomare Abstoßung zusammenzupressen, würde ungeheure Druckkräfte erfordern. Der Druck im Innern des Jupiter würde nicht ausreichen, um einen Menschen zur Größe einer Maus zusammenzupressen. [...] Und selbst wenn man das fertigbrächte, würde der Druck alles Leben töten. Abgesehen davon würde ein Objekt, das man durch Zusammenpressen von Atomen verkleinern wollte, seine ursprüngliche Masse beibehalten, ein mausgroßer Mensch also soviel wiegen wie vorher. [...]**

■ **Die zweite Methode war die, Atome im genauen Verhältnis zu entfernen, so daß Masse und Größe eines Objekts abnehmen, während das Verhältnis der Teile konstant bleibt. Nur: Wenn man einen Menschen auf die Größe einer Maus verkleinert, kann man lediglich ein Atom von etwa siebzigtausend behalten. Wenn man das beim Gehirn macht, ist der Rest kaum noch komplizierter als das Gehirn einer Maus [...]. Und außerdem: Wie vergrößert man das Objekt wieder [...]? Wie holt man die Atome wieder zurück und bringt sie an die richtigen Stellen? (Asimov: Reise, Seite 42)**

Als Ausweg fabulierte Asimov eine Art Ident-Abbildung in ein Subuniversum – doch selbst damit vernebelte er lediglich die Tatsache, dass er den Vorgang für physikalischen Unsinn hielt. Allerdings müssen auch berühmte Autoren jeden Monat ihre Miete überweisen, und Hollywood zahlte nun mal sehr gut. Und mit feinem Humor distanzierte er sich selbst von der ominösen Verkleinerungstechnik, als er einen der Wissenschaftler im Roman bei der Vorstellung des »Miniaturisators« sagen ließ: »Fragen Sie mich nicht, wie er funktioniert.« (Asimov: Reise, Seite 72).

Dennoch wäre es falsch, den Roman in allen Bereichen als unwissenschaftlich abzulehnen. Er enthält eine Reihe von Ideen, die in der Nanomedizin umsetzbar wären. Während der Reise durch die Blutgefäße ist zum Beispiel folgender Dialog zu lesen:

■ **»Arterienwand rechts«, sagte Owens. Das Boot hatte eine weite Kurve beschrieben, und die Wand schien noch an die dreißig Meter entfernt zu sein. Die etwas wellige, bernsteinfarbene Strecke Endothelschicht, aus der die Innenwand der Arterie bestand, war in allen Einzelheiten erkennbar. »Ha«, meinte Duval euphorisch. »Das ist mal eine neue Art der Untersuchung auf Arteriosklerose. Man kann die Plättchen zählen.« »Man könnte sie auch ablösen, nicht wahr?« fragte Grant.**



■ »Versteht sich. Denken Sie an die Zukunft. Man kann ein Boot durch ein verstopftes Gefäßsystem schicken, die sklerotischen Abschnitte lockern und ablösen, sie zerkleinern, die Gefäße ausräumen. Das wird aber eine ziemlich teure Sache sein.«

»Vielleicht kann man es eines Tages automatisieren«, meinte Grant. »Vielleicht lassen sich kleine Reinigungsroboter hinschicken, die für Ordnung sorgen. Oder man könnte jedem Menschen als jungem Erwachsenen einen Dauervorrat an solchen Gefäßreinigern einspritzen [...]«  
(Asimov: Reise, Seite 102 f.)

Isaac Asimov ließ die Frage der Miniaturisierung von Makroobjekten nicht los; er griff sie zwei Jahrzehnte später erneut auf. Dazu verlängerte er den Kalten Krieg weit ins 21. Jahrhundert und ließ diesmal die Russen den Vorgang der Verkleinerung durchführen. Wiederum ging es um die Reise eines U-Bootes in ein menschliches Gehirn, diesmal allerdings nicht, um einen Thrombus in einem Blutgefäß aufzulösen, sondern um das Gehirn nach bestimmten Gedanken zu scannen. Und wieder machte Asimov deutlich, welche Konsequenzen jegliche Verkleinerung nach sich zieht, selbst wenn sie nur im bescheidensten Maß von 1:2 stattfindet:

■ Du und ich, wir beide, haben etwa die Hälfte unserer linearen Dimensionen in jeder Richtung verloren. Die Kraft unserer Muskeln ändert sich reziprok zu ihrem Querschnitt. Sie sind momentan etwa halb so breit und halb so dick wie normalerweise; das heißt, der Querschnitt beträgt ein halbes Mal die Hälfte, wir haben also ein Viertel unserer normalen Kraft. [...] Unsere Körper jedoch insgesamt sind halb so hoch, halb so lang und halb so breit, so daß das Gesamtvolumen ebenso wie ihre Masse und ihr Gewicht die Hälfte von der Hälfte der Hälfte beträgt - also ein Achtel des Originalwerts. [...] Das ist das Würfelgesetz. Es ist seit Galilei bekannt. [...] Wenn ich dich jetzt hochheben würde, dann wäre es doch so, daß ich ein Achtel deines Normalgewichts mit einem Viertel meiner normalen Muskelkraft höbe. Ich müßte also im Verhältnis zu deinem Körpergewicht doppelt so stark sein wie im unminiaturisierten Zustand.\*

(Asimov: Schapirow, Seite 159 f.)



\* Der Übersetzer hat hier den Originaltext falsch verstanden. Es muss genau umgekehrt lauten: Meine Muskeln wären - auf dein Gewicht bezogen - also doppelt so stark wie im unminiaturisierten Zustand.



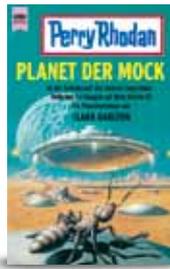
## 2 Miniaturwelten in der Literatur: Von fleißigen Zwergen und intelligenten Ameisen

Die phantastische Literatur ist voll von kleinen Wesen, die in eigenen Mikrowelten leben - oder kaum sichtbar mitten unter uns: als hilfreiche Heinzelmännchen oder als piesackende Trolle. Und der britische Satiriker Terry Pratchett fragt, ob nicht zwischen all den Flusen unseres Wohnzimmerteppichs ein komplettes fröhliches Miniaturvölkchen Platz hat.

» Sowohl die klassische als auch die zeitgenössische Literatur sind voll mit Miniaturwelten. Bereits die ältesten Mythen der Menschheit erzählen von Zwergenreichen, selbst neuzeitliche Mythen sprechen noch vom »Kleinen Volk« in Irland, von den Kölner Heinzelmännchen, von Wichteln, Kobolden, Gnomen, Goblins, Pucks, Leprechauns und Brownies. Die wohl berühmtesten literarischen Darstellungen der Lebensbereiche kleiner Wesen sind die von Jonathan Swift beschriebene Reise des Lemuel Gulliver zur Insel Liliput (1726) sowie das Haus der sieben Zwerge in den Märchen der hessischen Brüder Jacob und Wilhelm Grimm (1812), wo Schneewittchen Asyl findet. Der Engländer Lewis Carroll hat seine Heldin Alice in ein unterirdisches Wunderland gelangen lassen (1865), indem sie zuerst in einen Kaninchenbau hinein stolpert und dann eine geheimnisvolle Schrumpftinktur trinkt. Der 14-jährige Nils Holgersson wird in Selma Lagerlöfs bezauberndem Tierroman (1906) durch einen Wichtelzauber verkleinert und erfährt auf seiner Flugreise mit den Wildgänsen die Schönheiten der schwedischen Landschaft, während der Kleine Däumling (bei Charles Perrault schon 1697) bereits bei Geburt so winzig wie ein menschlicher Däumchen ist und auch kaum noch wächst, aber dennoch voller Mut in die Welt hinaus zieht. Vertraut sind uns auch die libellengroße Fee Tinker Bell als Begleiterin des ewigen Jungen Peter Pan (1904/1911) sowie jene ungezählten Kinderbücher, in denen das liebgewordene Spielzeug zum Leben erwacht.

In den mitteleuropäischen Märchen und Volkserzählungen wohnen Zwerge oft in Höhlen, was sie dann zu Bergleuten macht, oder sie hausen in verborgenen Winkeln in einer Subwelt »neben« unserer Welt, sollten dort nicht gestört und verärgert werden und sind im allgemeinen lichtscheu. Sie können hilfreiche Geister sein, die im Haus die »kleinen« Dinge erledigen, und wenn man ihnen mit Respekt begegnet, danken sie uns das mit Schutzzauber und Hütefunktionen. Andererseits neigen sie jedoch zu Schabernack oder Ärgerem, lassen uns stolpern, das Essen anbrennen oder das Bild von der Wand fallen, zerbrechen Gegenstände, erschrecken uns des Nachts, bekleckern unsere Kleidung und lassen sich somit für all die Pannen des Alltags verantwortlich machen.





### »Perry Rhodan«

Die Romanheftserie »Perry Rhodan« wurde 1961 im Münchener Moewig Verlag gestartet und von den deutschen Science-Fiction-Autoren Karl-Herbert Scheer (1928 - 1991) und dem unter dem Pseudonym Clark Darlton schreibenden Walter Ernsting (1920 - 2005) sowie dem Verlagslektor Kurt Bernhardt entwickelt. Seitdem ist wöchentlich ein Roman erschienen, der eine weit in die Zukunft der Menschheit hineinreichende fortlaufende Geschichte erzählt, die heute jenseits von Band 2.700 angesiedelt ist. Begleitet von parallelen Abenteuern im Taschenbuchformat, einer die Serienhandlung zusammenfassenden Hardcover-Ausgabe und seit 2011 einem Handlungsrelaunch im Taschenheft (»Perry Rhodan Neo«) ist sie längst die größte Science-Fiction-Serie der Welt geworden (wenn ihr Erfolg auch hauptsächlich auf Deutschland beschränkt ist) mit einer Gesamtauflage von einer Milliarde verkauften Exemplaren. Die Romane werden nach festen Exposévorgaben von wechselnden Autoren aus einem Team verfasst. Die Serie ist stark technologisch ausgerichtet, was sich auch in Detailbeschreibungen der erdachten Zukunftstechniken zeigt. In späteren Romanen wird von hochstehenden Alienzivilisationen auch gelegentlich Nanotechnologie eingesetzt.

## Die Kleine Welt

Gleichnishaft stehen diese Fabelwesen für unser Wissen, dass die Welt auch »im Kleinen« ihre wichtigen Abläufe besitzt: dass Vögel Käfer fressen und Silberfische Hausmilben vertilgen, dass Hummeln Blüten bestäuben und Schnecken sich von Pflanzenschädlingen ernähren und Eichhörnchen Nussamen für neue Bäume verteilen: dass also ohne Kleinstlebewesen unsere Welt nicht weiter existieren würde. Vor der Aufklärung wurden viele Funktionen der Natur über eine Geisterwelt erklärt - heute wissen wir, dass darin nichts Geisterhaftes steckt, sondern dass auch die Welt »unter uns« lebt und ihre vielfältigen Lebensformen nach eigenen Regeln ablaufen. Viele solcher märchenhaften Geschichten, die auch im modernen Gewand als Erzählungen für Kinder daherkommen können, sind somit symbolhaft zu verstehen: entweder für die tatsächliche »Kleine Welt« oder aber als Spiegelbild unserer Makrowelt, die sich aufgrund ihrer wachsenden Komplexität manchmal erst durch eine vereinfachte (verniedlichte) Darstellung verstehen lässt. Diese Miniaturwelten sind meist, wie dargestellt, voller hilfreicher Wesen; sie können aber auch Orte des Schreckens vermitteln - beide Wirkungen müssen wir auch im Auge behalten, wenn wir den Transfer von solchem Volksglauben in die moderne Physik vornehmen wollen.

Die Geschichten von einer »Kleinen Welt« mögen auch - psychologisch gedeutet - unser Trauma des Alleinseins ausdrücken: So wie wir mittels Himmelsbeobachtung nach Aliens suchen, so suchen wir auch auf der Erde nach anderen Intelligenzen. Vielleicht sind sie so klein, dass wir sie einfach nicht erkennen; deshalb faszinieren uns Beobachtungen von Ameisenstaaten und Bienenvölkern, in deren Struktur wir Intelligenz entdecken, und wir verfolgen Fischschwärme und Vogelzüge.

All die hier beschriebenen Miniaturwelten sind allerdings höchstens Mikrowelten und noch keine Nanowelten. Sie sind alle mittels lichtoptischer Geräte beobachtbar - schließlich muss ja eine Geschichte erzählt werden. Und natürlich sind solche phantastischen Miniaturscenarien auch von der modernen Science Fiction wie auch von der Fantasy übernommen worden.

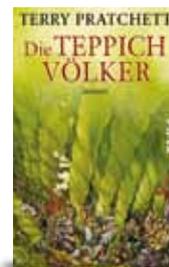
## Würden wir Aliens als intelligente Wesen erkennen, wenn sie lediglich klein wie Ameisen sind?

Im ersten Band einer Taschenbuchserie, die die seit 1960 laufende »Perry Rhodan«-Romanserie zu Anfang parallel begleitete, wird ein Abenteuer auf einem frisch entdeckten Planeten geschildert, wo sich zwei unterschiedlich dimensionierte Lebensbereiche von intelligenten Spezies überlappen: Die eine sind wir Menschen, die andere sind ameisenartige Aliens. Sie begegnen sich auf demselben Planeten, erkennen sich jedoch wechselseitig nicht, obwohl sie beide auf einer technologischen Zivilisationsstufe leben. In dem

Roman »Der Planet der Mock« hindert die Ignoranz der eigenen Größendimension beide Spezies daran, eine Kommunikation aufzubauen; sie reagieren lediglich auf »Störungen« mit Abwehr. Erzählt wird die Geschichte übrigens aus der Perspektive beider Spezies in stem Wechsel, um die Tragik des Nichterkennens besonders augenfällig auszudrücken. Ein Roman, der vor der menschlichen Hybris warnt, das eigene Denken zum Maß aller Dinge zu nehmen.

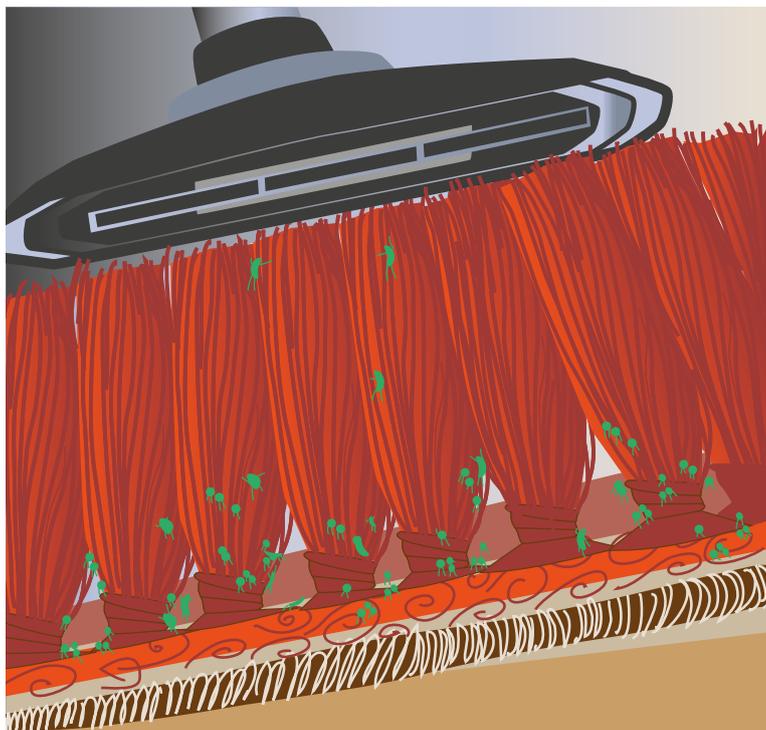
Und auch das Miniaturisierungsthema wird bei »Perry Rhodan« aufgegriffen. Innerhalb der Serie wird die von Menschen abstammende Rasse der Siganesen vorgestellt: Sie haben sich auf einem fernen Planeten angesiedelt und sind aufgrund der dortigen Umweltbedingungen binnen 500 Jahren auf eine durchschnittliche Körpergröße von 15 Zentimetern evolutionär geschrumpft.

Und noch ein dritter Roman über eine Mikrowelt sei genannt: Bevor er mit seinem »Scheibenwelt«-Universum weltberühmt wurde, stellte der englische Autor Terry Pratchett in seinem Erstlingsroman die »Teppichvölker« vor. Auf äußerst witzige Weise wird eine hochorganisierte Zivilisation von Mikrowesen beschrieben, die unerkannt, aber sehr lebendig zwischen den Floren unserer Hausteppiche existiert und die *unsere* Welt aus einer ganz anderen Perspektive wahrnimmt – der Teppichflor hat für diese Wesen Baumhöhe, und ihr existenzieller Feind ist der Staubsauger.



### Terry Pratchett

Der Engländer Terry Pratchett ist der große Satiriker unter den Autoren von Fantasy-Literatur. 1948 geboren, schreibt er seit 1983 an seiner »Scheibenwelt«-Serie, die er uns in mittlerweile 39 Romanen nahegebracht hat. Schauplatz ist ein scheibenförmiger Planet – symbolhaft für eine magische Welt vor der Aufklärung –, der von Zauberern und allerlei anderen Fabelwesen bewohnt ist, wobei der besondere Witz der Romane sich in offenen und versteckten Anspielungen auf zahlreiche Werke der Weltliteratur ausdrückt, deren Entschlüsselung für die Fans ein intellektuelles Spiel ist. Mit der »Nomen«-Trilogie (1989 - 1990) hat er neben den »Teppichvölkern« noch ein weiteres Werk über eine Spezies von Mikrowesen verfasst: diese Wesen wohnen in den Zwischenwänden eines Kaufhauses. Pratchett ist – nach der »Harry Potter«-Erfinderin Joanne K. Rowling – der zweiterfolgreichste Schriftsteller Englands.





### 3 Frühe Nanoszenarien: Den Anfang machte die Seifenblase

Erfindungsreiche Geschichten mit Objekten in Nanogröße sind eher ein Bestandteil der modernen Science Fiction. Doch auch bereits in einigen (wenigen) klassischen Texten des Genres lassen sich in Nanowelten angesiedelte Ideen auffinden.

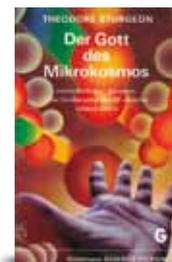
» Nanowelten sind in der frühen Science Fiction eher selten, auch im sogenannten *golden age* der 1940er und 1950er Jahre werden sie nur vereinzelt thematisiert. Der frühen Science Fiction ging es zunächst um handfeste Zukunftstechnik sowie um die Faszination ferner Sternenswelten. Dennoch lassen sich einige einschlägige Geschichten finden, die sogar bereits die besonderen Charakteristika von Nanoszenarien aufweisen.

Mit einem kleinen Rücksprung ins Jahr 1887 gelangen wir zum deutschen Schriftsteller und Gymnasiallehrer Kurd Laßwitz, der eine – zugegeben etwas märchenhaft anmutende – Geschichte auf der Oberfläche einer Seifenblase spielen lässt. Die Methode der Verkleinerung der menschlichen Besucher ist zwar nicht wissenschaftlich begründet, die Beschreibung der vorgefundenen Seifenblasenwelt zeigt sich allerdings erstaunlich fundiert. Der Verkleinerungsfaktor wird mit 1 : 100 Millionen benannt, also sind wir tatsächlich im Nanobereich angelangt. Durch eine in ähnlicher Größenordnung erfolgte Zeitverlangsamung werden wir auch auf die veränderte Physik der Nanowelt hingewiesen – eine mechanistische Physik natürlich, da die Geschichte lange vor Heisenberg verfasst wurde.

Die Erzählung selbst ist eher satirisch angelegt: Die Wesen der Seifenblasenwelt machen sich philosophische Gedanken darüber, ob ihr Planet inwendig hohl ist und ob sie selbst tatsächlich nur aus den Grundelementen Alkali, Glycerin, Fett und Wasser bestehen. Interessant ist allerdings der vorsichtige Ansatz des Autors, dass Messungen und Beobachtungen nicht absolut sind, sondern vom Beobachter abhängen. Laßwitz will damit zwar nur die (auch ihm bewusste) Unmöglichkeit der Verkleinerung retten, weist aber zufällig bereits auf die Heisenberg'sche Unschärfe voraus. Und auch der eingeführte Zeitfaktor ist frappierend: In gleichem Maße, wie sich die Größenverhältnisse ändern, ändert sich die ›Geschwindigkeit‹ der Zeit. Während in unserer Welt nur der Bruchteil einer Sekunde vergeht, erleben die menschlichen Protagonisten in der Seifenblasenwelt einen Zeitablauf von zwei Jahren. Die scheinbare Nanodimension unserer Welt entpuppt sich damit als ein eigenes Subuniversum.

### Der Erfinder als Gott

1941 hat der amerikanische Science-Fiction-Autor Theodore Sturgeon, der Philosoph unter den damaligen Genreautoren, einen *mad scientist* erdacht, der als Eremit auf einer Insel vor der Küste Neuenglands lebt und dort eine Spezies von Miniaturlebewesen erschafft. Sein Protagonist nimmt eine Zweitschöpfung in der Retorte vor, indem er mittels strenger und gezielter Auslese eine Kette von Lebewesen züchtet, beginnend bei Einzellern und endend bei einer hochentwickelten Population von Intelligenzen. Die darwinistische Evolution wird von ihm radikal verkürzt, indem er den Zufall durch Planung ersetzt, und die erzeugten Wesen bleiben im Miniaturmaß, von ihm beobachtet durch ein Mikroskopsystem, und im Lebensraum beschränkt auf einen hermetisch abgeschlossenen Bunker.

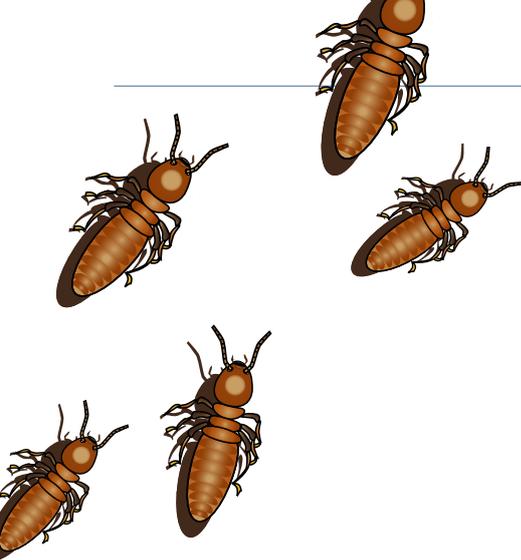


### Kurd Laßwitz

Der 1848 in Breslau geborene und 1910 in Gotha gestorbene Kurd Laßwitz wird als der erste deutsche Science-Fiction-Autor angesehen. Der promovierte Gymnasialprofessor für die Fächer Mathematik und Physik hat neben einer Reihe von »technischen Märchen« als zentrales Werk seinen Roman »Auf zwei Planeten« (1897) hinterlassen, der einen Flug zum Mars und eine Begegnung mit einem Volk von humanoiden Marsianern beschreibt. Die Marsianer verfügen auf ihrem Planeten nicht nur über eine höhere Technik, die in einigen Details beschrieben wird, sondern zeichnen sich auch durch ein friedliches Zusammenleben (in unterschiedlichen Staatsformen!) aus. Laßwitz' Werk, das mehrere Raketenantriebe und eine Weltraumstation vorstellt, hat eine Reihe von deutschen Raketentechnikern beeinflusst.

### Theodore Sturgeon

Der amerikanische Science-Fiction-Schriftsteller Theodore Sturgeon (1918 - 1985) stellte bereits in der 1940er und 1950er Jahren, zu einer Zeit also, als die Science Fiction noch stark technisch ausgerichtet war, allein den Menschen in den Mittelpunkt seiner Geschichten und erzählte davon, wie er ungewöhnliche Situationen meistert. Dabei zeigte Sturgeon starkes Einfühlungsvermögen und präsentierte intensive, fast elegische Texte. Er ist ein Meister der poetischen Kurzgeschichte gewesen, von denen er über 200 voller ungewöhnlicher Ideen verfasst hat. Von seinen weniger bekannten Romanen ist »More than human« (1953) über das gemeinsame Agieren einer Gruppe von sechs behinderten und gleichzeitig besonders begabten Kindern tief beeindruckend.



Für diese Wesen, die er »Neoteriks« tauft, ist er Gott - deshalb heißt die Geschichte auch »Microcosmic God« / »Der Gott des Mikrokosmos«. Er präsentiert sich jedoch als fordernder Gott: Um zu überleben, müssen die Wesen ihm beständig neue Technologien liefern. Und er ist ein strafender Gott: Wenn seine Wesen einmal ungefragt einen eigenen Lebensweg gehen, dezimiert er ungerührt ihre Population um die Hälfte.

Somit wird hier bereits eine wichtige Funktion der Nanotechnologie vorausgedacht: Der einzige Daseinszweck von Nanoteilchen (selbst von intelligenten Nanoschöpfungen) ist, dass sie für uns bestimmte Aufgaben erfüllen. Und auch der philosophische Hintergrund von Nanowelten ist in der Geschichte bereits thematisiert: Sollten tatsächlich einmal Nanoteilchen irgendeine Form von Leben und Intelligenz und Bewusstsein erlangen, dann müssen wir, die wir sie erschaffen haben, ihnen wie Götter vorkommen. Ein »Wehe wenn sie losgelassen« bereitet die Geschichte allerdings nicht vor - möglicherweise liegt das daran, dass zu Sturgeons Zeit Technik noch durchgehend positiv besetzt war.

### Die Fabrik für Lebewesen

Der britische Science-Fiction-Autor Eric Frank Russell erzählt in seiner Story »Hobbyist« / »Zeitvertreib« von einem übermächtigen Alien, das auf einem fernen, einsamen Planeten eine Art Fabrik zur Konstruktion von Lebewesen errichtet hat, deren Konstruktionspläne es in einer gigantischen Kartei gesammelt hat. Der bereits 1947 entstandene Text liest sich in einer Passage verblüffend wie die Beschreibung eines Nanoassemblers:



#### Eric Frank Russell

Der britische Science-Fiction-Autor Eric Frank Russell (1905 - 1978) hat fast nur Kurzgeschichten geschrieben, die oftmals satirischer Natur waren. Sein wichtigstes Werk war der Episodenroman »The Great Explosion« (1962), in dem er einige alternative Gesellschaftssysteme vorstellte.

■ Er [...] sah sich plötzlich einer Maschine gegenüber. Sie war kompliziert und bizarr - und gerade damit beschäftigt, ein kristallines Gewächs herzustellen. In der Nähe stellte eine andere Maschine eine kleine gehörnte Echse her. Es konnte keinen Zweifel an dem Herstellungsprozeß geben, denn beide Gegenstände waren nur zur Hälfte fertig und nahmen allmählich Form an, während er zuschaute. [...]

[...] Endlose Maschinen, alle stellten unterschiedliche Dinge her. Pflanzen, Insekten, Vögel und Pilze. Das wurde von Elektropoden vollbracht, die Atom um Atom zusammenfügten wie die Steine eines Hauses. Es war keine Synthese, denn die bestand nur aus einer Montage. Wogegen dieses hier Montage plus Wachstum war, in Erwidung unbekannter Gesetze. Jede dieser Maschinen, soviel wußte er, enthielt einen Code oder einen Schlüssel oder ein Programm, eine unheimliche Meisterkontrolle von unvorstellbarer Komplexität, die das Muster speicherte, welches die Maschine reproduzierte - und die Muster waren völlig verschieden.

Hier und da standen vereinzelte Geräte leblos umher, ihre Aufgabe war erfüllt. Gelegentlich sah man auch andere Maschinenteile, entweder zur Reparatur bereitgelegt oder zu einem Umbau. Er blieb bei einer Maschine stehen, die ihre Aufgabe erfüllt hatte. Sie hatte einen zerbrechlich geformten Falter hergestellt, der bewegungslos wie eine diamantene Statue in der Fertigungsmaschine stand. Soweit er das beurteilen konnte, war das Geschöpf perfekt, alles, was ihm fehlte war ... war -

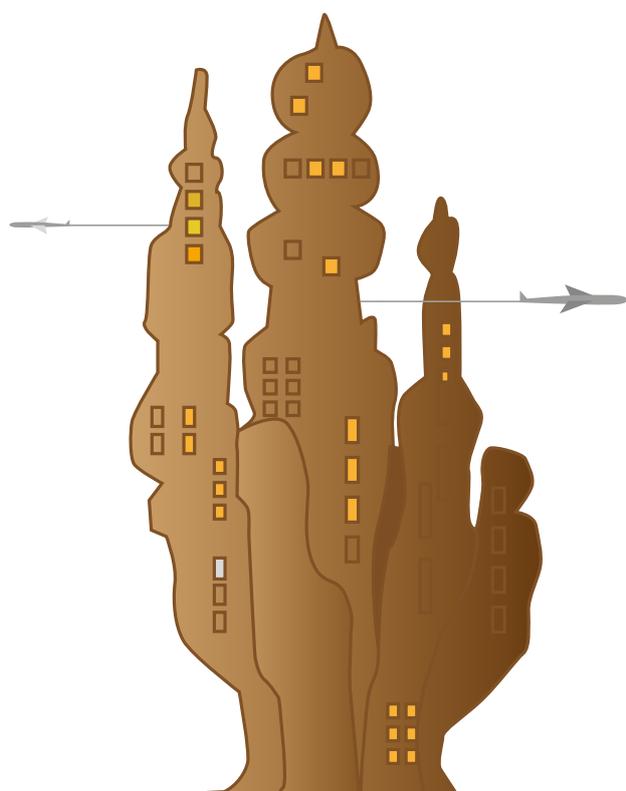
[...] Alles, was diesem Falter noch fehlte, war der Atem des Lebens! (Russell: Zeitvertreib, Seite 174 f.)

## Termiten mit Schwarmintelligenz

In der Tradition von abenteuerlichen (und nicht immer wahren) Geschichten, die sich Männer gegenseitig an Kneipentheken erzählen, hat der britische Science-Fiction-Autor Arthur C. Clarke seine Sammlung der »Geschichten aus dem Weißen Hirschen« zusammengestellt. Eine darunter handelt von einem Wissenschaftler – wieder vom Typ *mad scientist* –, der auf einer einsamen Insel mit einer Termitenpopulation kommuniziert und mithilfe eines Mikromanipulators kleine Gerätschaften für die Termiten baut. Der Titel »The Next Tenants« / »Die nächsten Mieter« dieser aus dem Jahre 1957 stammenden Geschichte weist darauf hin, dass die dem Menschen folgenden Hauptbewohner und Beherrscher des Planeten Erde möglicherweise die Termiten sein werden. Obwohl die Handlung noch nicht in einer Nanowelt spielt, spricht sie doch bereits zwei Themen an, die für spätere Nanostories typisch sind: Einmal den Manipulator, eine Maschine aus unserer Makrowelt, die als verkleinerte Ebenbilder Objekte der Mikrowelt zu bauen vermag – wobei allerdings der iterative Gedanke noch fehlt: dass die verkleinerte Maschine wieder eine Verkleinerung von sich baut und immer so weiter. Zum anderen wird das Sujet der Schwarmintelligenz behandelt: in der genialen Zusammenarbeit ist ein Termitenschwarm eine Wesenheit, die hohe Intelligenzleistungen erbringt.

## Die Technik macht sich selbstständig

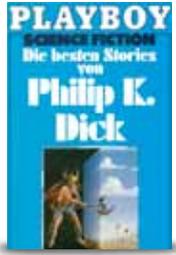
Vor den Konsequenzen einer außer Kontrolle geratenen Technologie warnt der Amerikaner Philip K. Dick in seiner Erzählung »Second Variety« / »Die zweite Variante« aus dem Jahr 1953. Es ist eine typische Dick-Geschichte, die seine Paranoia widerspiegelt, der der Autor Zeit seines Lebens verfallen war. Als letzte Waffe in einem Dritten Weltkrieg, den die Amerikaner bereits gegen Russland verloren haben, werden winzige selbsttätige Roboter eingesetzt, »Klauen« getauft, die wie aggressive Käfer mit rasiermesserscharfen Schneide- und Beißwerkzeugen und völlig autark agierend Menschen angreifen, töten und anschließend in kleine Stücke zerteilen. Sie werden nicht nur in einer mittlerweile



### Arthur C. Clarke

Der Brite Arthur C. Clarke (1917 - 2008) gehört zu den klassischen Science-Fiction-Autoren und den *big names* des Genres, in dessen Werk zahlreiche faszinierende und technisch fundierte Zukunftsvisionen beschrieben sind. Er gilt nicht nur durch seinen Essay »Extra-terrestrial Relays« (1945) als Erfinder des geostationären Nachrichtensatelliten, sondern auch in späteren Werken finden sich zahlreichen Ideen zur Kommunikationstechnik und Raketentechnik des nahen Weltraums. Bekannt wurde er durch den Film »2001 – Odyssee im Weltraum« (1968), für den er mit seiner Kurzgeschichte »The Sentinel« (1951) die Idee lieferte und den Stanley Kubrick spektakulär verfilmte. Clarke hat in London Mathematik und Physik studiert und lebte seit 1956 bis zu seinem Tod auf Ceylon, wo er auch Meeresforschung betrieb.

Im Jahre 1979 beschrieb Clarke in seinem Roman »The Fountains of Paradise« / »Fahrstuhl zu den Sternen« sehr detailliert die kühne Konstruktion eines Spacelifts: Verankert in einem gigantischen Turm auf der Erde soll zu einem geostationären Satelliten ein Seil oder Band hinaufführen, an dem entlang eine Kabine aufsteigen soll. Diese Technik wurde zunächst als nicht in die Realität umsetzbar abgetan, da jede hinreichend reißfeste Stahltrosse bereits bei wenigen Kilometern Länge unter ihrem eigenen Gewicht zusammenbrechen müsste – bis zu einem stabilen Orbit sind immerhin fast 36.000 km zu überbrücken. Erst in jüngster Zeit wird mittels Nanotechnik über eine Realisierung nachgedacht, indem man das Band aus Kohlenstoffnanoröhren konstruiert.



### Philip K. Dick

Der amerikanische Science-Fiction-Autor Philip K. Dick (1928 - 1982) hat nicht nur zahlreiche Romane und Kurzgeschichten über Realitätsverlust, Verfolgung und staatliche Überwachung verfasst – die wie z.B. »Blade Runner«, »Total Recall«, »Paycheck« und »Minority Report« erst spät nach seinem Tod in großer Zahl verfilmt wurden –, sondern litt auch selbst an einer Paranoia, die ihn glauben machte, von amerikanischen Behörden ständig überwacht und ausspioniert zu werden. Besonders deutlich wird das in seinem Parallelweltroman »Flow My Tears, the Policeman Said« / »Eine andere Welt« (1974) dargestellt. Sein wichtigstes Werk ist seine Parahistorie »The Man in the High Castle« / »Das Orakel vom Berge« (1962) über ein anderes Amerika, das vom Dritten Reich beherrscht wird.

### Hal Clement

Der Amerikaner Harry Clement Stubbs (1922 - 2003) war rund 30 Jahre lang Pilot und Ausbilder in der US-Luftwaffe, parallel und danach unterrichtete er Chemie und Astronomie. Er schrieb unter dem Schriftstellernamen Hal Clement stark technisch-wissenschaftlich ausgerichtete Science Fiction und stellte dabei zahlreiche phantasievolle Alien-Intelligenzen vor, die er meist unaggressiv und Menschen gegenüber kommunikativ zeichnete.

vollautomatisch arbeitenden Fabrik ständig nachproduziert, sondern sie optimieren sich auch selbsttätig. Mit hinreichender Intelligenz ausgestattet, verändern sie ihr Aussehen und ihre Werkzeuge, um ihren Tötungsauftrag immer perfekter ausüben zu können. Schließlich imitieren sie sogar Menschen, bauen aus vielen kleinen Elementen menschenähnliche Roboter zusammen, um dichter an die letzten echten Menschen heranzukommen - um in ihre letzten Bunker eingelassen zu werden. Durch ihre rasante Reproduktionsrate und ihre gezielt eingesetzte Mimikry sind sie schließlich der Spezies Mensch überlegen.

Diese Story nimmt jene späteren Nanogeschichten vorweg, in denen es um existenzielle Gefahren durch schwarmintelligente autarke Produkte geht: Nanowesen entwickeln sich binnen extrem kurzer Zeitabstände evolutionär weiter und übernehmen ungerührt und unaufhaltsam die Herrschaft über den Planeten.

Zwei Jahre später befasst sich Dick in seiner Story »Autofac« noch einmal mit einer autarken Maschinenzivilisation. Ursprünglich zur Versorgung von Menschen gebaute Fabriken haben sich in ihrer Aufgabe verselbständigt und lassen sich von Menschen in ihrer Massenproduktion nicht mehr aufhalten. Als die Menschen trickreich versuchen, mehrere Fabriken gegeneinander auszuspielen, gelingt das zunächst. Doch eine dieser Fabriken hat einen Weg gefunden, als einzige und beste zu *überleben*: Sie miniaturisiert ihre Produktion und verpackt sie in mechanische Sporen, die sie in großer Zahl aussendet. Sobald diese Sporen aufplatzen, beginnen sie am neuen Standort winzige Fabriken aufzubauen, die identische, aber stark verkleinerte Abbilder der ehemaligen großen Fabrik sind.

Wie breit angelegt die Phantasie des Science-Fiction-Genres sein kann, mag jene Idee demonstrieren, die dem Roman »Needle« / »Die Nadelsuche« von Hal Clement zugrundeliegt. Darin wird ein intelligentes Alienwesen beschrieben, das seine lediglich zwei Kilogramm schwere Körperlichkeit bis auf die Nanoebene hinab beliebig verformen kann. Es lebt auf seinem Heimatplaneten gewöhnlich in Symbiose mit nichtintelligenten Tieren, dringt nun aber, da es auf die Erde verschlagen wurde, in den Körper eines jungen Menschen ein, indem seine Zellen zwischen den Zellen des Wirtkörpers einsickern und sich gezielt auf dessen innere Organe setzen, um einerseits Nahrung aufnehmen zu können, andererseits aber auch die äußere Umwelt wahrnehmen zu können. Nach einiger Eingewöhnungszeit nimmt es auch gedanklichen Kontakt mit seinem Wirt auf. Auch wenn hier nirgendwo ein Nanobegriff fällt, findet eine Interaktion der beiden Intelligenzen auf Nanoebene statt, und das Alienwesen führt all seine Handlungen zunächst in Nanodimensionen aus.

# Welche Schätze birgt die Science-Fiction-Literatur?

» Die Science Fiction ist ein Literaturgenre, das einen wissenschaftlich fundierten Blick in eine Zukunft unseres Planeten und unserer menschlichen Zivilisation oder aber in ein Szenario auf einem anderen Planeten mit einer anderen Spezies bietet. Zumeist geschrieben von Autoren mit naturwissenschaftlichem Hintergrund, gibt die Science Fiction nicht vor, die Zukunft voraussehen oder vorhersagen zu wollen. Science Fiction ist ein intellektuelles Spiel mit Möglichkeiten, eine Übertragung vorhandener Technologien auf eine andere Welt mit anderen Umweltbedingungen oder eine Fortschreibung einer bereits angelaufenen Entwicklung in die Zukunft. Der Science-Fiction-Autor fragt: was könnte geschehen, wenn... - und er beansprucht nicht die Deutungshoheit über die geschilderte Extrapolation, sondern er stellt sie zur Diskussion. Das geschilderte Szenario *könnte* so eintreten, aber es könnte auch ganz anders kommen, und manche Darstellung wird absichtlich zu einem *worst case* vorausgedacht, um gerade vor dem tatsächlichen Eintreffen einer solchen Entwicklung zu warnen - mit der beabsichtigten Folge, dass diese Entwicklung dann nicht eintrifft.

In der Science Fiction sind die Naturwissenschaften und die Phantasie kein feindliches Paar, sondern beide Disziplinen sind in ihr vereint, da sie lediglich andere Sichtweisen unserer aller Welterfahrung darstellen und gerade durch ihre Verbindung zu Novitäten gelangen.

Science Fiction wird etwa seit den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts geschrieben, Namen wie Jules Verne, Herbert George Wells und Kurd Laßwitz stehen für den Beginn des Genres. Man sprach zunächst von »Zukunftsromanen«; erfolgreichster Autor von solcherart technisch-belletristischen Visionen im Deutschland der Zwischenkriegszeit war Hans Dominik. Der Begriff »Science Fiction« für diese in die Zukunft blickende Literatur wurde erst 1929 geprägt von dem Luxemburger Erfinder, Schriftsteller und Herausgeber Hugo Gernsback. Ihren ersten Höhepunkt mit der Entwicklung der wichtigsten Sujets hatte die Science Fiction in der 1940er und 1950er Jahren mit Autoren wie Isaac Asimov, Robert A. Heinlein, Arthur C. Clarke, A.E. Van Vogt, Poul Anderson und Ray Bradbury.

Seitdem ist sie ein konstant erfolgreiches Literaturgenre, das auch im Film (»Star Wars« / »Krieg der Sterne«, »E.T.«, »2001 - Odyssee im Weltraum«, »Terminator«, »Matrix«) und im Fernsehen (»Star Trek«) sich erfolgreich etablieren konnte. In den 1960ern spaltete sich von der Science Fiction das ebenso beliebte Fantasy-Genre ab, in dem Welten magisch erklärt werden, während die Science Fiction ihrem wissenschaftlichen Fundament treu geblieben ist.

Vieles, von dem die Science Fiction erstmalig erzählt hat, ist später auch in der Realität technologischer Standard geworden: das Internet, das Mobiltelefon, die Atombombe, der Roboter, das Cloning sind nicht nur in ihrer Technik, sondern vor allem in ihrer Konsequenz auf unsere Gesellschaft zuvor vielfältig und intensiv in der Science Fiction beschrieben worden. Diese spekulative Literatur birgt wei-

## Jules Verne

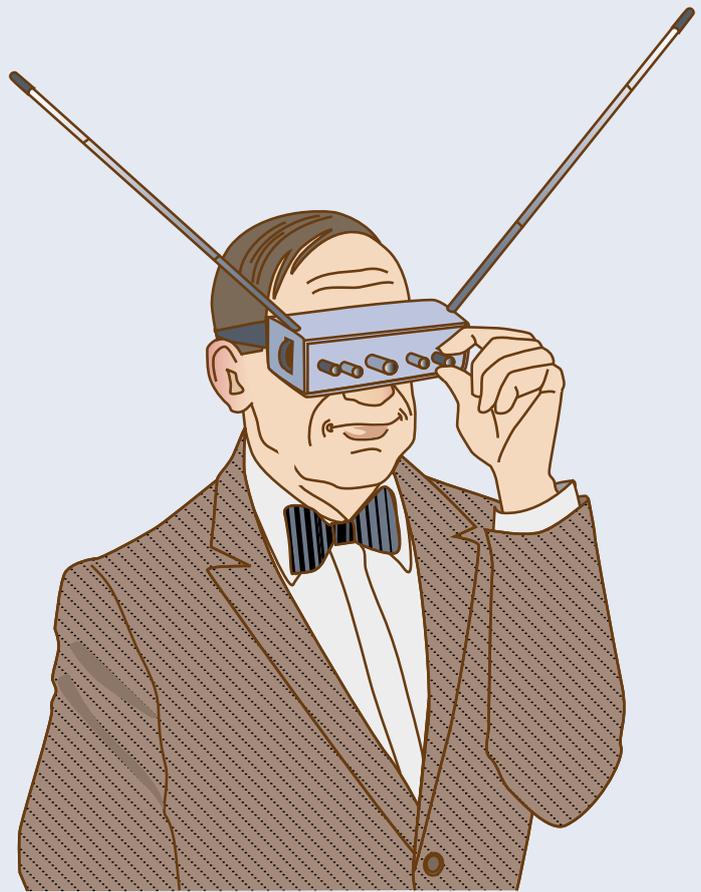
Obwohl der französische Erfolgsschriftsteller Jules Verne (1828 - 1905) eher ein Verfasser von Abenteuerromanen war, wird er doch von einer breiten Lesegemeinde als der Vater der Science Fiction angesehen. Dabei hat er weniger in die Zukunft geschaut, als die damals bereits vorhandene (aber öffentlich wenig bekannte) Technik beschrieben und in großem Stil eingesetzt, aber so engagiert und detailliert, dass das Publikum sich für seine technologischen Visionen begeisterte. Auch war sein Einfluss auf spätere Wissenschaftler enorm: sowohl der amerikanische U-Boot-Pionier Simon Lake als auch der Hubschrauber-Entwickler Igor Sikorsky geben an, dass die Lektüre seiner Romane ihre Arbeit beflügelt hat. Fast alle seiner Romane spielen in seiner Zeit, einzig sein posthum veröffentlichter Roman »Paris au XXème siècle« (verfasst 1863, veröffentlicht 1994) schildert das Szenario einer futuristischen Stadt hundert Jahre voraus. Die bekanntesten seiner über 60 Romane sind »Voyage au centre de la terre« (1884), »De la terre à la lune« (1865), »Vingt mille lieues sous les mers« (1869/1870), »Le tour du monde en quatre-vingt jours« (1873), »Michel Strogoff« (1876) und »Robur-le-conquérant« (1886).

## Herbert George Wells

Der äußerst produktive britische Schriftsteller Herbert George Wells (1866 - 1946) hat mit den Romanen »Time Machine« (1895) über eine Reise in die Zukunft und »The War of the Worlds« (1898) über einen Überfall der Erde durch Marsianer zwei Grundwerke der Science-Fiction-Literatur verfasst. Er studierte zunächst Naturwissenschaften und war zeitweilig Lehrer, seit den 1890er Jahren lebte er als freier Schriftsteller. Er schrieb neben naturwissenschaftlichen Zukunftsvisionen wie »The Island of Dr. Moreau« (1896) zahlreiche meist politische Werke, und auch seine späteren Romane wie »The New Machiavelli« (1911) zählen eher zu den Sozialutopien. In »The World Set Free« (1914) sagte er die Atombombe voraus.

### Hugo Gernsback

Der 1884 in Luxemburg geborene und 1967 in New York gestorbene Radiobastler Hugo Gernsbacher wanderte 1904 in die USA aus, vereinfachte seinen Namen in Hugo Gernsback und begründete und verlegte eine Reihe von populären technischen Zeitschriften. In diesen Zeitschriften beschrieb er nicht nur zahlreiche – teilweise auch skurrile – Erfindungen, sondern nahm zusätzlich technische Zukunftserzählungen auf, die er erst »Scientifiction« und seit 1929 »Science Fiction« taufte. Damit gab er dem jungen Genre seinen Namen. Seit 1953 wird ihm zu Ehren alljährlich der Science-Fiction-Literaturpreis »Hugo Gernsback Award«, verkürzt »Hugo« genannt, verliehen. Gernsback hat lediglich einen Science-Fiction-Roman über die technischen Annehmlichkeiten einer Zukunftswelt geschrieben: »Ralph 124C 41+« (1911/1912).



nach einer Fotografie von Hugo Gernsback mit seinen »TV Glasses«, die 1963 als Cover des LIFE Magazine veröffentlicht wurde

### Hans Dominik

Der 1872 in Zwickau geborene und 1945 in Berlin gestorbene Schriftsteller Hans Dominik schrieb über 50 stark technisch ausgerichtete Realromane und Zukunftsromane, die den Erfindungsreichtum des deutschen Ingenieurs propagierten. Dominik war Maschinenbauingenieur und Elektroingenieur, arbeitete zunächst bei Siemens & Halske, wurde dort Leiter des Literaturbüros, später war er auch Wissenschaftsjournalist und Sachbuchautor mit etwa 20 populären Sachbüchern und vermutlich mehreren tausend Essays. Er wirkte an einigen Patenten mit (Morseschreiber, Diktiergeräte, Radioempfänger), auch an der Entwicklung einer Einschienenbahn, war außerdem für Siemens an der Elektrifizierung Irlands beteiligt. Seine Romane beschrieben meist irdische Großprojekte, die von Nationen oder Industriekonzernen ehrgeizig vorangetrieben wurden, und gelangten damals rasch zu Bestsellerrang; seine Themen waren Strahlenwaffen, Atomenergie, synthetischer Kautschuk, Raketenantriebe, Massenhypnose, Unsichtbarkeit, ein neuer Panamakanal, aber auch eine erste Begegnung mit einer nichtmenschlichen Zivilisation.

terhin einen gewaltigen Ideenschatz an technischen Innovationen und Umwelt-, Lebens- und Arbeitsszenarien, die bereits heute oder binnen weniger Jahre realisierbar wären. Nicht immer sind diese Ideen sofort als solche zu erkennen, sondern sie müssen erst entkleidet werden; und nur selten lassen sie sich genau so wie beschrieben umsetzen, sondern sie müssen oftmals in eine andere Disziplin transponiert werden.

Als europaweit einzige Institution vermag die Phantastische Bibliothek Wetzlar aufgrund ihres einmaligen und weitgehend vollständigen Bestands an Science-Fiction-Literatur sowie artverwandter spekulativer Literatur diese Informationen zu extrahieren und sowohl systematisiert als auch szenarisch darzustellen. Dazu hat sie ihr Forschungsprojekt »Future Life« entwickelt, in dem nur die tatsächlich umsetzbaren Technologien erfasst und zur praktischen Auswertung angeboten werden. Die einzelnen Arbeitsbereiche sind Medizintechnik, Humangenetik, alternative (nicht-terrestrische) Biologien, terrestrische Verkehrstechnik, Raumflüge, Besiedlung benachbarter Himmelskörper, Nanotechnologie, Materialtechnik, Robotik und Künstliche Intelligenz, Holografie, Virtuelle Realität, Gesellschaftssysteme, Arbeitsorganisation, Freizeit und Alltagsleben, Kommunikation, Energietechnik, Ökologie und Umwelt sowie einige kleinere Themen. Der zeitliche Horizont geht über etwa 30, maximal 50 Jahre in die Zukunft. Physikalisch eher zweifelhafte Vorgänge wie das »Beamen«, die Zeitreise sowie Bewegungen mit Überlichtgeschwindigkeit werden dabei nicht betrachtet.



## Leó Szilárd

Der ungarisch-deutsch-amerikanische Kernphysiker Leó Szilárd ist bei einer zentralen physikalischen Entdeckung von einem Science-Fiction-Roman beeinflusst worden.

1898 in Budapest geboren, hat Leó Szilárd dort sein Studium begonnen, musste aber dann in der österreichisch-ungarischen Armee in den Ersten Weltkrieg ziehen. Da er nach Kriegsende in Ungarn als Jude beim Studium Beschränkungen unterlag, ging er nach Berlin, wo er u.a. bei Albert Einstein Physik studierte und bei ihm auch promovierte. Danach lehrte und forschte er in Berlin als Kernphysiker, emigrierte jedoch 1933 aufgrund der Machtergreifung der Nationalsozialisten nach England.

Dort las er den bereits 1914 erschienenen Roman »The World Set Free« von Herbert George Wells, in dem eine atomare Kettenreaktion beschrieben wird, die sowohl friedlich als auch militärisch genutzt werden kann. Szilárd ließ sich davon zu einer wissenschaftlichen Arbeit inspirieren, in der er 1934 die sogenannte Kritische Masse berechnete, ab der die Kettenreaktion beim Atomzerfall in Gang kommt.

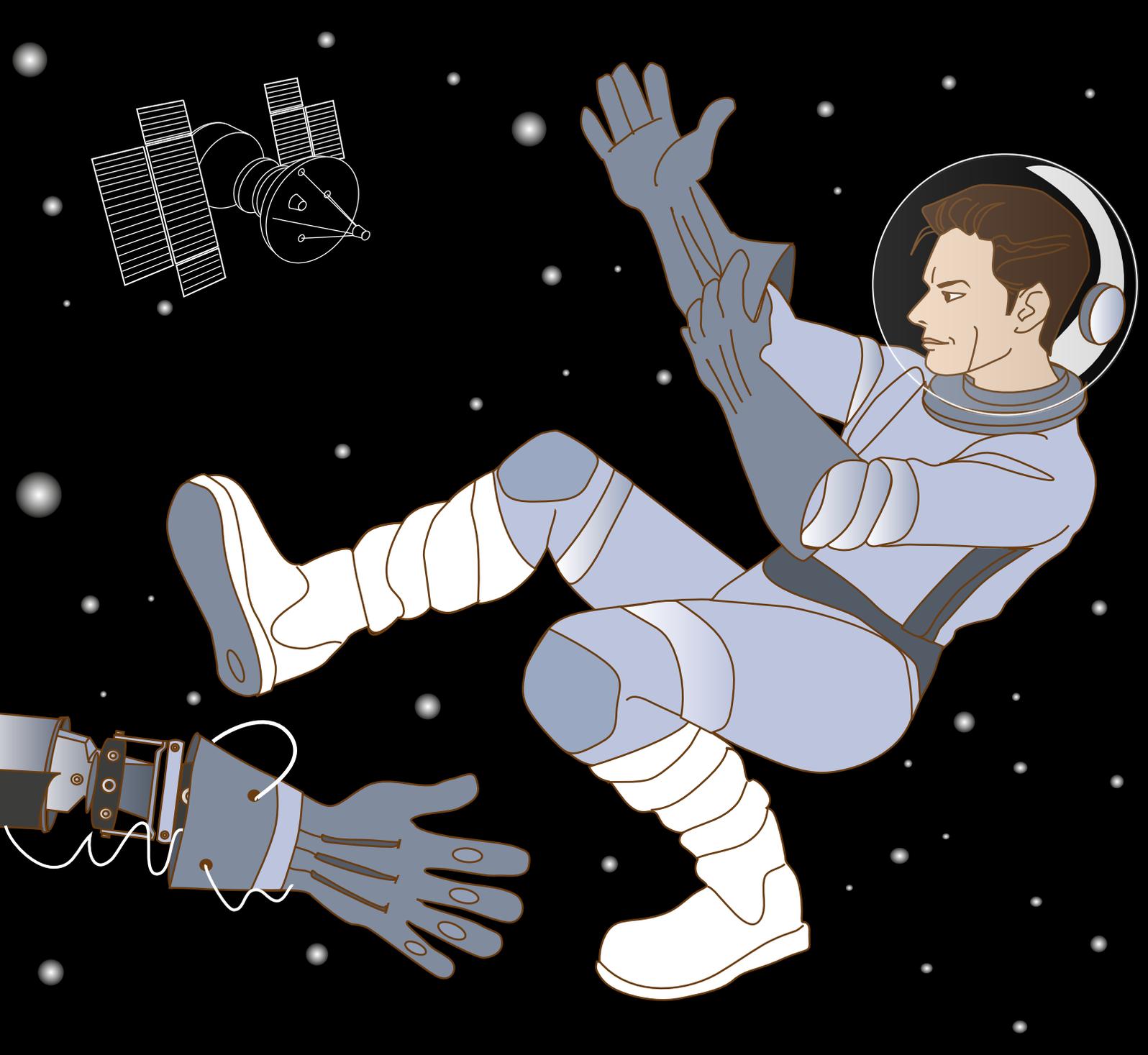
1938 emigrierte er in die USA, weil er Europa am Abgrund des Krieges sah. Im Folgejahr führte er seine ersten Kernspaltungsexperimente durch. Da er wusste, dass auch seine in Deutschland verbliebenen Kollegen – vor allem Otto Hahn und Carl Friedrich von Weizsäcker – an der Kernspaltung arbeiteten, und er fürchtete, dass sie für den NS-Staat die Atombombe bauen könnten, formulierte er für Albert Einstein, der mittlerweile auch in die USA geflohen war, einen eindringlichen Brief an den damaligen amerikanischen Präsidenten Theodore Roosevelt, ein Programm zur Entwicklung der Bombe aufzulegen. Einstein schickte diesen Brief ab, und Roosevelt rief das geheime »Manhattan Project« ins Leben. Zwar war Szilárd selber nicht unmittelbar am Bau der Atombombe beteiligt, aber er konstruierte 1942 zusammen mit Enrico Fermi den ersten Kernreaktor, um aufzuzeigen, wie Kernspaltung friedlich nutzbar ist.

Während Deutschland am 8. Mai 1945 kapitulierte, wurde am 16. Juli 1945 in der Wüste von New Mexico der erste Atombombentest durchgeführt. Ein Einsatz der Bombe in Deutschland stand nun glücklicherweise nicht mehr auf dem Programm – als mögliches Ziel war der Raum Ludwigshafen/Mannheim ins Auge gefasst worden.

Nachdem man in New Mexico die gewaltige Zerstörungskraft der Bombe erlebt hatte, versuchten Szilárd und einige weitere Wissenschaftler erneut Einstein zu einem Brief an den neuen amerikanischen Präsidenten Harry S. Truman zu bewegen – diesmal um die Bombe *nicht* einzusetzen. Diese Initiative gelang jedoch nicht mehr, und Truman befahl den Abwurf auf Hiroshima und Nagasaki.

Entsetzt von den Folgen seiner eigenen wissenschaftlichen Arbeit zog sich Szilárd nun komplett aus der Kernforschung zurück. Allerdings blieb er dem Thema verbunden als Warner vor einem Atomkrieg. Er unterstützte zahlreiche Friedensaktivitäten und publizierte über die Frage der moralischen Verantwortung eines Wissenschaftlers. Und schließlich schrieb er eine Handvoll Science-Fiction-Stories, die den Atomkrieg thematisierten und auf skurrile Weise dessen schreckliche Konsequenzen darstellten. Szilárd verarbeitete auch sein Trauma, an der Entwicklung der Bombe Mitschuld zu tragen, indem er in einer Story auch sich selbst als Kriegsverbrecher anklagte – was wohl tatsächlich geschehen wäre, falls die USA den Zweiten Weltkrieg verloren hätten.

Leó Szilárd ist 1964 in Kalifornien gestorben.



## 4 Der Assembler oder der Telemanipulator: Wie baue ich eigentlich ein Nanoobjekt?

Während der Physiker Richard Feynman über eine Maschine spekuliert, mit der man mittels vieler Verkleinerungsschritte zur Konstruktion von Nanoobjekten gelangt, präsentieren einige Science-Fiction-Autoren in ihren Romanen andere, aber ähnliche kühne Vorrichtungen für Manipulationen auf der Ebene von Molekülen.

» Wie können wir nun Objekte und Vorgänge in Nanodimensionen betrachten und erkunden? Wie können wir sie manipulieren? Und: wie können wir Nanoobjekte bauen? Wie kann es uns gelingen, Atome *anzufassen* und auf ganz bestimmte Weise zu gruppieren oder gar zu platzieren?

Die Frage lautet also, wie wir nicht nur mit unseren Gedanken, sondern auch mit unseren Augen und Händen in eine Nanowelt gelangen können. Eine halbe Antwort (und auch die noch etwas versteckt) auf diese Frage lieferte uns der erfindungsreiche amerikanische Science-Fiction-Autor Robert A. Heinlein bereits im Jahre 1942 in einer längeren Erzählung.

Seine literarische Figur Waldo F. Jones leidet an *myasthenia gravis*, einer angeborenen und unheilbaren Muskelschwäche. Da es ihm jedoch weder an Geld noch an Genie fehlt, hat er sich einen die Erde umkreisenden Satelliten bauen lassen, in dessen schwerelosem Innern er weitgehend beschwerdefrei lebt. Um bei der Fertigung seiner zahlreichen Erfindungen auch selbst Hand anlegen zu können, hat er außerdem einen Telemannipulator konstruiert, der aus vier handschuhartigen und zwei als Hände geformten Teilen besteht:

■ **In der Nähe des Mannes, an einem Arbeitsstand befestigt, waren zwei mechanische Hände mit Fingern, die den menschlichen nachgebildet waren [...]. Sie waren gleichgeschaltet mit zwei weiteren, die Waldo vor sich hatte. Ein dritter Satz, der ebenfalls von Waldos Paar gesteuert wurde, war in Arbeitshöhe an die Schleifmaschine montiert.**

[...]

Jenkins steckte seine Hände und Unterarme in die mechanischen Handschuhe und wartete. Waldo steckte seine Hände in das Primärpaar vor ihm; alle drei Paare einschließlich des Sekundärpaars an der Maschine erwachten zum Leben. Jenkins biß sich nervös auf die Lippen, als er voll Unbehagen fühlte, wie seine Finger von den Handschuhen manipuliert wurden.

Waldo krümmte und streckte seine Finger langsam zwei- oder dreimal. Die Duplikate [...] bewegten sich in gleichzeitiger Parallele. [...] Die ferngesteuerten Hände an der Schleifmaschine langten hinauf, schalteten die Maschine ein und begannen mit sanften, anmutigen Bewegungen die Bearbeitung des Gußstückes zu steuern.

[...]

»Rhythmus, Alec, Rhythmus. Keine ruckartigen und keine unnötigen Bewegungen. Lassen Sie sich die Hände von mir führen und versuchen Sie in Gleichklang mit mir zu kommen.«

(Heinlein: Waldo, Seite 20 f.)

### Robert A. Heinlein

Zu den produktivsten und erfindungsreichsten Science-Fiction-Autoren gehörte der Amerikaner Robert A. Heinlein (1907 - 1988). Er hat sowohl über seine auf Sternenabenteuer ausgerichteten Jugendromane viele junge Leser zum Genre geführt als auch in seine zahlreichen Erzählungen als erster neue Motive und Ideen eingeführt, die nach ihm in der Science Fiction zum Standard wurden. Nur wenige Autoren haben die Science Fiction so geprägt wie Heinlein. Stark umstritten war er wegen seiner reaktionären Ansichten etwa bezüglich der Rolle der Frau in der Gesellschaft und wegen seines militaristischen Denkens, andererseits hat er mit »Stranger in a Strange Land« (1961, ungekürzt 1991) einen Roman geschrieben, der zum Kultroman für eine sich befreiende junge Gesellschaft wurde. Er hat in seinen Texten eine Reihe von technischen Novitäten »vorausgesagt« wie etwa das Wasserbett, die Rollsteige, konditionierte Soldaten sowie den GAU eines Atomkraftwerks.



Mit dieser Vorrichtung kann Waldo über die Synchronisation der beiden Handschuhpaare einen anderen Menschen anleiten, außerdem – und das ist die zentrale Funktion – schwächste Muskelbewegungen verstärkt auf das künstliche Handpaar übertragen. Im amerikanischen Sprachraum wird dieser von Heinlein erdachte Telemanipulator heute »Waldo« genannt.

Für die Nanotechnik wäre ein solcher Apparat ebenfalls einsetzbar, da man mit ihm Kräfte und Bewegungsabläufe nicht nur verstärken und vergrößern, sondern natürlich auch verkleinern kann. Diese Möglichkeit denkt Heinlein an einer Stelle an, die später im Text liegt und die fast überlesen werden könnte:

■ **Seine behandschuhten Finger führten Bewegungen aus, die von einem kleineren Sekundärpaar [...] mitgemacht wurden.**  
(Heinlein: Waldo, Seite 68)

Das Schlüsselwort ist hier: *kleineren*. Denn natürlich lässt sich eine solche Maschine so konstruieren, dass die Bewegungen nicht 1 : 1, sondern verkleinernd 1 : 2 oder gar 1 : 10 umgesetzt werden.

Doch wenn wir diesen Gedanken weiter verfolgen, ist zu bedenken, dass Heinleins Idee gar nicht für Nanovorgänge gedacht war und sich auch eher zum Einsatz in gefährlicher oder unzugänglicher Umgebung anbietet: im Weltall, in der Tiefsee oder etwa beim Bombenentschärfen. Sie ist – wie zuvor angedeutet – auch nur eine halbe Antwort, denn es fehlen noch die Kopplung und die Iteration.

Es wäre zunächst ein Waldo zu bauen, der jede vorgegebene Bewegung um – sagen wir – den Faktor zehn verkleinert. Mit diesem Waldo als Werkzeug baut man dann einen zweiten, einen genau um ein Zehntel verkleinerten Waldo mit derselben Funktionalität. Man koppelt nun beide hintereinander und hat somit ein System gewonnen, das jede Bewegung um ein Hundertstel kontrahiert. Wenn man diesen Vorgang genau neunmal durchführt, besitzt man anschließend eine Verschachtelung von neun immer kleineren Waldos, mit denen eine Bewegung im Meterbereich eine zweite im Nanometerbereich induziert.

### Richard Feynmans legendärer Vortrag

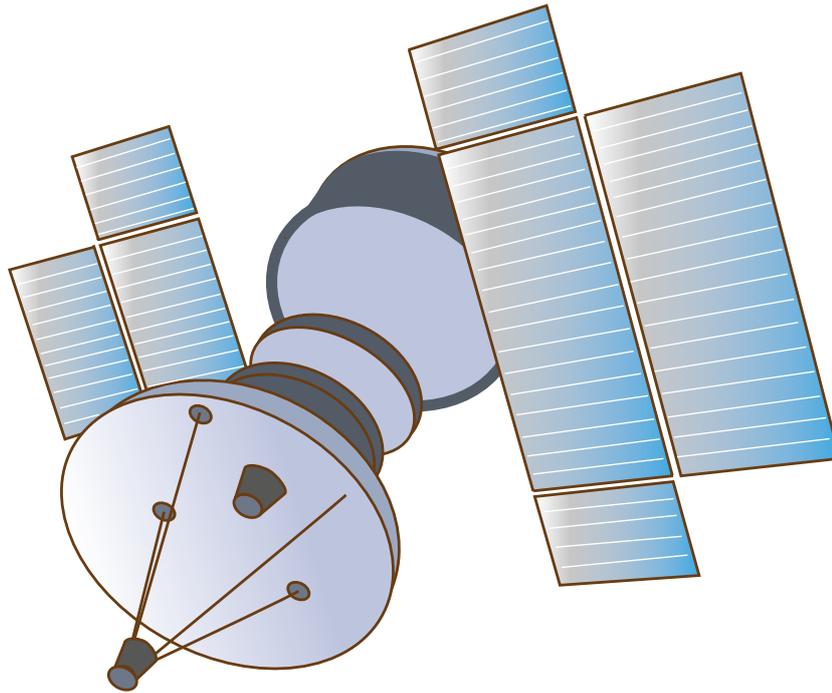
Diesen Gedanken hat zum ersten Mal der Physiker Richard P. Feynman in seinem Vortrag »There's Plenty of Room at the Bottom« präsentiert, den er am 29. Dezember 1959 beim Jahrestreffen der American Physical Society am California Institute of Technology in Pasadena gehalten hat und der nachträglich als Impuls bzw. Geburtsstunde der modernen Nanotechnologie angesehen wird. Er spekulierte darin u.a. folgendes:

■ **You know, in the atomic energy plants they have materials and machines that they can't handle directly because they have become radioactive. To unscrew nuts and put on bolts and so on, they have a set of master and slave hands, so that by operating a set of levers here, you control the "hands" there, and can turn them this way and that so you can handle things quite nicely.**

**Most of these devices are actually made rather simply, in that there is a particular cable, like a marionette string, that goes directly from the controls to the "hands." But, of course, things also have been made using servo motors, so that the connection between the one thing and the other is electrical rather than mechanical. When you**

### Richard P. Feynman

Der amerikanische Physiker Richard P. Feynman (1918 - 1988) war einer der einflussreichsten Physiker des 20. Jahrhunderts. Seine Vorlesungsreihe »The Feynman Lectures of Physics«, die in den frühen 1960er Jahren entstand, ist eine gelungene Einführung in die wichtigsten Disziplinen der modernen Physik. Er hat außerdem einige populäre Sachbücher zum Einstieg von Laien in die Naturwissenschaften verfasst, die seine große Fähigkeit nachweisen, auch schwierige Sachverhalte verständlich darzustellen. Feynman war Professor für Theoretische Physik am California Institute of Technology in Pasadena. Seine Forschungsarbeiten bewegten sich hauptsächlich im Bereich der Quantenphysik, 1965 erhielt er den Nobelpreis für seine Beiträge zur Entwicklung der Quantenelektrodynamik.



turn the levers, they turn a servo motor, and it changes the electrical currents in the wires, which repositions a motor at the other end.

Now, I want to build much the same device - a master-slave system which operates electrically. But I want the slaves to be made especially carefully by modern large-scale machinists so that they are one-fourth the scale of the "hands" that you ordinarily maneuver. So you have a scheme by which you can do things at one-quarter scale anyway - the little servo motors with little hands play with little nuts and bolts; they drill little holes; they are four times smaller. Aha! So I manufacture a quarter-size lathe; I manufacture quarter-size tools; and I make, at the one-quarter scale, still another set of hands again relatively one-quarter size! This is one-sixteenth size, from my point of view. And after I finish doing this I wire directly from my large-scale system, through transformers perhaps, to the one-sixteenth-size servo motors. Thus I can now manipulate the one-sixteenth size hands.

Well you get the principle from there on.

(Feynman, Seite 30)

Unabhängig davon, dass Feynman lediglich den Verkleinerungsfaktor 1 : 4 gewählt hat und deshalb deutlich mehr Schritte gehen muss als beim Faktor 1 : 10, ist diese Konstruktion als echter Nanomanipulator jedoch nur bedingt brauchbar. Zum einen

ist jede analoge Maschine mit einer Fehlertoleranz behaftet: Wenn man nun die Fehlerbandbreite der oben skizzierten Zehnerpotenzen-Maschine neunmal hintereinander schaltet, hat sie sich zu einem Gesamtfehler aufgeschaukelt, der den Nanobereich weit überschreitet - denn Fehler potenzieren sich. Zum anderen können aufgrund der beginnenden quantenmechanischen Effekte im Nanobereich sowie der neu hinzukommenden Kräfte auf innermolekularer Ebene die letzten Maschinen nicht in derselben Weise arbeiten wie die ersten.

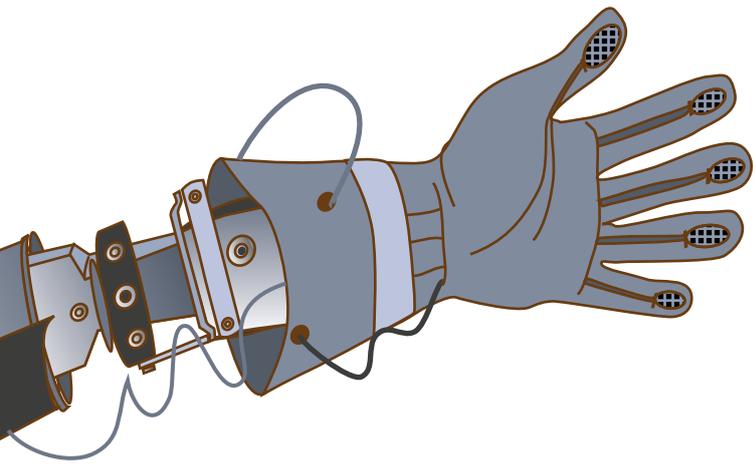
Feynman hat zwar auch bereits das Problem der Fehlertoleranz eingestanden, jedoch war er so optimistisch, es mittels kluger technischer Strategien begrenzen zu können:

■ Thus, it is not impossible to improve precision on a small scale by the correct operations. So, when we build this stuff, it is necessary at each step to improve the accuracy of the equipment by working for awhile down there [...].

(Feynman, Seite 34)

### Der Waldo als Nanomanipulator

Interessanterweise folgen die meisten Science-Fiction-Autoren bei der Herstellung von Nanoobjekten nicht der Idee Feynmans, sondern nehmen eher eine Art molekulare oder gar atomare Addition vor, ein Assembling. Dennoch wird das Prinzip des



Waldos gelegentlich übernommen, wenn es darum geht, Einzelobjekte herzustellen. So wird etwa in Neal Stephenson's Roman »Diamond Age« ein gewaltiger Nanomanipulator beschrieben, an dem zahlreiche Ingenieure sitzen, mit speziellen Sichtgeräten ausgerüstet, um Nanostrukturen erkennen zu können:

- **Seine linke Hand steckte in einem schwarzen Handschuh. In diesem Handschuh befand sich ein Netz von unsichtbaren, winzigen Strukturfasern, Motoren, Positionssensoren und Tastsinnstimulatoren. Die Sensoren überwachten die Haltung seiner Hand, wie sehr jedes Knöchelgelenk gekrümmt war, und so weiter. Der Rest der Ausrüstung vermittelte ihm den Eindruck, als würde er richtige Gegenstände berühren. (Stephenson: Diamond Age, Seite 61)**

Hier wird also auf elektronischem Weg eine Verbindung zwischen unserer Makrowelt und den Nanoobjekten, die manipuliert werden sollen, hergestellt. Dem Ingenieur, dessen Hand im Handschuh steckt, wird somit lediglich ein sensorischer Eindruck der Nanodimension simuliert; aber die Bewegungen seiner Hand erzeugen dennoch das gewünschte Ergebnis am Nanoobjekt.

Der polnische Science-Fiction-Autor Stanisław Lem erweiterte den Heinlein'schen Waldo, in den man nur seine Hände und Unterarme steckt, übrigens zu einem Ganzkörper-Waldo, den er »Sendling« taufte:

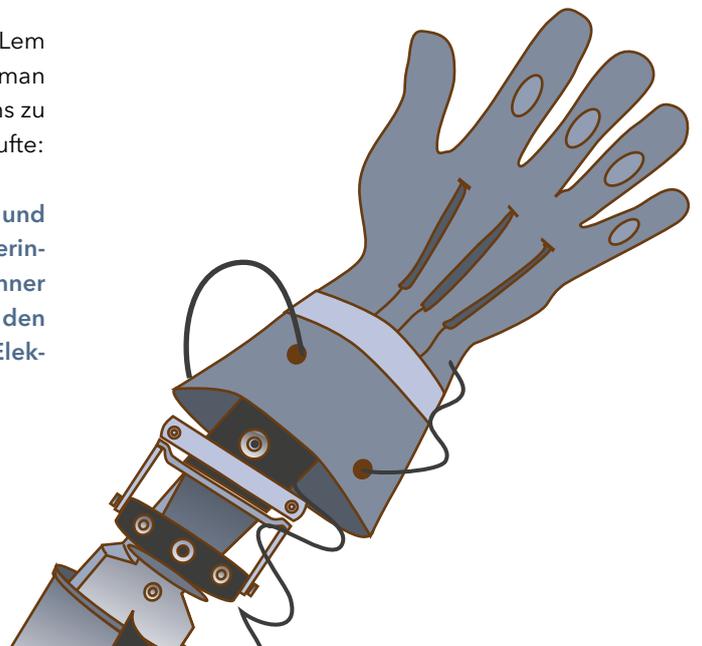
- **Man muß sich auskleiden bis aufs Gekröse und dann eine elastische Haut überstreifen. Sie erinnert an einen Taucheranzug, ist aber viel dünner und glänzt wie Quecksilber. Das kommt von den Leitungen, mit denen sie durchwoben sind, Elek-**

troden, die dünner sind als Spinnweben. Eng an den Körper anliegend, registrieren sie durch die Haut die Veränderungen der Muskelströme und geben sie an den Sendling weiter, der dadurch jede Bewegung mit idealer Präzision nachvollzieht. [...] Man sieht nicht nur durch die Augen des Sendlings, sondern man fühlt auch, was man an seiner Stelle fühlen würde. Wenn er einen Stein aufnimmt, fühlst du dessen Form und Gewicht, als hättest du ihn selbst in der Hand. Man spürt jeden Schritt und jedes Straucheln, und stößt sich der Sendling an einem harten Gegenstand, so fühlt man auch den Schmerz. (Lem: Frieden, Seite 102)

Auch hier kann das Gegenstück sowohl mehrfach größer als auch mehrfach kleiner sein und damit eine komplette Simulation des Eintauchens in eine andere Größendimension erzeugen. Der Anzug ermöglicht Manipulationen an einem Ort, an dem man sich in Wirklichkeit gar nicht befindet. Was erst eine andere Größenordnung ist, kann irgendwann einmal auch eine Virtualität sein.

### Das Assembling von Nanoteilchen

Beim Assembling stellt sich der Science-Fiction-Autor eine Maschine vor, die Atom für Atom ein neues Objekt zusammenbaut, wobei die Einzelbestandteile wie aus einem Letternkasten in eine Bleigusszeile eingefüllt werden. Über Förderbänder oder Zuleitungen werden die einzelnen Komponenten hineingeschoben - das macht der »Feeder« -, und das Programm des »Compilers« steckt sie dann nach einer Blaupause zusammen.



So schreibt wieder Neal Stephenson:

■ **Am Anfang hatte man eine leere Kammer, eine Halbkugel aus Diamant, in der trübes rotes Licht glomm. Im Zentrum der Bodenplatte konnte man das nackte Kreuz eines acht Zentimeter großen Feeders und eine zentrale Vakuumpumpe erkennen, die von einer Anzahl kleiner Leitungen umgeben wurde, bei denen es sich um mikroskopische Förderbänder handelte, die nanomechanische Bauteile - einzelne Atome oder ganze, zu praktischen Bausteinen zusammengesetzte Gruppen - transportierten.**

**Der Materie-Compiler war eine Maschine, die am Endpunkt eines Feeders saß und nach den Weisungen eines bestimmten Programmes Moleküle Stück für Stück von den Förderbändern nahm und zu komplizierten Gebilden zusammensetzte.**

(Stephenson: *Diamond Age*, Seite 79)

## Die molekulare Selbstorganisation

Doch anstelle einer solch eher primitiv wirkenden (und vermutlich sehr langsamen) Methode, im Nanobereich zu arbeiten, beschreibt die Science Fiction weit häufiger Methoden der Chemie bzw. der Biologie und ein Ausnutzen von molekularer Selbstorganisation, die nur anzustoßen ist. Michael Crichton geht in seinem Roman »Prey« / »Beute« aus dem Jahre 2002 noch einen Schritt weiter und behauptet gleich, dass mechanische Assembler in absehbarer Zeit nicht zu verwirklichen sein werden. Deshalb werden in eine große Assembler-ähnliche Maschine, die Makroobjekte herstellt, biologische Assembler für Nanoobjekte eingebaut, die er eine »Mikrobrauerei« nennt: »Maschinen für kontrollierte Gärung, für kontrolliertes Mikrobewachstum« (Crichton: *Beute*, Seite 173 f.). Bakterien produzieren zunächst eine bestimmte Anzahl an sogenannten »Primärmolekülen«, die sich dann zu Assemblern zusammensetzen, deren Aufgabe es anschließend ist, die erwünschten Nanoobjekte zu fertigen. Dabei wird der Trick verwendet, dass die Assembler außen auf den Bakterienoberflächen haften bleiben, um leichter an die von den Bakterien erzeugten Komponentenmoleküle zu gelangen (Crichton: *Beute*, Seite 177).

Crichtons detailreich beschriebener Makroassembler (Crichton: *Beute*, Seite 168 - 178) ist jedoch ein sehr anschauliches Objekt, das durchaus zur vereinfachten Darstellung einer geplanten Assemblertechnik dienen kann. Und auch Eschbachs Computersimulation (Eschbach: *Herr*, Seite 405 - 409) wird vom Protagonisten des Romans so eingehend dargestellt, so dass sie als Modell für einen Nanoassembler dienen kann - aber eben nur als Modell. Er demonstriert dabei sowohl das »Problem der dicken Finger« - dass alle noch so fein gedrechselten Greifarme einer Nanofertigungsmaschine zu groß und unhandlich sind - als auch das »Problem der klebrigen Finger« - dass es kaum möglich ist, ein einmal aufgenommenes Atom auch wieder abzulegen - und führt weiter aus, dass auch eine mögliche Manipulation über ein Rastertunnelmikroskop in der Praxis nicht viel weiterhilft, weil immer nur einzelne Atome bewegt werden können, somit die Herstellung eines größeren Objekts viel zu lange dauern würde.

Er weist jedoch gleich auf eine interessante Lösung hin: Einen »Finger« in Molekülgröße herzustellen, der all diese Probleme umgeht. Sein in der Simulation gefundener »Finger« birgt jedoch ein zentrales neues Problem: Seine Atome stehen zueinander in Positionen, in die man sie mit herkömmlichen, d.h. chemischen Methoden, nie bringen kann. Wenn sie jedoch mittels Nanomanipulation in diese Positionen gesetzt würden, dann wäre das Molekül stabil. Will heißen: wenn man einen solchen »Finger« bereits hätte, könnte man einen zweiten problemlos bauen (Eschbach: *Herr*, Seite 408 f.). Ohne Ei schlüpft keine Henne, aber wir haben auch noch keine Henne, die ein Ei legen könnte.



### Kim Eric Drexler

Der 1955 geborene Kim Eric Drexler ist ein amerikanischer Ingenieur und Physiker. Zunächst engagiert im Bereich Weltraumtechnik, hat er am Massachusetts Institute of Technology als erster zum Thema Nanotechnologie promoviert und ist seitdem der populärste Verfechter dieser Disziplin. Seine sehr anregend geschriebenen wissenschaftlichen Publikationen sind teilweise sehr spekulativ und lesen sich stellenweise wie Science-Fiction-Essays. Drexler ist nicht unumstritten, aber er treibt auch mit dem vom ihm 1986 gegründeten Foresight Institute im kalifornischen Palo Alto das Thema Nanotechnologie voran.

Zweifelsfrei ist das Verfahren, bei der Herstellung spezieller Moleküle nur Werkzeug in Molekülgröße zu verwenden, mit dem man die Atome und Moleküle »anfasst«, optimal – zumal dieses Verfahren seit Jahrtausenden bestens erprobt ist: In einem einzigen DNS-Molekül steckt das komplette Programm zum Erzeugen eines individuellen Menschen, und die Natur hat die passenden Moleküle geschaffen, die diese Informationen auslesen, sie an andere Spezialmoleküle weitergeben, die daraus den Menschen tatsächlich bauen.

Ein solch perfektes Verfahren gilt es zu kopieren und molekulares Werkzeug herzustellen, um beliebige, auch anorganische Objekte bauen zu können.

### Wissenschaftliche Spekulation oder Science Fiction?

Auch Eric Drexler diskutiert in seiner wissenschaftlichen Zukunftsspekulation über die »Engines of Creation« – einer Art Science-Fiction-Roman ohne Handlung – vorwiegend chemische und biologische Methoden, um neue Objekte in Nanodimensionen zu konstruieren. Die Chemie kann schließlich auf eine jahrhundertelange Erfahrung zurückgreifen, Moleküle gezielt in großer Zahl herzustellen. In chemischen Reaktionen werden Atome oder Atomverbindungen zusammengeführt und mittels Zufuhr von Energie (Wärme) oder Katalysatoren zu neuen Atomverbindungen angeregt. Und für größere Moleküle verfügen wir über die Biologie: Insbesondere Ribosomen erfüllen die Funktion von Nanomaschinen auf der DNS-Ebene.

■ **But the great advance will come when protein machines are able to make structures more complex than mere fibers. These programmable protein machines will resemble ribosomes programmed by RNA, or the older generation of automated machine tools programmed by punched tapes. They will open a new world of possibilities, letting engineers escape the limitations of proteins to build rugged, compact machines with straightforward designs. Engineered proteins will split and join molecules as enzymes do. Existing proteins bind a variety of smaller molecules, using them as chemical tools; newly engineered proteins will use all these tools and more.**

[...]

A flexible, programmable protein machine will grasp a large molecule (the workpiece) while bringing a small molecule up against it in just the right place. Like an enzyme, it will then bond the molecules together. By bonding molecule after molecule to the workpiece, the machine will assemble a larger and larger structure while keeping complete control of how its atoms are arranged. This is the key ability that chemists have lacked.

Like ribosomes, such nanomachines can work under the direction of molecular tapes. Unlike ribosomes, they will handle a wide variety of small molecules (not just amino acids) and will join them to the workpiece anywhere desired, not just to the end of a chain. Protein machines will thus combine the splitting and joining abilities of enzymes with the programmability of ribosomes. But whereas ribosomes can build only the loose folds of a protein, these protein machines will build small, solid objects of metal, ceramic, or diamond – invisibly small, but rugged.

(Drexler, Seite 12 - 14)

Aber Drexler geht noch einen gewaltigen Schritt weiter: er postuliert auch, dass man eines Tages alles mit Nanomaschinen herstellen können wird:

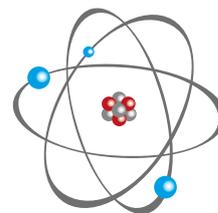
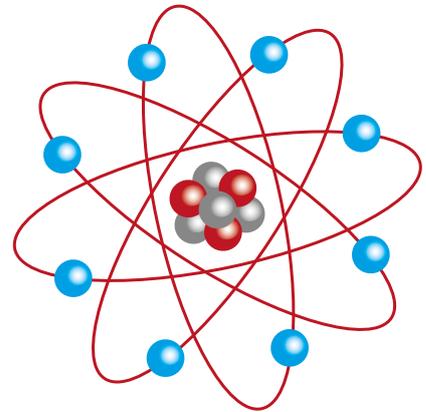
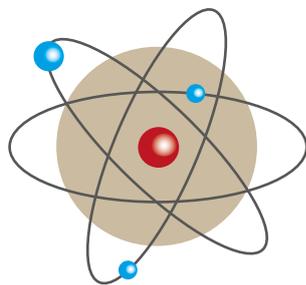
■ These second-generation nanomachines - built of more than just proteins - will do all that proteins can do, and more. In particular, some will serve as improved devices for assembling molecular structures. Able to tolerate acid or vacuum, freezing or baking, depending on design, enzyme-like second-generation machines will be able to use as "tools" almost any of the reactive molecules used by chemists - but they will wield them with the precision of programmed machines. They will be able to bond atoms together in virtually any stable pattern, adding a few at a time to the surface of a workpiece until a complex structure is complete. Think of such nanomachines as *assemblers*.

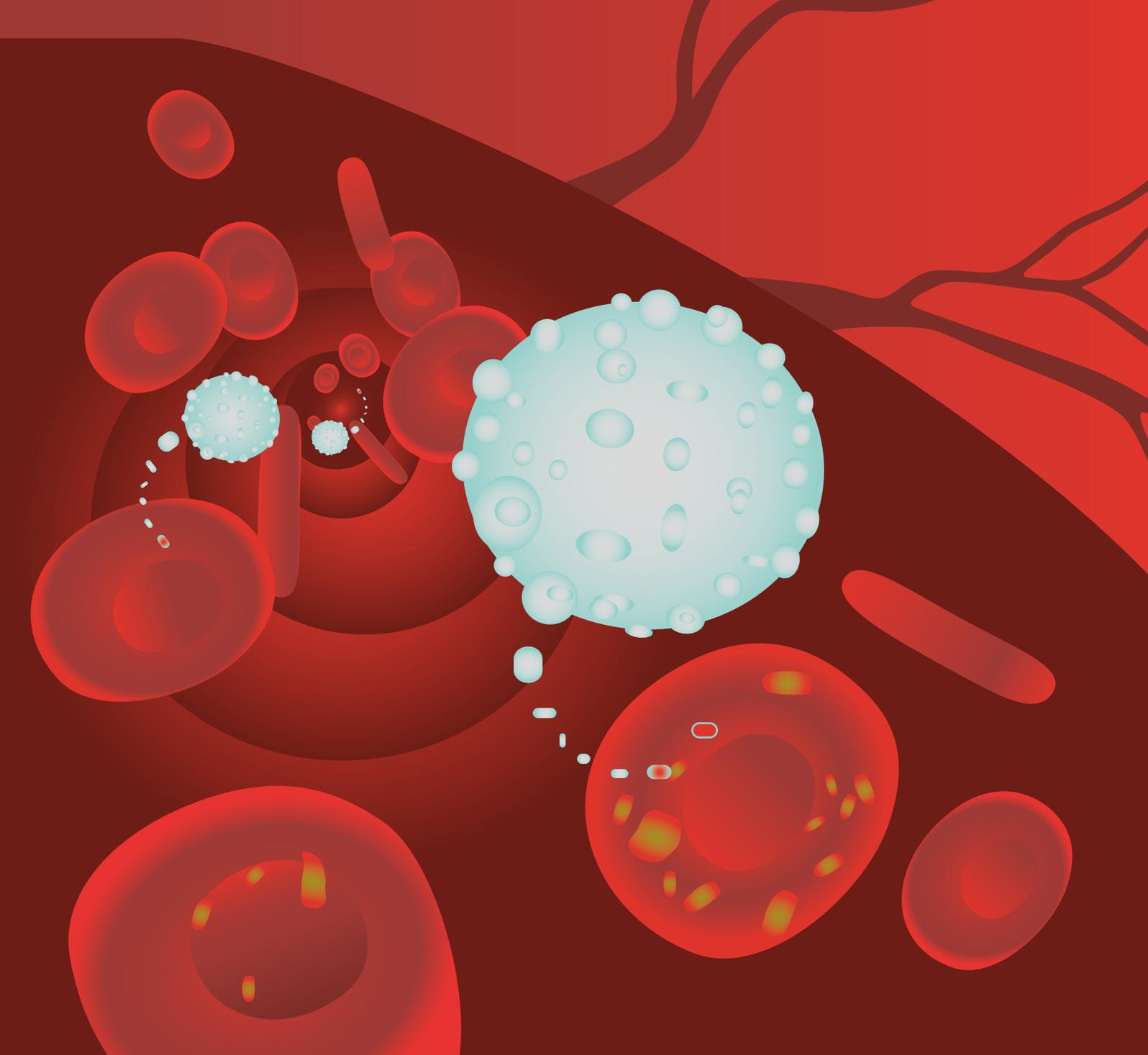
Because assemblers will let us place atoms in almost any reasonable arrangement [...], they will let us build almost anything that the laws of nature allow to exist. In particular, they will let us build almost anything we can design - including

more assemblers. The consequences of this will be profound, because our crude tools have let us explore only a small part of the range of possibilities that natural law permits. Assemblers will open a world of new technologies. (Drexler, Seite 14)

Kühn, sehr kühn. Da kann man auch heute noch verstehen, dass viele Naturwissenschaftler, als sie solche Sätze erstmals lasen, Drexlers Buch eher in die Science Fiction verortet haben.

Aber war das tatsächlich zu kühn? Wohl kaum. Drexler schrieb die erste Fassung seines Buchs über die »Engines of Creation« im Jahre 1986. Vier Jahre später meldete die New York Times in ihrer Ausgabe vom 5. April 1990, dass zwei Wissenschaftler des IBM-Forschungszentrums im kalifornischen San Jose ein Rastertunnelmikroskop »zur Hand« genommen und mit genau 31 Xenon-Atomen das Wort IBM als Punktmatrix auf eine nanodünne Folie »geschrieben« haben: »2 Researchers Spell 'I.B.M.', Atom by Atom«. Jedes Atom war manuell einzeln platziert worden. Für diese Arbeit haben sie allerdings einen ganzen Tag benötigt.





## 5 Nanobots im menschlichen Körper: Der Arzt in der Blutbahn

Das lohnendste Einsatzfeld von Nanotechnologie wird die Humanmedizin sein. Ein Nanoroboter in der Blutbahn wäre die ultimative medizinische Abwehr gegen Viren, Bakterien und alle Formen von Entartungen von eigenen Zellen.

» Der Traum der Nanoforschung ist ihr Einsatz in der Humanmedizin. Hier geht es um biologische Interaktionen zwischen Makromolekülen, die in größerer Zahl identisch und an schwierig zu erreichenden Stellen ablaufen. Die Angreifer können Viren oder Bakterien sein, die in Massen auftreten und im Inneren von Organen agieren. Oder eine wachsende Zahl von Zellen entartet und lässt Körperorgane nicht mehr ihre eigentliche Funktion erfüllen. Wenn es nun Nanomaschinen gäbe, und zwar eine größere Zahl mit exakt gleichen Fähigkeiten, die die Fehlfunktion von Zellen vor Ort reparieren oder dort eindringende Fremdkörper neutralisieren könnten, dann wären zahlreiche Krankheiten auf genialem Wege heilbar. Dabei müssen die Nanomaschinen gar nicht die gesamte Arbeit erledigen: oft genügt es lediglich, dass ein Virus sich nicht einnisten, eine Bakterie eine bestimmte molekulare Verkettung nicht vornehmen oder eine entartete Zelle ihre Reproduktionsfähigkeit verliert oder ihre Ernährung gekappt wird, damit sie singulär bleibt. Den Rest kann man dann getrost den Selbstheilungskräften des Körpers überlassen.

Nancy Kress schildert 1994 in ihrem Roman »Beggars and Choosers« / »Bettler und Sucher« die Erstpräsentation einer »Zellreiniger« genannten medizinischen Nanomaschine vor einer Zulassungsbehörde, die über neue Pharmazeutika entscheidet. Die bislang erst unter Laborbedingungen erprobte Nanomaschine wird sehr ausführlich in einem Protokoll beschrieben. Und an der Abfolge der dokumentierten Eigenschaften wird deutlich, dass die Konstrukteure nicht allein die medizinischen Wirkungen geplant, sondern auch sehr verantwortungsvoll denkbare Gefahrenbegrenzungen vorgenommen haben.

Der Wirkungsmechanismus ist folgender (Kress: Bettler, Seite 138 - 143): Der Zellreiniger ist ein proteinähnliches Makromolekül, das in den Blutkreislauf des Patienten injiziert wird, von wo aus es selbstständig in Körpergewebe eindringt. Es vermag aufgrund seiner geringen Größe Zellwände zu durchdringen, ohne diese zu beschädigen. Das Makromolekül ernährt sich von im Körper vorhandenen Stoffen plus von eigens für es injizierten Chemikalien und besitzt die Fähigkeit, sich über Wachstum und Teilung zu vermehren; das allerdings nur solange, bis die für den Heilungsprozess notwendige Menge an Molekülen erreicht ist. Die Vermehrung wird allein dann noch einmal fortgesetzt, falls beim weiteren Ablauf Moleküle beschädigt werden und ausfallen. Der Zellreiniger stellt eine biologische Nanomaschine dar, die fähig ist, Zelltypen aufgrund ihrer biologischen Struktur zu erkennen und sie mit einer ihm beigegebenen Standardliste zu vergleichen; er ist außerdem fähig, sämtliche Zellen, deren Strukturen sich nicht in seiner Liste befinden, zu zerstören.

Solche Zelltypen sind:

- **krebsartige Geschwülste, präkanzeröse Dysplasien, Ablagerungen an der Arterieninnenwand, Viren, infektiöse Bakterien, toxische Elemente und Verbindungen und Zellen, deren DNA durch die Aktivität von Viren verändert wurde.**

(Kress: Bettler, Seite 141)

Gesunden menschlichen Zellen darf er natürlich durch all seine Aktionen keinen Schaden zufügen. Außerdem sind zusätzliche Sicherungen eingebaut, damit bestimmte abweichende Bakterienkulturen - etwa in der Darmflora - nicht angegriffen werden, auch wenn sie körperfremd sein sollten.

### Nancy Kress

Die 1948 geborene Amerikanerin Nancy Anne Koningisor, verheiratete Nancy Kress, schreibt Fantasy und Science Fiction und ist vor allem durch ihre »Beggars«-Trilogie (1991 - 1997) bekannt geworden. Sie bevorzugt Romane, die in einer Nahzukunft spielen, in der gentechnische Veränderungen am Menschen möglich sind. Neben ihrem Autorenberuf unterrichtet sie auch in Kreativem Schreiben.



Im Roman wird die Nanomaschine zunächst zum therapeutischen Einsatz am Menschen nicht zugelassen, weil ihre Wirksamkeit erst über Jahre nachgewiesen werden muss, da manche Nebeneffekte von körperlichen Einwirkungen erst nach einigem Zeitablauf oder durch Anreicherung auftreten. Es sei außerdem nicht geklärt, wie die Zellreiniger auf Gehirngewebe wirken, da es anders aufgebaut ist als das sonstige Körpergewebe; die Scheidung zwischen nützlichen und gefährlichen Bakterien sei nicht hinreichend bestimmt – und außerdem könne die Nanomaschine im Laufe der Zeit sich verändern und möglicherweise selbst zu einem gefährlichen Eindringling mutieren (Kress: Bettler, Seite 144 f.).

### Der Nanoroboter mit Funkverbindung zum Arzt

Andreas Eschbach propagiert in seinem Roman »Herr aller Dinge« – unter der Voraussetzung einer künftigen vollen Beherrschung von Nanotechnologie – einen perfekt wirksamen Nanomechanismus zur Abtötung von Krebszellen (Eschbach: Herr, Seite 644 - 647): virengroße Nanozellen, die Krebszellen an ihren Signaturen erkennen. Zur Steuerung sind sie über Funk mit dem Arzt verbunden, damit sie keine fehlerhaften Aktionen vornehmen können; die drahtlose Verbindung geht direkt ins Gehirn des Arztes, das von Leitungen in Nanodicke durchzogen ist, um die heilenden Zellen führen zu können. Ihre Funktionsweise ist dabei folgende:

**■ Die Maschinen lösen die Krebszellen nicht einfach auf; das wäre zu gefährlich, weil dann dein Körper mit mehr Abfallstoffen überschwemmt würde, als er ausleiten kann. Stattdessen dringen sie in die Zelle ein und lösen die Apoptose aus, den zelleigenen Mechanismus der kontrollierten Selbstzerstörung. Die meisten Überreste werden von deinen Leukozyten aufgefressen [...]. Alles, was übrig bleibt, transportieren die U-Boote selber ab, deponieren es in deiner Blase oder deinem Darm [...].**  
(Eschbach: Herr, Seite 646)

### Der autarke Nanoroboter

Natürlich ist der autarke Nanoarzt die Königsklasse in der Nanomedizin. Man stelle sich den bei Nancy Kress beschriebenen Zellreiniger ohne jegliche Beschränkungen vor: als eine Art Leukozyte mit erweiterten Features, als eine Horde von Nanorobotern mit Aufspür- und Killerinstinkt, die durch die menschlichen Blutbahnen patrouilliert, jedes Gift, jede Bakterie, jeden Virus, jeden Spul- oder Haken-

wurm und jeglichen sonstigen Fremdkörper, der dort nicht hingehört, angreift, neutralisiert, auflöst, verkapselt oder sonstwie dessen »böse« Absicht zunichte macht und ihn aus dem Körper hinausexpediert. Die außerdem Zelldefekte, Verletzungen, Degenerationen, Fehlreproduktionen aller Art aufspürt und behebt. Sogar das schleichende Nachlassen der Zellregeneration und damit das Altern könnte verhindert werden. Diese Nanoroboter wären eine Kombination aus Polizei, Feuerwehr und Reparatur Einheit, rund um die Uhr und in allen Körperteilen im Einsatz. Mit den Leukozyten ist die Natur ja schon auf dem richtigen Weg zu solchen Wunderwesen, jetzt gilt es nur noch die Evolution zu perfektionieren.

Welche Voraussetzungen wären noch nötig? Nun, die Nanorobots müssten koordiniert agieren können, und sie müssten über eine rudimentäre Form von Intelligenz verfügen, um sich auf die Individualität eines jeden menschlichen Körpers einstellen zu können.

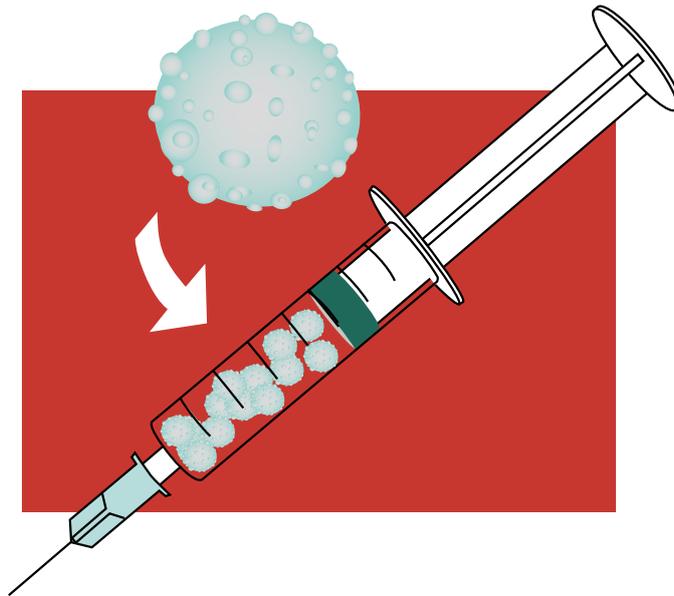
Und was wären die Folgen? Raucher könnten wieder zu ihrer Zigarette greifen, denn die Nanoärzte würden zuverlässig alle noch so kleinen Teerteilchen aus der Lunge holen, die Herzkranzgefäße minutlich von Ablagerungen säubern und jede Krebszelle bereits im Entstehen entsorgen. Allerdings könnten die Raucher auch gleich auf ihre Sucht verzichten, denn natürlich ist das aufputschende Nikotin ein Gift, und es würde ebenso zuverlässig neutralisiert und hätte somit überhaupt keine körperliche Wirkung mehr.

Auch Alkoholräsche gäbe es nicht mehr. Unsere Nahrungsaufnahme würde perfekt reguliert, weder fettes Essen noch Süßigkeiten würden sich an Bauch oder Hüften einlagern. Die Hersteller von Light Food müssten sich umorientieren, Ernährungsberater würden arbeitslos, und Kriminalromane mit Giftmorden kämen aus der Mode.

Jegliche Extremzustände wie Glücksgefühle oder tiefes Leid wären Vergangenheit – beruhen sie doch alle auf einem Übermaß von Stoffen, die sich normalerweise in dieser Konzentration nicht im Körper zeigen. Möglicherweise wird man bei den Nanoärzten also bezüglich ihrer Akzeptanz bestimmter Stoffe noch etwas nachsteuern müssen. Das Problem, welche Bandbreite normal ist, müsste hier ausgelotet werden.

Eine zentrale Frage wird sein, über welche Zeiträume solche Nanoärzte ihren Dienst im Körperinnern verrichten. Werden wir Menschen künftig genetisch so programmiert, dass wir diese Teilchen vom Fötus an im Körper haben, als aufgebohrte Leukozyten quasi? Oder müssen wir uns einmal im Monat unsere Gesundheitsspritze mit der neuesten Ärztemannschaft abholen?

Beides ist denkbar.



Der zweite Fall wäre das Optimum für die Pharmaindustrie: Mit einer Spritze jeden Monat wäre in sicherem Rhythmus wieder und wieder Geld zu verdienen - nach dem in Stein gemeißelten Ziel des erfolgreichen Kaufmanns: Der Kunde muss nicht nur zufrieden sein, er muss auch wiederkommen. Und die immer neue Gabe ließe sich sogar vom Marketing her dadurch begründen, dass wir jeweils die aktuellen Updates mit den neuesten Krankheitsbildern bekommen - so wie wir heute mehrmals täglich auf unseren Computer automatisch die aktuellen Virensignaturen über ein Antivirenabonnement erhalten. Das würde den perfekten Weg zu einer deutlichen Lebensverlängerung darstellen, denn bei regelmäßigem Einsatz könnten Nanorobots auch jegliches Zellaltern verhindern, indem sie die schleichende Degeneration der Zellreproduktion verhindern.

Im ersten Fall würde es sich um eine grundlegende Veränderung des Menschen handeln, wenn ein Reparaturmechanismus fest in seinen Genen integriert sein soll - mit dem Risiko allerdings, dass durch natürliche Mutation sich die Programmierung ändern könnte. Oder der Nanorobot bleibt ein symbiotischer Fremdkörper, der nur bei der Geburt inkorporiert wird. Dann besteht die Gefahr, dass der Nanoroboter sich eines Tages verselbstständigt, da er reproduzierbar sein muss und er sich deshalb durch Fehler bei der Reproduktion verändern könnte.

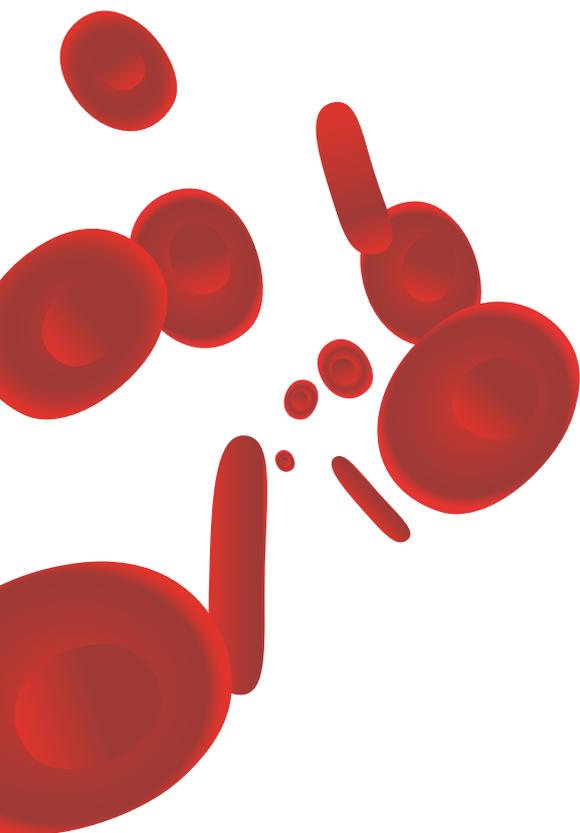


## Die Optimierung des Körpers

Von der Entwicklung solcher körperverändernder Nanoroboter erzählt Greg Bear in seinem Roman »Blood Music« / »Blutmusik«, der 1985 erstmals erschien und mit dem das Genre Science Fiction die Nanotechnologie nun endgültig zu ihrem Thema machte. Ein ehrgeiziger Wissenschaftler hat bakterienähnliche Makromoleküle gezüchtet, denen er mit Methoden der Verhaltensforschung und einer beschleunigten, weil gelenkten Evolution rudimentäre Formen von Intelligenz beibringt. Diese über Monate laufenden Experimente werden im Roman detailliert beschrieben (Bear: Blutmusik, Seite 29 - 34). Da der Wissenschaftler diese Züchtungen in einem Firmenlabor vornimmt, das über keine hinreichend hohen Sicherheitsvorkehrungen für solche Experimente verfügt, wird er entlassen. Er muss alle Kulturen vernichten, schmuggelt aber die vielversprechendste aus dem Labor, indem er sie sich in seinen eigenen Blutkreislauf injiziert. Die Nanoorganismen

### Greg Bear

Der 1951 in San Diego geborene amerikanische Science-Fiction-Autor Greg Bear hat in seinen bislang über 40 Romanen einerseits stark wissenschaftlich ausgerichtete Weltraum-Abenteuer verfasst und ist dabei kosmologischen Theorien gefolgt, andererseits aber auch seine Handlungen an der Evolution des Menschen hin zu einer höheren Existenz ausgerichtet. Sein wichtigster Roman ist »Eon« (1985), in dem er eine Hierarchie galaktischer Zivilisationen darstellt. Mit »Blood Music« (1985) hat er den ersten Roman verfasst, der sich offensiv der Nanotechnologie widmet.



vermehren sich nun in seinem Blut und beginnen tatsächlich selbstständig mit der Durchführung ihrer Aufgaben: Er spürt, wie sich sein Allgemeinzustand bessert, er ist nicht mehr anfällig für Erkältungen, seine über Jahre langsam degenerierte Sehschärfe normalisiert sich wieder. Offenbar nehmen die Organismen auf Nanoebene bleibende Veränderungen an seinen Zellen vor, die alle auf Optimierung seiner Körperlichkeit gerichtet sind, weil sie sich damit ihr eigenes Umfeld verbessern und sichern.

Doch sie vermehren sich nicht nur, sie passen sich auch an, und sie optimieren sich selbst. Diese Nanoorganismen vermögen ihre Aufgabe der biologischen Heilung und Reinigung zu erweitern hin zur biologischen Optimierung ihres Wirtskörpers. Sie verändern somit ihren Status vom Diener über einen aktiven Symbionten zum Beherrscher ihres Wirts, indem sie ihn biologisch umprogrammieren und letztlich intellektuell übernehmen, um sich selbst eine ideale Umwelt zu schaffen. Diese Nanowesen haben eine Schwarmintelligenz entwickelt und sind kräftig in die Evolution eingestiegen. Da ihr eigenes Überleben von der Gesundheit ihres Wirtskörpers abhängt, verbessern sie beständig dessen biologischen Eigenschaften und revidieren auch in der Vergangenheit erfolgte Defekte.

Doch die Population dieser Nanoorganismen lässt sich auch mittels Austausch von Körperflüssigkeiten auf andere Menschen übertragen: In der Frau, mit der er ein sexuelles Verhältnis hat, nisten sie sich ebenfalls ein, und hier erproben sie drastischere körperliche Veränderungen. Die Nanoorganismen arbeiten immer zielgerichteter, und sie formen ihren Wirtskörper letztlich nicht so um, wie es für ihn am besten wäre, sondern wie sie ihre optimale Lebensgrundlage finden können. Der Roman wird deshalb stellenweise unappetitlich, aber er zeigt auf, dass die evolutionären Interessen von konkurrierenden Organismen zur Ausrottung einer Spezies führen können. Für jede Evolution ist Mitleid ein unbekannter Faktor.

Bear macht deutlich, dass solche Organismen durchaus das Potenzial zu den oben diskutierten Nanoärzten haben könnten – um das zu sein, dürfen sie aber keinesfalls eigene Interessen haben.

### John Ringo

Der 1963 geborene Amerikaner John Ringo gehört zu den Vertretern der sogenannten Military Science Fiction. Er hat praktisch nur Romanserien verfasst, in denen es um Schlachten im Weltall geht.

### Nanooperationen bei schweren und multiplen Zellschädigungen

Eine funktionierende medizinische Nanotechnik schildert John Ringo in seinem Roman »There Will Be Dragons« / »Der Zusammenbruch« aus dem Jahre 2003. Dort wird ein junger Mann, der an epileptischen Anfällen leidet, behandelt, indem eine ganzheitliche Heilungsmethode angewandt wird: Man behandelt nicht nur ein Organ, sondern man kann, da Nanoteilchen überall hinkommen, in extrem kurzer zeitlicher Abfolge auch alle anderen Körperfunktionen angehen, die von der Erkrankung in Mitleidenschaft gezogen wurden oder die mit ihr korrespondieren. Da bei Epilepsie die meisten Nerven geschädigt sind, die eigentliche Störquelle jedoch im Gehirn liegt, ist ein abgestimmtes Vorgehen unumgänglich:

- **Wir können dich nicht komplett reparieren, weil alle deine Nervenzellen, dein Gehirn eingeschlossen, nicht richtig ticken. Wir müssen ... sozusagen Schritt für Schritt vorgehen. Aber in sehr schneller Folge. Also einen Nerv oder eine Serie von Nerven abschalten, sie aus dem System herausschneiden, sie reparieren oder ersetzen und dann den betreffenden Abschnitt neu aktivieren.**

**Wir müssen dich also im Grunde genommen Stück für Stück töten und wieder neu beleben.**

**(Ringo: Zusammenbruch, Seite 62)**

Und so läuft es dann auch ab, auf einem speziellen Display in vielfacher Vergrößerung dargestellt:

- **Auf diesem Niveau konnte man sehen, wie einzelne Nanniten [...] in jede seiner Körperzellen eintauchten, um die beschädigten Gene auszutauschen. Die eigentliche Arbeit verrichteten dabei nicht Nanniten, sondern ein DNA-Strang, der nicht ganz so kompliziert wie ein Virus war. Die Nanniten übernahmen jeweils das Eindringen in die Zelle und den Zellkern und legten das Paket dann ab. Es reparierte die jeweiligen Gene und verband sich dann wieder mit dem Nanniten, der gleich darauf zur nächsten Zelle weiterwanderte.**

**Dieser Prozess war beim ersten Durchgang nicht perfekt. Gene befanden sich nicht nur im Kern und einige der Problemcodone schwebten frei und wurden von spezialisierten Nanniten [...] aufgefeigt und modifiziert. Diese Nanniten erledigten auch die Modifikation von Zellen, die sich im Zustand der Mitose befanden und nahmen zusätzlich andere »Säuberungs«-Arbeiten vor.**

**(Ringo: Zusammenbruch, Seite 64)**

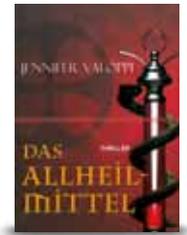
Die wieder eingebauten Nervenstränge werden dann reinitialisiert und neu gestartet, während bei all diesen Vorgängen das Gehirn in eine Art Ruhezustand versetzt worden ist und natürlich die gesamte körperliche Sensorik heruntergefahren ist.

Für die Eingriffe im Gehirn wird allerdings eine abgewandelte Methode verwendet: Dazu wird gentechnisch in der Retorte ein zweites Gehirn gezüchtet, das identisch mit dem Patientengehirn ist, aber *nicht* seine Erkrankung zeigt. Wenn jetzt Zellen des Originalgehirns herausgeschnitten werden, dann wird gar kein Reparaturversuch mehr an diesen Zellen vorgenommen, sondern sie werden gleich durch die passenden Zellen der Kopie ersetzt - eingesetzt von sogenannten »Teleportnanniten« (Ringo: Zusammenbruch, Seite 66).

## Die Zerstörung von Krebszellen

Ähnlich detailreich schildert das auch Jennifer Valoppi in ihrem 2007 veröffentlichten Roman »Certain Cure« / »Das Allheilmittel«. Hier bietet ein genialer Arzt für mit herkömmlichen Methoden unheilbar Krebskranke, bei denen der Krebs bereits breit über den gesamten Körper gestreut hat, eine Nanomaschine an. Es handelt sich hier jedoch nicht um eine Vielzahl sich reproduzierender Nanoteilchen, sondern um einen singulären Mechanismus, der in den Patientenkörper eingesetzt wird und der nun die Rückenmarksflüssigkeit sowie alle Blutbahnen einzeln abfährt. Auf einem Ganzkörperscan lässt sich seine Arbeit verfolgen:

- **»Was du da auf dem Bildschirm siehst, ist der Nanochip auf dem Weg durch die Rückenmarksflüssigkeit. [...] Der Chip bewegt sich durch die Rückenmarksflüssigkeit und sendet Signale zum Deaktivieren der kranken Zellen - der Krebszellen - und zugleich zum Aktivieren oder Reaktivieren heiler Zellen aus. Der blau dargestellte Bereich sind die neuen, gesunden Zellen, die roten sind die, an denen noch gearbeitet werden muss.«**



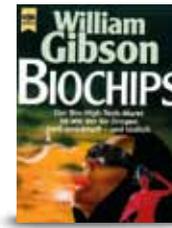
### Jennifer Valoppi

Die Amerikanerin Jennifer Valoppi ist eine einflussreiche und vielfach ausgezeichnete Fernsehjournalistin, die seit vielen Jahren amerikanische Nachrichtensendungen prägt. Sie hat mit »Certain Cure« 2007 ihren bislang einzigen Roman veröffentlicht.

»Aber die roten Zellen sind über ihren ganzen Körper verteilt.«

»Genau. Deshalb wurde sie als inoperabel diagnostiziert. [...] Siehst du den roten Bereich da? Auch dort ist noch Krebs. Wenn sich der Chip hindurchbewegt, wird das umliegende Gewebe vollkommen blau. Wie du siehst, ist der Bereich der Lungen schon sehr viel blau. Als ich sie zum ersten Mal aufgesucht habe, war dort noch alles rot. Deshalb atmet sie jetzt viel leichter.«

(Valoppi: Allheilmittel, Seite 144 f.)



Dieser Nanomechanismus zerstört nicht nur gezielt Krebszellen und regt neue, jedoch körpereigene Zellen zum gesunden Wachstum an, sondern repariert in Körperzellen auch den Reproduktionsmechanismus, so dass auch bereits eingesetzte Alterungsprozesse wieder teilweise rückgängig gemacht werden. Der Nanomechanismus schaltet quasi Zellen aus oder ein (Valoppi: Allheilmittel, Seite 251). Zum Schluss des Heilverfahrens nistet sich der Chip im Gehirn ein und kontrolliert von dort die Abwehrmechanismen des Körpers, um ihn auch künftig vor Krankheiten zu schützen.

Allerdings kommt in diesen Roman im späteren Verlauf noch eine okkulte Variante hinein, die ein an der Nanotechnik interessierter Leser ignorieren sollte.

Auch Antonia Fehrenbach schildert in ihrem 2008 erschienenen Wissenschaftskriminalroman »Der Lotus-Effekt« eine auf lokaler Hyperthermie basierende Behandlung von Tumoren, die sie bereits in der Gegenwart ansiedelt:

■ **Wir stehen vor einem großen Durchbruch. Hyperthermie. Wir schicken Nanopartikel in Hirntumore und heizen sie auf. Das Gewebe zerfällt. Der Tumor verschwindet. Es ist unglaublich. Aber es funktioniert.**  
(Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 19)

Dass eine medizinisch wirksame Nanophage natürlich so »getarnt« sein muss, dass sie vom körpereigenen Immunsystem nicht als »Feind« angesehen und angegriffen wird, wird im Roman »The Lazarus Vendetta« angesprochen (Ludlum: Lazarus, Seite 41 f.). Schließlich muss der Nanoarzt ja arbeiten können: Die Leukozyten sollen die Krebszellen bekämpfen und nicht ihn. Als Lösung wird dort vorgeschlagen, die Zellmembranen mit Polysacchariden zu umhüllen, wie das besonders hartnäckige Bakterien tun.

Auf die Notwendigkeit hoher medizinischer Vorsicht bei Zeitreisen weist Wolfgang Jeschke hin: Sollte es tatsächlich einmal die technische Möglichkeit

geben, über eine Zeitmaschine ins Mittelalter gelangen zu können, wird der Reisende einer großen Zahl von Erregern von Krankheiten ausgesetzt sein, die heute längst ausgestorben sind, gegen die wir aber keine Abwehrstoffe mehr im Körper haben. Im Roman lösen seine Zeitreisenden das Problem über Nanoärzte im Blut, sogenannte »Nanotecten«, die als »Feuerwehrleute« dafür sorgen, dass der Reisende bei seiner Rückkehr nicht durch eingeschleppte Krankheiten zur Biowaffe mutiert ist (Jeschke: Cusanus, Seite 482).

### Die Wiederherstellung eines Menschen

Ein durch eine Bombe zeretzter Mensch lässt sich wieder neu zusammensetzen, indem man möglichst viele seiner Körperteile zusammensucht und an eine Spezialklinik schickt – natürlich nur, falls die Krankenversicherung des Opfers in einer Luxuspolice eine solche Behandlung einschließt. In William Gibsons 1986 publiziertem Roman »Count Zero« / »Biochips« wird das Ich-Bewusstsein eines Bombenopfers zunächst in eine Computersimulation einer nostalgisch-heilen ländlichen Welt versetzt, wo er von seinem Arzt gelegentlich virtuell besucht wird. Währenddessen wird der größte Teil seines Körpers drei Monate lang im Labor neu geklont und Zelle für Zelle herangezüchtet, allein die Augen und die Genitalien (wieso?) werden auf dem Organmarkt nachgekauft und genetisch angepasst in seinen neuen Körper eingebaut. Zum Schluss wird sein Bewusstsein aus einem ROM-Speicher, in dem es zwischengespeichert war, wieder in sein organisches Gehirn zurückgeladen – und das Opfer ist wieder da, als wäre es nie tot gewesen (Gibson: Biochips, Seite 9 f.).

In einem Roman der »Perry Rhodan«-Serie wird sehr eindrucksvoll geschildert, wie ein begnadeter Mediziner einen toten Menschen, der von anderen medizinischen Einrichtungen bereits aufgegeben wurde, weil sein Körper zu sehr zerstört ist, wieder ins Leben zurückholt. Als technisches Hilfsmittel verwendet der Arzt einen Medoroboter, der wie eine schwebende zehngliedrige Spinne aussieht und sich auf das Gehirn des Toten setzt:

## ■ Dann setzte der Roboter die Nanolegionen in Marsch.

[...]

Sie infiltrierten zu Milliarden die Nervenzellen und ihre Synapsen; zwischen den Zellen errichteten sie mikroskopisch kleine Leitstellen und Energiefabriken, gegen die die Mitochondrien riesenhaft wirkten. Sie lagerten an das vorhandene biologische Muster ein pseudo-neuronales Netz an, gebaut aus Nanomaschinen, stellten Kreuz- und Querverbindungen her; sie restaurierten Zellwände, Zellkerne, Dendriten, Synapsen und Axonterminale, synthetisierten Neurotransmitter, führten Energie zu, feuerten und ließen feuern.

(Vandemaan: Karawane, Seite 49)

In diesem literarischen Universum der »Perry Rhodan«-Serie, wo vieles ein paar Kicks weitergedreht ist als in der sonstigen aktuellen Science Fiction, da der Erzählhorizont über zwei-, dreitausend Jahre in die Zukunft reicht, sind mit medizinischen Nanorobotern nicht nur alle Krankheiten heilbar, sondern kann jegliche Zelldegeneration aufgehoben werden, ist also das ewige Leben möglich:

## ■ [Mit dieser Substanz] operieren wir chemisch und nanotechnisch auf der Zellebene. Diverse Nanopatrouillen diagnostizieren und reparieren gegebenenfalls genetische Schäden, die bei der Zellkernteilung erlitten werden. Nötigenfalls schirmen nanotechnisch erzeugte Felder den Zellkern gegen schädliche Strahlungen ab. Wir haben die Degradierung und Fragmentierung der Zellen aufgehoben, die Kontraktion des Zytoskeletts minimiert, die Kondensation des Chormatins [recte: Chromatins] gestoppt. Die Plasma- und Zellmembranen konnten wir stabilisieren.

Wir verhindern, dass in der Zelle die Kaskade der Cystein-Aspartat-spezifischen Proteasen in Gang gerät; wir kontrollieren die Mitochondrien. Wir haben der Zelltodmaschinerie ins Rad gegriffen und sie angehalten.

[...]

[...] Wir dämmen in den somato-psychischen Interferenzonen den oxydativen Stress. Wir filtern die freien Radikale. [...] Wir kolonisieren den Metabolismus mit einer autoreparablen Schutzmacht.

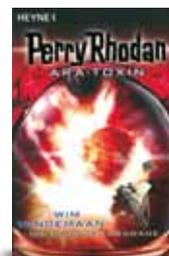
(Vandemaan: Karawane, Seite 242 f.)

## Mannigfache Ideen für eine künftige Medizintechnik

Über grundlegende Heilmethoden hinaus bieten einige Science-Fiction-Romane auch einzelne nanotechnische Ideen, die für medizinische Zwecke brauchbar sein könnten: Das ist zunächst einmal das Allzweckpflaster, das auf eine Wunde aufgesetzt wird, und sofort beginnen muntere Nanoteilchen mit dem lokalen Heilprozess (Bear: Slant, Seite 168). Ungemein praktisch ist das feinste Skalpell, das sich denken lässt: seine Schneide ist exakt ein Atom breit (Stephenson: Diamond Age, Seite 86). Brauchbar sind auch sogenannte »Therapiemonitoren«, das sind winzige, im Körper frei bewegliche Beobachtungs- und Reparaturmechanismen, die biochemische Ungleichgewichte wieder austarieren (Bear: Slant, Seite 36). Und auch »telemetrische Tracker« (Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 101) aus Nanopartikeln, die aus dem menschlichen Körper heraus Signale senden, sowie »nanopartikuläre Halbleitersubstanzen« (Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 42), die farblich fluoreszieren und somit als Marker-

## Wim Vandemaan

Der 1959 geborene Hartmut Kasper hat in Germanistik promoviert, arbeitet als Lehrer an einem Gymnasium in Essen und ist nebenbei ein sehr humorvoller Literaturkritiker. Seit 2007 schreibt er unter dem Pseudonym Wim Vandemaan in der »Perry Rhodan«-Serie mit, er arbeitet außerdem als Exposé-Entwickler für die Serie.



substanzen dienen und anzeigen, wo sich bestimmte Teilchen gerade aufhalten, sind äußerst wertvoll.

Interessant scheint auch die »NanoSniff« (Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 30 f. und 99) genannte Methode zu sein, bestimmte medizinisch wirksame Stoffe besonders effektiv in den menschlichen Körper zu befördern. Sie werden auf Nanopartikel *aufgesetzt*, die, in die Nase eingesprayed, über die Riechnerven ins Gehirn gelangen, da die biologische Körper-Hirn-Schranke in der Nase am leichtesten zu überwinden ist: Nanoteilchen werden befähigt, die extrem kurze Entfernung zwischen Nasenschleimhaut und Riechnerven zu überwinden.

Um aus dem Innern des menschlichen Körpers Bildaufnahmen zu bekommen, könnte man eine Kamera in Nanogröße herstellen, wie sie Crichton in seinem Roman »Prey« in ihrer Funktion sehr eingehend beschreibt (Crichton: Beute, Seite 38 - 45 und 82 f.). Sie vermag sich nicht nur in der Blutbahn zu bewegen, sondern in alle Körperteile einzudringen, ohne sie dabei zu verletzen. Ihre Funktionsweise ist faszinierend:

■ **Unsere Kamera ist ein zweimilliardstel Millimeter\* lang. Wie Sie sehen, hat sie die Form eines Tintenfisches [...]. Die Bildaufnahme erfolgt in der Spitze. Mikroröhrchen im Schwanz sorgen für die Stabilisierung, wie der Schwanz eines Papierdrachens. Aber sie können auch aktiv ausschlagen und Fortbewegung ermöglichen. [...] Jetzt sehen Sie vorn in der Mitte die Einbuchtung [...]. Das ist der Miniatur-Gallium-Arsenid-Photon-Detektor, der als Netzhaut fungiert, und der gestreifte Bereich drum herum - der wie ein**

**Gürtelreifen aussieht - ist biolumineszierend und beleuchtet den vor ihm liegenden Bereich. In der Spitze selbst können Sie [...] eine recht komplexe Serie von verdrehten Molekülen erkennen. Das ist unsere patentierte ATP-Kaskade. Denken Sie sie sich als ein primitives Gehirn, das das Verhalten der Kamera steuert - zwar sind die Verhaltensmöglichkeiten sehr begrenzt, für unsere Zwecke reichen sie aber aus.**  
(Crichton: Beute, Seite 40)

Natürlich genügt eine einzige Kamera nicht, um auswertbare Bilder zu erreichen; deshalb wird ein ganzer Schwarm eingesetzt, der nach dem Prinzip eines organischen Auges agiert.

Bei Reparaturen an Körpergliedern können gleich Add-ons integriert werden. Bei einer Handverletzung werden die neu eingesetzten Karbonfasern und Metallleitungen mit den noch funktionsfähigen Knochen, Muskeln und Sehnen übergangslos verbunden, so dass sie wechselseitig ineinander hineinwachsen. Nach dem Heilungsprozess vermag man die Nahtstelle zwischen Organik und Modifikation nicht mehr zu erkennen (Foster: Genom, Seite 11). Und die Hand kann künftig ihre Nervenimpulse zusätzlich drahtlos in ein Computersystem einspeisen, so dass auch ein Schreiben in die Luft hinein möglich ist und auf einem angeschlossenen Monitor sichtbar gemacht werden kann.

Bei einer zukünftig vielleicht möglichen Kryotechnologie - also beim Einfrieren eines Menschen, um ihn Jahre später wieder aufzutauen, wenn die Medizin soweit ist, auch seine Krankheit zu heilen - können Nanoteilchen von Nutzen sein: Sie wären befähigt, verteilt über den gesamten Körper, Zellzerstörungen in der Einfrierphase zu verhindern. Oder sie können die Körper stattdessen in warmen »Nano-Bädern« (Bear: Slant, Seite 11) in einer koma-tösen Daseinsform konservieren.

Auch Psychotherapie mittels Nanotechnik soll nicht unerwähnt bleiben: Unmittelbar unter die Kopfhaut eingesetzte Nanoschaltkreise können winzigste Gewebeveränderungen messen, die auf bestimmte Gehirnaktivitäten zurückzuführen sind und einen Einblick in »Landschaften des Geistes« geben (Bear: Königin, Seite 144 - 153). Und direkt ins Gehirn eingesetzte Nanoteilchen könnten verborgene Denkmuster erkunden, nach außen melden und auf Monitoren anzeigen oder in andere verbundene Gehirne senden. Damit wäre ein perfektes Gehirnscanning möglich (Bear: Königin, Seite 302 f. und 421 - 428). Der letzte Schritt wäre, dass Nanoteilchen auch neuronale Leitungen neu programmieren - und damit sogar die Persönlichkeit eines Menschen verändern.



## Rote Ritter

Hommage an: Norman Spinrad: Carcinoma Angels (1967)

» Der rote Ritter legte seine Lanze an und galoppierte auf das Monster zu. Das erhob sich zu voller Größe, seine giftigen Tentakel schlugen nach ihm, doch es gelang ihm, ihnen auszuweichen und die Lanze in das Zentrum, den Kern des Monsters zu stechen. Es brach zusammen und begann sich aufzulösen.

Das Pferd des Ritters strauchelte; er wusste, dass ihm nicht viel Zeit blieb. Er drehte sich um und versuchte, die Lage einzuschätzen. Von den Tausenden roter Ritter, die ausgezogen waren, die Monster zu bekämpfen, waren nur noch wenige übrig. Aber auch die Zahl der gefährlichen Kreaturen war erheblich reduziert. Die Ritter hatten erfolgreich gewütet und waren ihrer Aufgabe fast gerecht geworden. Und er verspürte weiterhin den unaufhaltsamen Drang zu kämpfen. Er wusste, seine Kräfte ließen langsam nach, ebenso wie die seines Pferdes, doch das spielte keine Rolle. Keiner von ihnen würde zurückkehren; er hatte nicht einmal eine Vorstellung davon, wohin oder was »zurück« bedeuten konnte.

Sie waren hier, um Monster zu erschlagen, das alleine zählte, und mit jedem erschlagenen Gegner wuchs die Befriedigung, diese gegebene Aufgabe gut erledigt zu haben.

Die nächsten beiden tentakelbewehrten Kreaturen konnte er noch bezwingen, ehe er, zunehmend geschwächt, von einer giftigen Tentakelspitze tödlich getroffen wurde.

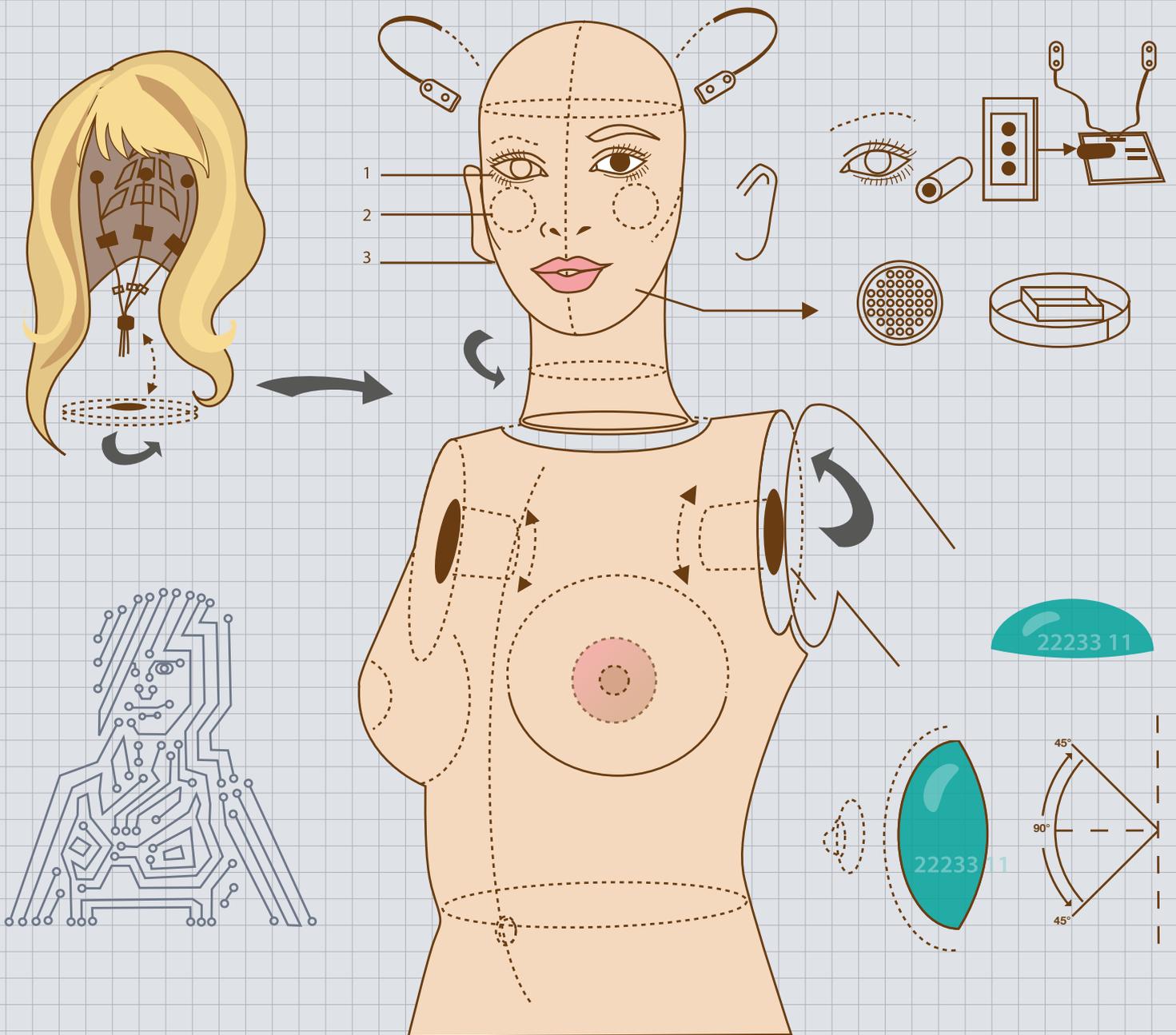
»Diese Variante hat sich bisher am besten bewährt.« Dr. Susanne Schmidt deutete auf die Darstellung verschiedener farbiger stachelbewehrter Zellen auf der Leinwand und wandte sich wieder ihrem Publikum zu. »Seit wir in der Lage sind, unsere Nano-Zellbekämpfer mit einem minimalen Pseudo-Bewusstsein auszustatten, arbeiten sie weit zielbewusster und effektiver. Unsere »Roten Ritter« haben die Krebszellen im Blut unserer Patientin erheblich reduziert, und zwar weitaus mehr, als eine Chemo- oder Strahlentherapie es vermocht hätte. Die nächste Injektion dürfte sie nahezu auf Null bringen. Und seitdem wir das STED-Mikroskop auf Mikrogröße reduziert haben, können wir das Handeln unserer Nanoroboter direkt verfolgen; deshalb färben wir sie ja auch ein.«

Auf der Leinwand erschien die Darstellung eines Lichtwellenleiters mit einer kleinen Linse am Ende, darunter stand: *STED, Mikrofaserausführung, basierend auf dem »Stimulated Emission Depletion Microscope«, entwickelt von Stefan Hell, Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen - derzeitige Auflösung bis zu 5 Nanometer.* Dr. Schmidt fuhr fort: »Früher mussten wir entweder aufgrund von Blutuntersuchungen abschätzen, was geschehen sein könnte, oder totes Gewebe, tote Zellen im Rasterkraftmikroskop untersuchen.«

Das Bild auf der Leinwand wechselte; unter dem nun abgebildeten Gerät stand: *Rasterkraftmikroskop, entwickelt 1986, Auflösungen bis unter 1 Nanometer, Weiterentwicklung des Rastertunnelmikroskops (RTM, seit 1981), basiert auf Quanteneffekten, Nobelpreis für Physik 1986 für Gerd Binnig, Deutschland, und Heinrich Rohrer, Schweiz.*

»Heutzutage beobachten wir die Wirkung unserer medizinischen Nanoroboter in Echtzeit«, erläuterte Dr. Schmidt und zeigte auf die Leinwand, auf der man sehen konnte, wie rötlich gefärbte künstliche Zellen mit spitzen Auswüchsen amöbenähnliche Krebszellen zerstörten. »Die grünen und blauen »Ritter« waren bei weitem nicht so erfolgreich, doch die roten sind ein echter Fortschritt. Unsere Studien zeigen, dass es praktisch keine Nebenwirkungen beim Patienten gibt, so dass wir hoffen, dass das Verfahren in ein bis zwei Jahren zugelassen und in die medizinischen Leitlinien für hämatologisch-onkologische Erkrankungen aufgenommen wird. Zumindest für alle Krebsarten, bei denen es um nicht-solide Tumore geht, dürften unsere »Ritter« Möglichkeiten bieten, diese schnell und nebenwirkungsarm zu bekämpfen. Um im Bild zu bleiben: Wir können Ritter entwickeln, die in ihrem Pseudo-Bewusstsein ein ausreichend genaues und doch flexibles Bild ihrer Gegner haben, und je nach Krankheit und individueller Situation passen wir ihre Waffen an, von der Lanze bis zum Schwert oder zum Morgenstern.«

Als der stürmische Applaus verklungen und die wichtigsten Fragen beantwortet waren, meldete sich zum Schluss noch ein renommierter Krebsforscher zu Wort: »Wir müssen uns ja nicht beschränken auf die Variation von Farben und Waffen - wenn sie uns zu langsam sind, dann lassen wir sie sich einbilden, sie seien Motorradfahrer!«



## 6 Die Rekonfiguration des Menschen: Second Genesis

Mittels Nanotechnik könnten Menschen durch Eingriffe auf ihrer Zellebene derart tiefgreifend in ihrer Biologie verändert werden, dass sie auf anderen Planeten leben können, auch wenn deren Umweltbedingungen sich von denen der Erde stark unterscheiden.

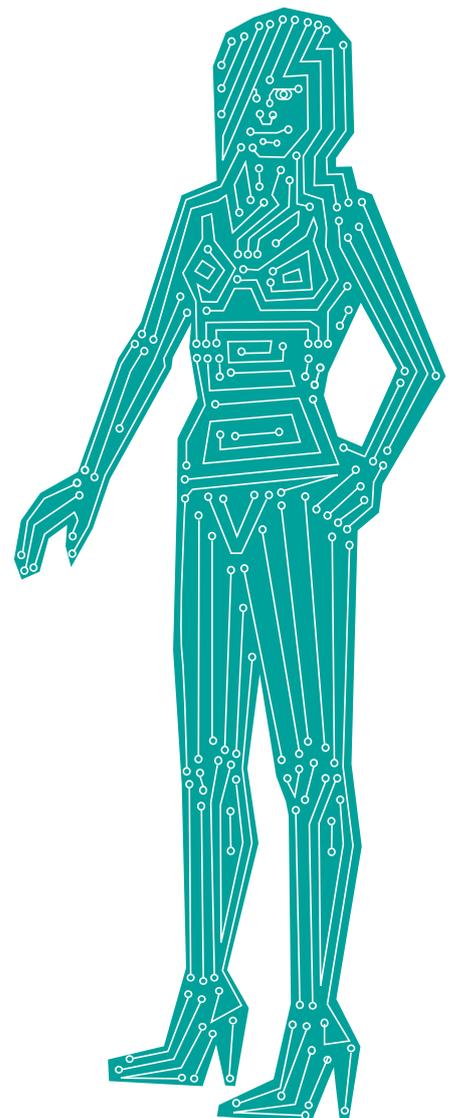
» In unserem Sonnensystem findet sich kein weiterer Planet und kein Mond, der auch nur annähernd die Lebensbedingungen bietet wie unser Heimatplanet Erde. Die Spezies Mensch hat sich über Jahrtausende an die Umwelt der Erde angepasst. Auch wenn wir Menschen vielleicht ständig die halbe oder die doppelte Schwerkraft ertragen könnten und auch bei der Umgebungstemperatur eine gewisse Schwankungsbreite unser Leben nicht unmöglich machen würde, so kann die Zusammensetzung der Atemluft bereits zum Tode führen, wenn bestimmte Gase nur um wenige Prozentpunkte abweichen. Wir sind auf zahlreiche Stoffe in unserer Nahrung existenziell angewiesen, und das sichere Vorhandensein von Wasser ist für uns unverzichtbar.

Wenn wir also auf einem anderen Himmelskörper als der Erde siedeln wollen, dann gibt es nur drei Möglichkeiten, um das zu erreichen:

1. Wir errichten luftdichte und strahlungsabsorbierende Kuppeln, in deren Innern wir eine für uns atembare Atmosphäre aufrecht erhalten, Nahrung in künstlichen Plantagen anbauen und Wasser dorthin transportieren (oder auf chemischem Wege aus dem Gestein extrahieren), durch intelligentes Recycling in einem perfekten Kreislauf halten und es immer wieder neu konsumieren. Diese Existenzbedingungen sind allerdings äußerst fragil und verwundbar und vermutlich nicht auf Dauer autark, aber darauf setzen aktuell die NASA, die ESA sowie die niederländische Privatinitiative Mars One bei ihren Plänen für bemannte Marsflüge, in deren Konzept eine Rückkehr der Astronauten nicht vorgesehen ist.

2. Wir verwandeln den zu besiedelnden Himmelskörper in eine zweite Erde – fachsprachlich: wir terraformen ihn. Das ist ein gigantisches, fast aberwitziges Unterfangen, das nicht nur unsere heutigen technischen Möglichkeiten weit übersteigt, sondern auch alle Energieressourcen, die uns zur Verfügung stehen. Dazu müssten wir nicht nur eine planetenweite bzw. mondweite passable Lufthülle in Druck und Zusammensetzung schaffen und sichern, sondern auch hinreichend Wasser aus tieferen Gesteinsschichten hervorholen und einen Wasserkreislauf über Verdunstung, Regen, Versickerung, Grundwasser, Quellen und Flüsse schaffen. Wir müssten Humusboden aufsetzen, in dem Kleintiere und Pflanzen gedeihen und der wiederum nährnde Umgebung für Nutzpflanzen und fleischproduzierende Großtiere sein müsste. Eine Mammutaufgabe, die vermutlich mehrere Generationen beschäftigen würde.

3. Wir unterziehen den Menschen einer tiefgreifenden biogenetischen Veränderung, so dass er in der Umwelt des Planeten bzw. des Mondes leben kann – wir passen also nicht den Planeten an den Menschen, sondern den Menschen an den Planeten an. Auf einer reinen Wasserwelt müsste er zum Kiemenatmer rückprogrammiert werden, während seine Lungen bei einer grundlegend anderen Atmosphäre möglicherweise Methan oder Ammoniak verarbeiten und gegen Chlor resistent sein müssten. Die Nahrungsverwertung im Körper müsste umgestellt werden, um diejenigen Stoffe aufnehmen zu können, die auf dem zu besiedelnden Himmelskörper vorhanden sind.



### James Blish

Der Amerikaner James Blish (1921 - 1975) gehörte zu den frühen Science-Fiction-Autoren, die in den 1940er und 1950er Jahren, dem sogenannten *golden age* der Science Fiction, das Genre geprägt haben. Sein wichtigster Roman war »A Case of Conscience« (1958), der von einer paradiesischen Zivilisation von Aliens handelt, die an kein göttliches Wesen glauben und dennoch hohe moralische Maximen besitzen – eine komplexe theologische Science Fiction. Sein erfolgreichstes Werk war sein Geschichtenzyklus über mittels Antigravitation schwebende und ins All hinausfliegende Stadthabitate.



Eine solche Totalveränderung des Menschen kann entweder durch gentechnische Heranzüchtung der nächsten Generation oder durch eine Umprogrammierung der DNS des lebenden Menschen erfolgen, was nur mittels Manipulation von Molekülen auf Nanoebene vorgenommen werden kann. Innerhalb der Science-Fiction-Literatur ist die gentechnische Erzeugung eines *homo novus* oder gar eines *homo superior* ein eigener Zweig, in dem sowohl interessante biologische Konzepte als auch gigantische Monstrositäten fabuliert werden und der Beispiele unterschiedlicher Radikalität offeriert.

### Der Angepasste Mensch

So lässt etwa der Amerikaner James Blish in seinem Episodenroman »The Seedling Stars«, der im Deutschen den fast anklagenden Titel »Auch sie sind Menschen ...« trägt, sogenannte Angepasste Menschen entstehen, die biologisch fähig sind, auf dem Jupitermond Ganymed zu überleben, dem der Autor ein Sechstel der Erdschwerkraft, eine dünne Methan-Atmosphäre und eine Umgebungstemperatur von minus 90 Grad Celsius attestiert.

■ **Das Blut in seinen Adern und das Grundplasma jeder einzelnen Zelle bestand zu neun Zehnteln aus flüssigem Ammoniak; seine Knochen waren aus Eis IV; seine Atmung verlief in einem komplizierten Wasserstoff-Methan-Kreislauf, der nicht auf der Katalyse durch einen eisenträgenden Farbstoff beruhte, sondern auf der Zerlegung und Umwandlung einer zweiwertigen Schwefelverbindung; wenn es sein mußte, konnte er wochenlang von einer täglichen Ration Gesteinsstaub leben.**

Er war immer so gewesen. Was ihn so erschaffen hatte, war buchstäblich geschehen, ehe er erzeugt worden war: die Anwendung von Behandlungsmethoden auf jene Keimzellen, aus denen er später hervorging – selektive Zellteilungsbeeinflussung, gezielte Röntgenbestrahlung, tektogenetische Mikrochirurgie, konkurrierende Stoffwechelhemmung, und vielleicht noch fünfzig andere Dinge, von denen er nicht einmal den Namen kannte – und die man in ihrer Gesamtheit »Pantropie« getauft hatte. [...]

[...] Selbst diese Keimzellen waren nur das Ergebnis vieler hundert Generationen, jede aus der anderen weitergezüchtet, ehe sie das Stadium der befruchteten Eizelle überschritten hatten, jede ein wenig mehr in die Richtung zum Zyan, zum Eis und den vielen anderen hübschen Sachen gezwungen [...].

(Blish: Menschen, Seite 10 f.)

Die erste Episode des Romans handelt übrigens davon, dass irdische Konzerne die Methode des Terraformings bei der Eroberung von Planeten und Monden bevorzugen, weil sie finanztechnisch deutlich lukrativer ist: Gerade durch die damit verbundenen gigantischen Aufgaben lassen sich große Investoren gewinnen. Die Verwandlung des Menschen in einen Angepassten Menschen muss deshalb heimlich geschehen, und die neuen Ganymed-Kolonisten sind Flüchtlinge, die sich ihre politische Unabhängigkeit erst erstreiten müssen.

## Die Wahl heißt: verwandeln oder sterben

Der deutsche Schriftsteller Hans Kneifel erzählt in seinem Roman »Am Rand des Blauen Nebels« von einer kleinen Gemeinschaft junger Biologen, die mit einem Raumschiff in einer unbekanntem Region des Alls stranden. Der einzige für sie noch erreichbare Planet ist für Menschen lebensfeindlich, aber dort befindet sich dennoch eine fremdartige pflanzliche und niedere tierische Form von Leben. Wenn die Gestrandeten überleben wollen, besteht ihre einzige Chance darin, ihre Körper dieser Ökologie anzupassen. Das biotechnische Umwandlungsverfahren sieht nun vor, jeden einzelnen Menschen zunächst in eine gigantische Zellmasse zurückzuentwickeln, wobei gewisse Hirnzellen erhalten bleiben, um die Erinnerungen und die Persönlichkeit zu speichern. Dann wird die Riesenzelle auf der DNS-Strukturebene angepasst, indem die einzelnen Codes umgeschrieben werden:

- Die Riesenzelle wurde beeinflusst, angepaßt, umgewandelt. Die Natur des Zelleiweißes blieb erhalten, nur die Carboxylgruppe wurde denaturiert. Die Gammastrahlung des Kobaltreaktors decarboxylierte und setzte dafür die Formel einer hochkomplizierten Imingruppe ein, einer Stickstoff-Stickstoffverbindung. Die Natur der Zelle veränderte sich, ohne das Reservat der schlummernden Erinnerungen anzutasten.

Einzelne Zellgruppen würden später Knochenmark bilden. Die Organe, aus denen im menschlichen Körper später Blut gebildet wurde, waren schon verändert. Das Novohaema löste das Blut ab; im Kreislauf der Angepaßten würde eine chemisch indifferente Flüssigkeit den Stickstoff transportieren und in der Lunge gegen Ammoniak austauschen, das im Körper entstand.

Der Knochenbau [...] würde den zwanzigfachen Druck und die dreifache Schwerkraft aushalten müssen. Große Zellen, geschaffen wie die Zellen von Tiefseefischen, würden den Druckausgleich übernehmen, und die stahlharten Zellwände würden die Schwerkraft auffangen.

(Kneifel: Rand, Seite 127)

Danach beginnt der Prozess der natürlichen Zellteilung; die Umprogrammierung ist abgeschlossen, und ab hier nimmt die Natur wieder ihren Lauf. Die Zellen spezialisieren sich, die neuen Organe bilden sich. Das Heranwachsen zu einem erwachsenen Neuen Menschen wird natürlich durch äußere Stimulation extrem beschleunigt, so dass der Angepasste Mensch in wenigen Stunden ausgewirft ist:

- Die Muskeln [...] würden zäher und kräftiger ausfallen, ohne größer zu werden als vorher. Nur die Zellwände und die Anlage der Fibrillen waren - laut Plan - stärker und trotzdem beweglicher. Die Imingruppe des verhärteten Eiweißes verursachte diese Umbildungen. Ein besonderes Kapitel war die Lunge. Die Anlage der Zellen, die Alveolen und Bronchien bilden würde, war einer Beeinflussung unterworfen worden. Bei der Reifung der Fetalkörper würde eine Ventilklappe entstehen, ähnlich der des Herzens. Dieses Ventil würde zustandebringen, daß in den Lungen der Austausch von Ammoniak gegen Stickstoff aus dem Novohaema stattfand. Ein hoher Druck von über zwanzig Atmosphären war dazu notwendig, und eine Körpertemperatur von fünfundvierzig Grad über Null war das Ergebnis der Umwandlung.

(Kneifel: Rand, Seite 130)



### Han[n]s Kneifel

Der deutsche Schriftsteller Hanns Kneifel (1936 - 2012), der meist unter Hans Kneifel veröffentlichte, war der Stilist und der Romantiker unter den modernen deutschen Science-Fiction-Autoren. Er hat innerhalb des Perry-Rhodan-Universums rund 350 Romane verfasst, daneben aber auch weitere bemerkenswerte Science Fiction wie etwa »Der Traum der Maschine« (1965) und die Romane zur legendären Fernsehserie um die Raumpatrouille Orion, außerdem Fantasy, Horror und Seefahrerabenteuer. Zuletzt publizierte er mit großem Erfolg auch einige historische Romane aus der Antike des Mittelmeerraums.



### Clifford D. Simak

Der Amerikaner Clifford D. Simak (1904 -1988) hat in zahlreichen seiner Romane und Kurzgeschichten gerne die Grenzen zwischen Science Fiction und Fantasy verwischt. Insbesondere in seinen Kurzgeschichten konzentrierte er sich auf die einfachen Leute, denen Technik gelegentlich wie Magie vorkam. Im Hauptberuf war er Zeitungsredakteur.

### William Voltz

Der früh verstorbene deutsche Science-Fiction-Schriftsteller Wilhelm Voltz (1938 - 1984), der seine Texte unter William Voltz veröffentlichte, war der prägendste Autor der »Perry Rhodan«-Serie, der ihr philosophische Tiefe gab und über viele Jahre hinweg die Romanexposés verfasste. Er schrieb u.a. den Band 1.000 »Der Terraner«, in dem in einem genialen Rückblick viele Handlungsabläufe eine neue Bedeutung bekamen. Insgesamt verfasste er über 250 Romane, einige wenige auch außerhalb der Serie sowie im Fantasy-Genre.

Die neue Biologie ist der alten nachgebildet, die Organe haben eine ähnliche, eine analoge Funktion, verarbeiten aber andere Stoffe. So atmet die Lunge Stickstoff und gibt Ammoniak statt Kohlendioxid ab. Der Magen ist dazu gebaut, um andere Nahrung zu verarbeiten und über die Leber die nun benötigten Nährstoffe in den Körper zu geben. Und auch äußerlich sind diese Menschen ihrer neuen Lebensumwelt angepasst, wenn auch die humanoide Form geblieben ist.

Zwar wird in diesem Roman aus dem Jahr 1965 der Begriff Nano nirgendwo gebraucht, aber die eingehend geschilderten Manipulationen stellen direkte Eingriffe in Makromoleküle dar. Die DNS wird gewaltsam aufgebrochen und neu konfiguriert, so dass sich der Angepasste Mensch daraus entwickeln muss: Der Rest ist dann wieder Biologie, stark stimuliert zwar, denn das Wachstum der Zellen und die Spezialisierung der Organe wird ständig überwacht, um Fehlentwicklungen zu korrigieren.

### Der neue Mensch nimmt die neue Welt über neue Sinne auf

Dieses Verfahren hat James Blish »Pantropie« getauft, allerdings hat sich dieser Begriff weder innerhalb noch außerhalb der Science Fiction durchsetzen können, obwohl die künstliche Anpassung des Menschen an eine fremde Umwelt in der Science Fiction häufiger thematisiert wird. Erstmals hat Clifford D. Simak bereits im Jahre 1944 diese Idee mit seiner Story »Desertion« ins Genre eingeführt, dabei allerdings die Umwandlung nur kurz über eine als »Konverter« benannte Maschine laufen lassen, ohne den Mechanismus weiter zu erklären. Mittelpunkt seiner Geschichte ist, wie der Mensch nach der Umwandlung empfindet: Sie erzählt davon, dass der Angepasste Mensch derart viele herrliche neue Sinneswahrnehmungen erfährt, dass er sein altes menschliches Dasein nachträglich als beschränkt und freudlos einordnet - und nicht mehr zurück will.

Eine Umwandlung in ein methanatmendes Wesen schildert auch der deutsche Science-Fiction-Autor William Voltz in seiner 1973 entstandenen Geschichte »Der Preis«. Hier wird allerdings keine technische Verwandlung vorgenommen, sondern der Planet selber beinhaltet einen biologischen Mechanismus, der so klein ist, dass er durch die Hülle eines Raumanzugs in den menschlichen Körper eindringen kann. Der Mechanismus programmiert binnen weniger Tage die DNS um, so dass ein an den Planeten angepasster Körper entsteht.

Eine radikale (und anschließend nicht mehr rückgängig zu machende) nicht-biologische Lösung für eine Menschenverwandlung beschreibt übrigens Frederik Pohl. Für seinen »Plus-Menschen« werden die für ein Leben auf dem Mars nicht geeigneten körperlichen Organe durch technische Vorrichtungen ersetzt: der Mensch wird einfach in einen Cyborg verwandelt.

Doch kommen wir noch einmal auf James Blishs Episodenroman zurück. Bei ihm wird die menschliche Besiedlung des Weltalls komplett über die genetische Anpassung des Menschen erreicht, da Blish davon ausgeht, dass es keine weiteren erdähnlichen Planeten in unserem Spiralarm mehr gibt. Wenn auf einem neu entdeckten Planeten *irgend-eine* Form von Leben möglich ist, so wird deshalb immer wieder eine neue Abart der Spezies Mensch geformt, die oftmals nur noch vom Denken, aber nicht mehr von der Biologie her menschenähnlich ist.

Das gilt auch für die Größenverhältnisse. Auf einer Wasserwelt, die von Amöben beherrscht wird und dessen größte Wesen Krebse und Quallen sind, entscheiden sich die Gentechniker, Menschennachfolger in Mikrometergröße zu erzeugen, die fortan im Süßwasser siedeln. Und so werden sie beschaffen sein:

- **Glieder mit Schwimmhäuten, natürlich; Daumen und Großzehe für die Verteidigung stark und dornartig. Kleine Außenohren; das Innenohr größer und näher am äußeren Ende des Ohrkanals. Wir werden auch die Flüssigkeitsregulierung umgestalten müssen; die Glomerularniere ist zwar für das Leben im Süßwasser geeignet, aber der ständige Aufenthalt eines Wesens mit salzigem Innern im Wasser bedeutet, daß der osmotische Druck innen wesentlich höher ist als außen, so daß die Nieren praktisch ununterbrochen arbeiten müssen. Unter den gegebenen Umständen ist es am besten, die Harnproduktion zu erhöhen, das heißt, daß die antidiuretische Funktion der Hypophyse praktisch aufgehoben werden muß. [Und die] Atmung? [...] Wahrscheinlich Buch-Lungen. Sie können durch Luftlöcher in den Zwischenrippenräumen versorgt werden. Man kann sie stufenweise an atmosphärische Atmung anpassen, für den Fall, daß sich unsere Kolonisten jemals dazu entschließen, das Wasser zu verlassen. Um für diese Möglichkeit vorzusorgen, möchte ich vorschlagen, die Nase beizubehalten, und zwar die Nasenhöhle als Teil des Ohrsystems beizubehalten, diese Höhle aber vom Kehlkopf mit einer Membrane aus Zellen abzuschließen, die Sauerstoff direkt aufnehmen können, statt auf die Versorgung durch das Kreislaufsystem angewiesen zu sein. Eine derartige Membrane würde nicht viele Generationen überdauern, sobald das Wesen einmal das Wasser, wenn auch nur für kurze Zeiträume, verlassen hätte. Es würde zwei oder drei Generationen als Amphibium durchlaufen und eines schönen Tages feststellen, daß es wieder durch seinen Kehlkopf atmet.**  
(Blish: Menschen, Seite 107 f.)

Diesmal geht es also nicht nur darum, in die DNS einzugreifen und sie umzuschreiben, sondern auch die entstehenden Wesen sind niedriger strukturiert und nur mal gerade drei Zehnerpotenzen größer als ihre eigenen biologischen Bausteine. Nicht thematisiert wird dabei allerdings, ob auch die Gehirne dieser Wesen überhaupt noch menschliche Intelligenz tragen können.

### Frederik Pohl

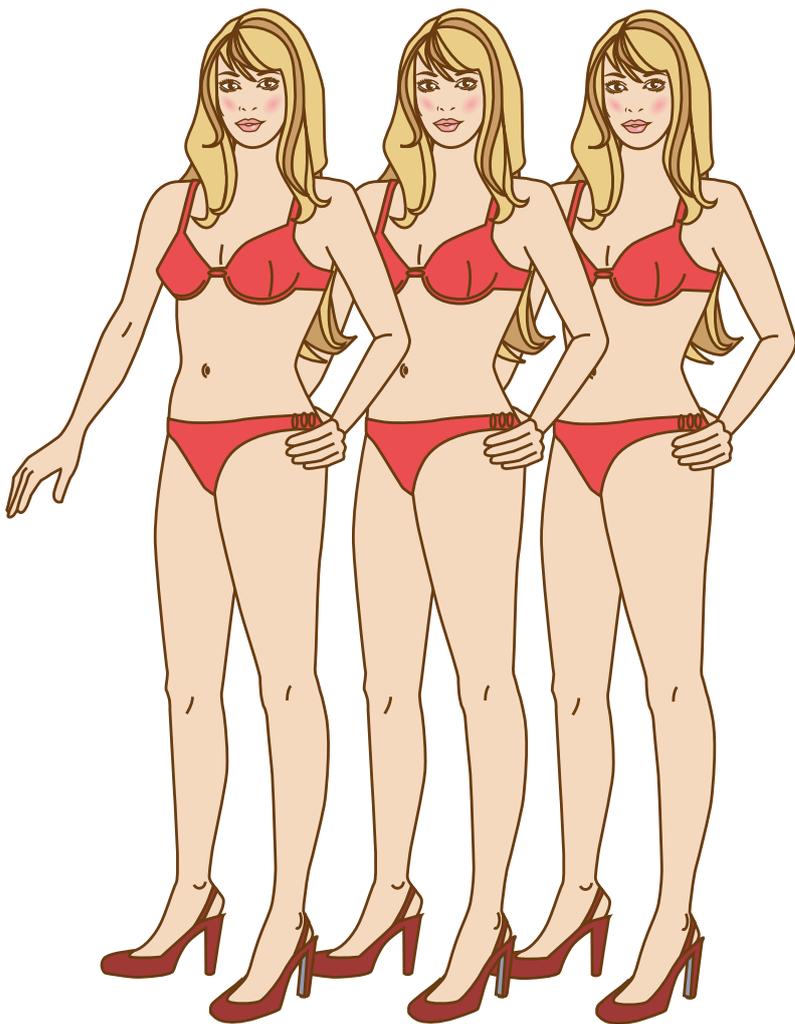
Der Amerikaner Frederik Pohl (1919 - 2013) wurde 94 Jahre alt, von denen er 75 Jahre lang Science Fiction schrieb und veröffentlichte. Er prägte die amerikanische Science Fiction in ihrem *golden age* der 1940er und 1950er Jahre nicht nur als Autor, sondern auch als Herausgeber von mehreren Storymagazinen. Sein ambitioniertester Roman war »Gateway« (1977) über eine Sternestation, die von einer vor langem ausgestorbenen Alien-Hochzivilisation errichtet wurde und die Zugang zu unzähligen fremdartigen technischen Artefakten bietet. Mit »The Space Merchants« (1953, verfasst gemeinsam mit Cyril M. Kornbluth) hat er eine herrliche Satire auf eine zukünftige Welt des Konsumterrors und der allgegenwärtigen Werbung präsentiert.



## Die Züchtung neuer Arten

Doch Eingriffe in die menschliche Biologie sind nicht nur bei der Siedlung auf anderen Planeten denkbar. Es lassen sich auch Optimierungen von Körperfunktionen aus anderen Gründen denken, etwa um Soldaten zu züchten, um höhere Intelligenz zu erreichen, eine attraktivere Körperlichkeit zu gewinnen oder ein drastisch verändertes Aussehen, um neue Sinne oder gar um eine Mensch-Tier-Hybridexistenz zu erzielen.

Selbst eine niedere Existenz lässt sich erzeugen: John Ringo stellt die Produktion von »Homunkuli« vor, menschenähnliche Geschöpfe, die nur zu primitiven Arbeiten herangezüchtet werden, biologische Sklaven:



- Estrelle war ein humanoformes Konstrukt, ein reizendes Gebilde mit üppigem, goldblondem Haar, das in einer wahren Lockenpracht bis zu ihren gerundeten Pobacken reichte, kornblumenblauen Augen und hohen, festen Brüsten. Sie hatte ein herzförmiges Gesicht und war auf übermütige Fröhlichkeit programmiert, sei es nun gegenüber männlichen oder weiblichen Gästen. Als Homunkulus waren ihre Denkmuster bewusst beschränkt und ohne jede echte Vernunft. Aber sie brauchte auch keine komplizierte Codierung. Schließlich bestand ihre Aufgabe nur darin, die Leute mit Speis und Trank zu versorgen, den Raum sauber zu halten, hübsch auszusehen und auf die Andeutung einer Einladung hin ins Bett zu hüpfen.

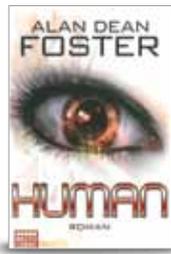
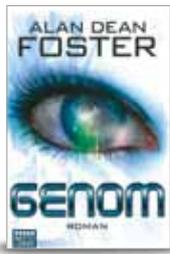
(Ringo: Zusammenbruch, Seite 93)

Die amerikanische Autorin Nancy Kress geht noch einige - schreckliche - Schritte weiter: In ihrem Roman »Beggars and Choosers« werden in einer Einrichtung für illegale Genmodifikationen Wesen gezüchtet, die zwar von der menschlichen Biologie abstammen und teilweise auch menschlich aussehen, die aber allein zur Befriedigung perverser Gelüste menschlicher Kunden gezüchtet werden und extreme sexuelle Wünsche erfüllen können (Kress: Bettler, Seite 169 f.). Und es werden Wesen gentechnisch hergestellt, die für Transplantationszwecke benötigte menschliche Körperteile mehrfach in sich tragen (Kress: Bettler, Seite 170). Auch wenn sie biologische Wesen sind, sind sie doch nur als Maschinen anzusehen. Hier sind wir endgültig in den Niederungen menschlicher Kunstfertigkeiten angelangt:

- Sie können alles haben [...]. Was immer sie möchten, können sie sich aus Elektronen formen oder mit Prothesen realisieren. Aber das genügt ihnen nicht. Sie verlangen nach mehr. Sie sammeln gescheiterte Untherapierte ein, füllen sie mit billigem Nano ab und formen sie wie Lehmklumpen ...

(Bear: Slant, Seite 87)





Und dieses »billige Nano«, diese minderwertigen nicht-medizinischen Nanoverfahren werden dann verächtlich »Gärtner-Nano« (Bear: Slant, Seite 89) genannt, weil sie für andere und einfachere Formen des Wachstums hergestellt worden sind. Hier gelangt die Science Fiction natürlich an die Grenzen der Beschreibbarkeit, aber sie will auch diese denkbaren Auswüchse von verdrehter Technik nicht aussparen, um davor zu warnen.

### Neue Schönheitsideale mit gestalteten Körpern

Körperdesign nicht über äußere Chirurgie, sondern via DNS-Manipulation ist eines der Themen in Greg Bears Roman »Queen of Angels« / »Königin der Engel« aus dem Jahr 1990. Seine Hauptfigur ist eine junge Polizeidetektivin, die sich per »Transformation« (Bear: Königin, Seite 10) – und für viel Geld! – einen verbesserten Körper hat anpassen lassen, der nicht nur äußerlich besonders attraktiv ist, sondern Größe, Stärke, Wendigkeit, Widerstandsfähigkeit und ein hohes Maß an genetischer Gesundheit zeigt. In späteren Jahren, als sie ein anderes Bewusstsein für ihre Körperlichkeit bekommt und größere seelische Selbstsicherheit gewonnen hat, lässt sie einige überzogene Modifikationen allerdings wieder zurückentwickeln (Bear: Slant, Seite 71).

Auch Alan Dean Foster beschreibt sehr detailliert, wie Menschen relativ beliebig ihre Körperlichkeit neu gestalten können. Dazu gibt es spezielle »Meld-Studios«, eine künftige Mischung aus medizinischer Ambulanz und Tattoo-Studio, die als perverse Dienstleistung anbieten, mittels chirurgischer Eingriffe und über mit Nanorobots veränderter DNS jeden Menschen größer, stärker, schöner, farbiger, elastischer zu formen – also in jeder Weise zu optimieren oder künstlerisch zu verfeinern (Foster: Human, Seite 88 - 99 und 102 f.). Dabei ist Ästhetik allerdings stets subjektiv.

Wenn manche junge Mädchen heute schon sich die Körpermaße sklerotischer Models erträumen, dann kann man sich lebhaft vorstellen, wie in einer Zukunft der Nanomedizin Mädchen ihre Mütter beknieen werden, sich einer körperlichen Umformung unterziehen zu dürfen – und wenn es nur temporär ist, weil man auf eine angesagte Party gehen will. Ein »Bodysculp« wird dann dazugehören wie heute ein Designerkleid (Ringo: Zusammenbruch, Seite 76 - 78). Nanomedizin vermag die Haut modisch zu modellieren und dann auch neunzigjährige Frauen kein Jahr älter als fünfundreißig aussehen lassen (Kress: Bettler, Seite 12).

### Alan Dean Foster

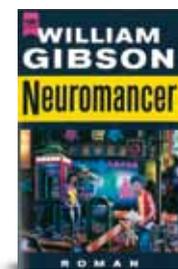
Der 1946 geborene Amerikaner Alan Dean Foster ist einer der vielseitigsten und fleißigsten Science-Fiction-Autoren. Er hat zahllose Auftragsarbeiten verfasst, indem er Filmdrehbücher rasch und stromlinienförmig in Romane verwandelt hat: etwa zu den »Alien«-Filmen, zu den Serien »Star Trek«, »Star Wars« und »Dinotopia« oder den »Transformers«-Figuren. Besonders beliebt ist er bei seinen Lesern mit den humorvollen Erlebnissen seines aufmüpfigen jungen Helden Flinx und seines Minidrachen Pip, die immer wieder in ebenso haarsträubende wie lebensgefährliche Situationen geraten, sowie durch die in seinem »Homanx«-Universum spielenden farbigen Planetenabenteuer. Sein Roman über die von Pflanzen beherrschte Welt »Midworld« (1975) ist eines der beachtenswertesten Science-Fiction-Werke über eine fiktive geschlossene Ökologie. Die acht Bände seiner »Spellsinger«-Saga (1981 - 1994) weisen Foster auch als erfindungsreichen Fantasy-Autor aus.

Mithilfe dieser Transformationstechnik kann man einem Menschen sogar eine »Zwei-Zonen-Körperchemie« (Bear: Königin, Seite 62 f.) anpassen, so dass er in zwei unterschiedlichen Umwelten zu leben vermag und dazu seine Körperfunktionen selbsttätig umstellen kann. Auch lassen sich Nerven dergestalt modifizieren, dass sie willentlich in ihrer Sensibilität verändert werden können (Bear: Königin, Seite 302). Eine temporäre Körperanpassung könnte auch im Tourismus Einsatz finden: So könnten Urlauber vor Urlaubsantritt mittels einer speziellen Nanobehandlung etwa an eine Wüstengegend akklimatisiert werden:

- [V]erlängerte Hautlappen zum Schutz der Ohren, vorstehende Brauen, um den Augen Schutz zu bieten, ein auf Dauer erhöhter Melaningehalt der Haut, gespreizte Füße mit verhärteten, unempfindlicheren Sohlen, mit denen man ohne Schuhe im Sand laufen konnte, einer umgeleiteten Speiseröhre, die für einen höheren Feuchtigkeitsgehalt in der Lunge sorgte, sowie fleischigen Epidermisanhängseln, mit denen der Schweiß recycelt wurde.  
(Foster: Human, Seite 323)

Dieses Designen von Körpern erinnert an die Kunstform, die Olaf Stapledon bereits im Jahre 1930 in seinem philosophischen Werk »Last and First Men« / »Die letzten und die ersten Menschen« beschrieben hat, als es in einer späteren Epoche der Menschheit darum ging, menschliche Körper nach Ästhetik neu zu formen und somit lebende Plastiken zu schaffen. Er nannte diese Kunstform »Vitaplastizismus« (Stapledon: Menschen, Seite 252). Sie sollte später zu einer grundlegenden Verwandlung der menschlichen Körperlichkeit hin zu Supermensch führen:

- Jene, die ein Supergehirn entwickeln wollten, wandten dabei vier Methoden an, nämlich (1) die künstliche Zuchtwahl, (2) die Beeinflussung der Erbfaktoren in den Keimzellen, für die in den Laboratorien besondere Kulturen bestanden, (3) Manipulationen im befruchteten Ei (ebenfalls in Laboratorien kultiviert) und (4) Manipulationen am wachsenden Organismus.  
(Stapledon: Menschen, Seite 261)



### Der homo superior

Die Ergebnisse sind – gelinde gesagt – zunächst grotesk, führen aber schließlich zu einem *homo superior*. Und natürlich können die Methoden (2) und (3) nur auf der Basis von einzeln vorgenommenen Manipulationen im Nanobereich geschehen.

Aber es lassen sich natürlich auch kleinere technische Änderungen am Menschen vornehmen: Alan Dean Foster stellt optimierte Augen vor, bei denen die Brennweite über die Muskeln extrem eingestellt werden kann: in die eine Richtung kann die räumliche Breitensicht eines Adlers erreicht werden, in die andere Richtung die Schärfe eines guten Mikroskops. Aus dem Auge kann sogar ein hauchdünnes Flexskop ausgefahren werden, um in das Innere von Gegenständen zu sehen, und zusätzlich an der Stirn montierte Augen vermögen ihre optisch empfangenen Daten drahtlos an ein Computersystem weiterzugeben (Foster: Human, Seite 49 und 74). Die Idee des zweiten Augenpaars an der Stirn hat Foster übrigens auch an anderer Stelle aufgegriffen: dort dient es Untersuchungszwecken (Foster: Genom, Seite 24). Nicht unpraktisch erscheint auch ein in den Magen implantierter Nährstoffextraktor, der jegliche eingehende Materie zerlegen und *verdauen* kann (Foster: Human, Seite 256, 258).

## Das menschliche Gehirn wird verlinkt

Die zentrale Änderung am menschlichen Körper, die wir in diesem 21. Jahrhundert erleben dürften, wird der direkte Anschluss an die Virtualität sein. Wir sind bereits gewohnt, alle Arten von Computern zu Netzwerken zusammenzuschließen, kaum noch ein System bleibt singulär – außer dem Menschen, der sich bislang nur mittelbar, über unsere Sinne Sehen und Hören mit Netzwerken verlinkt. Wenn sich der USB-Anschluss am Schädel oder die W-LAN-Verbindung mit dem Nervensystem einrichten ließe, könnten wir nicht bloß schneller und direkter Daten aufnehmen, sondern wir würden zu einem Bestandteil der Virtuellen Welt und möglicherweise eines Tages diese der realen vorziehen.

William Gibson hat im Orwell-Jahr 1984 in seinem aufsehenerregenden Roman »Neuromancer« geschildert, wie sinnerweiternd, wie andersweltlich das Leben des *homo novus* sich darstellen wird – und auch, wie schmerzvoll diese Existenz sein könnte. Er hat, um sowohl den Alltag des Kleinen Mannes zu zeigen als auch eine aktionsreiche Handlung zu vermitteln, die Welt einer kriminellen Unterschicht als Szenerie gewählt. Protagonist des Romans ist ein Süchtiger der Virtualität, der über Add-ons am Körper tief in nicht-reale Computerwelten eindringt, der dafür in der Realwelt Auftragsmorde begeht und sich zum Handlanger für jegliche kriminelle Handlung hergibt. Als Strafe für einen Betrug an seinen Auftraggebern werden jedoch plötzlich durch einen Nanoeingriff seine Nerven desensibilisiert, so dass er die Virtuelle Welt nicht mehr erfahren, nicht mehr in sie *abtauchen* kann. Er ist nun auf der verzweifelten Suche, seine Fluchtwege aus der Realität wiederzugewinnen. Er wird darüber zum Doppelt-Abhängigen, da in seinen Blutkreislauf latent wirkende Nanoteilchen eingesetzt werden, die jederzeit seine Nerven als virtuell sensibel oder nicht-sensibel umschalten können.

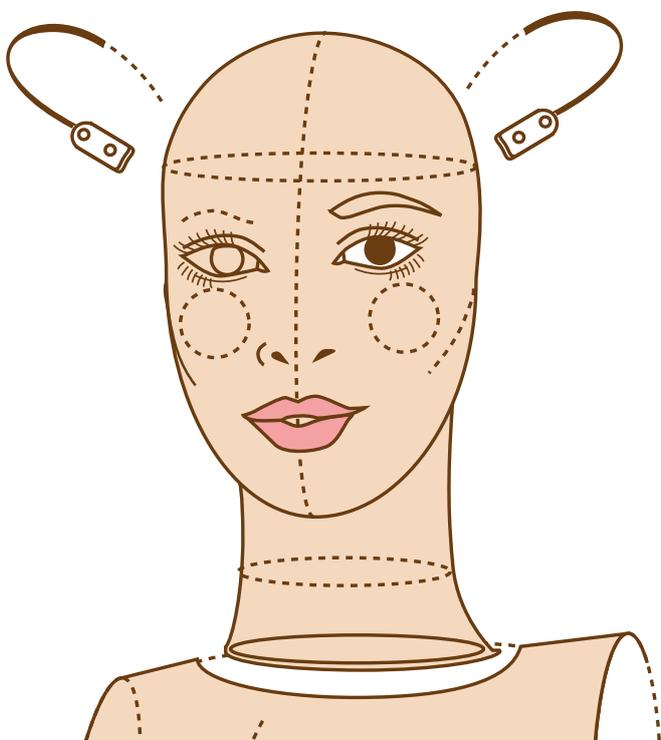
Der Roman erschrickt den unbefangenen Leser – auch weil er bei der Lektüre ahnt, dass eine solche fabulierte Zukunft schon bald möglich sein wird.

### Olaf Stapledon

Der britische Philosoph und Schriftsteller Olaf Stapledon (1886 - 1950) hat in seinen beiden einzigartigen Werken »Last and First Men« (1930) und »Star Maker« (1937) eine fiktive Geschichte der Menschheit in eine Jahrtausende reichende Zukunft hinein sowie die nicht minder spektakuläre und Milliarden Jahre überspannende Entwicklung des gesamten Universums verfasst und damit den Autoren der Science-Fiction-Literatur die Tür in die Phantasie über gewaltige Sternreiche geöffnet. Die beiden Bücher sind ungewöhnliche Werke, die keine eigentliche Handlung beinhalten und damit nicht als Romane bezeichnet werden können, sondern sie stellen eine Beschreibung von Abläufen dar, die eine ganze Spezies bzw. komplette Sternwelten umfassen.

### William Gibson

Der 1948 geborene amerikanische Science-Fiction-Autor William Gibson eröffnete mit seinem ersten Roman »Neuromancer« (1984) einen dunklen und pessimistischen Blick in eine Nahzukunft, in der Virtuelle Welten der realen Welt den Rang ablaufen. Er prägte für diese Richtung der Science Fiction den Begriff »Cyberpunk« und wurde zum Propheten für eine neue Subkultur.





## 7 Das Problem der Selbstreproduktion: Vergesst den Schalter nicht!

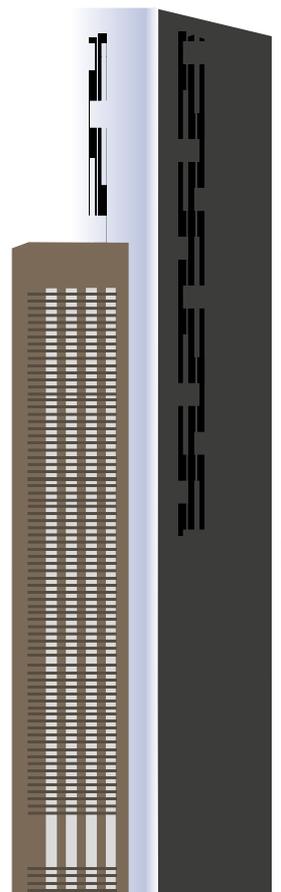
Bei jedem nanotechnischen Mechanismus muss stets die Kontrolle durch den Menschen erhalten bleiben. Jeder Prozess muss entweder automatisch und sicher enden oder von außen jederzeit abgebrochen werden können. Auch darf dem Mechanismus niemals die Möglichkeit zu selbstindizierten Mutationen gegeben werden.

» Wenn die Science-Fiction-Literatur eine bestimmte Technologie thematisch aufgreift, dann stellt sie natürlich nicht nur ihre Vorzüge heraus, sondern spekuliert auch über mögliche Gefahren, die von dieser Technik ausgehen könnten. Und nachvollziehbar ist auch, dass Gefahren überproportional häufiger dargestellt werden als positive Szenarien, denn die Science Fiction ist eine aktionsreiche Literatur, die eine spannende Handlung erdenken muss, weil sie ihre Leser fesseln will. In einem Fernsehkrimi werden auch nur selten die langweiligen, ereignislosen Tage in einem Polizeikommissariat beschrieben, in denen die Beamten ihr neues Ablagesystem erproben und sich über die Beschaffung einer Kaffeemaschine unterhalten, während sie nebenbei den Fall eines Ladendiebs abarbeiten. Ein spektakulärer Mord hält die Zuschauer eher vom Wegzappen ab.

Beginnen wir bei der Diskussion möglicher Gefahrenpotenziale zunächst mit den Teilchen selbst und lassen ihre Funktion einmal beiseite. Aufgrund ihrer Größe sind sie einzeln weitgehend harmlos, weil sie sich in die Myriaden von winzigen Schwebeteilchen einreihen, die sich sowieso in der Luft befinden oder im Wasser gelöst sind. Problematisch können sie erst werden, wenn sie in großer Zahl auftreten und dann Klumpen bilden, da die Nanotechnologie bevorzugt Kohlenstoff verwendet sowie bestimmte Metalle, soweit Nanomaschinen gebaut werden, in denen elektrische Vorgänge ablaufen sollen. Wenn Kohlenstaub sich in der Lunge festsetzt, verzeichnen wir die schädlichen Auswirkungen, die wir vom Zigarettenrauchen kennen, und Metalle neigen dazu, Salze zu bilden, die toxisch sein könnten.

So macht es Sinn, dass es in einer nanotechnisch aktiven Zukunft eine internationale Vereinbarung geben müsste – Neal Stephenson tauft sie das »Protokoll« (Stephenson: *Diamond Age*, Seite 74) –, dass alle Nanomaschinen, sobald sie ihre aktuelle Aufgabe erledigt haben, sich nicht nur selbsttätig deaktivieren, sondern sich auch automatisch in harmlose Komponenten zerlegen und entsorgen. Diese Protokolle müssten von einer internationalen Nanobehörde kontrolliert werden. Da sich jedoch vermutlich nicht alle Konstrukteure an solche Regeln halten werden, wird es Abwehrsysteme geben müssen, die wildgewordene Überreste von Nanoaktivitäten neutralisieren können. Überbleibsel fehlgeleiteter Nanovorgänge oder Abfallprodukte von bei der Vernichtung übriggebliebenen Nanomaschinen könnten dann inaktive Verklumpungen sein, die die Luft graphitfarben eindunkeln würden; man würde »Toner« einatmen und ihn als teerartigen Schleim wieder aushusten (Stephenson: *Diamond Age*, Seite 73). Dagegen können Masken mit speziellen ultrafeinen Membranen helfen, außerdem staubsaugerähnliche »Milbenpistolen« (Stephenson: *Diamond Age*, Seite 74 f.), die nur wegen ihrer Form so heißen, die nicht schießen, sondern Luft ansaugen und in Kartuschen mit gefalteten Membranen die Nanoteilchen festhalten.

Wenn dereinst der Nanoarzt oder die Nanokämpfer oder der Nano-reiniger gebaut werden sollte, dann mag es auf den ersten Blick am bequemsten erscheinen, wenn diese Nanomaschine sich selbst zu duplizieren vermag, damit man die in Nanogröße extrem schwierige Konstruktion nur einmal vornehmen muss. Doch dabei ist es unumgänglich, die Kontrolle über diese Reproduktion zu behalten. Es muss eine Möglichkeit geben, sie ein- und auszuschalten oder mindestens sie durch Anzahl oder Raum oder Umwelt oder Ressourcen oder Ener-





### Michael Crichton

Der Amerikaner Michael Crichton (1942 - 2008) war ein erfolgreicher Schriftsteller und Filmregisseur. Der 2,06 Meter große studierte Anthropologe und Mediziner wurde einem breiten Publikum bekannt vor allem durch seine Kinofilme »Westworld« (1973) und »Jurassic Park« (1993).

Er entwickelte 1994 »Emergency Room«, die erfolgreichste amerikanische Krankenhaus-Fernsehserie, und schrieb die Drehbücher der ersten drei Folgen. Mit »The Andromeda Strain« (1969) hat er einen Science-Fiction-Roman mit einer bemerkenswerten wissenschaftlichen Pointe verfasst.

giefzufuhr zu begrenzen. Das kann heißen, dass die Reproduktion entweder über einen Funkbefehl gestoppt werden kann oder beim Erreichen einer Höchstzahl oder einer maximalen Ausdehnung der Population automatisch endet, dass sie nur innerhalb einer bestimmten Lokalität (einem Labor oder einem menschlichen Körper) oder nur bei genau definierten Umweltbedingungen (Temperatur, Luftzusammensetzung, Lichtstärke, Magnetismus, Radioaktivität o.ä.) ablaufen kann.

Es muss *immer* einen Schalter geben. Ein Nichtbeachten dieser fundamentalen Sicherheitsregel wäre fatal, denn ein unbegrenztes Wachstum würde uns unweigerlich vernichten.

### Wenn Nanoteilchen der Kontrolle entkommen

Wie es zu einer ernsteren Nanokatastrophe kommen kann, das erzählt sehr anschaulich Michael Crichton in seinem Roman »Prey« / »Beute« aus dem Jahre 2002. Alles beginnt mit einem harmlosen militärischen Auftrag: Ein Unternehmen soll eine Wolke aus winzigen Aufklärungskameras entwickeln, deren Einzelteile zu klein sind, um vom Feind erkannt und abgeschossen zu werden. Jede einzelne Komponente kann bereits engumgrenzte Bilder aufnehmen und per Funk übermitteln, sie holt sich ihre Energie über ein aufgesetztes Solarmodul mit einigen Stunden Speicher für die Dämmerung, sie kann mittels einer winzigen integrierten Turbine fliegen, und sie hat die Fähigkeit, mit der jeweiligen Nachbareinheit koordiniert zu agieren – so dass alle zusammen eine Art Schwarmintelligenz zeigen (Crichton: Beute, Seite 160 - 162).

Aufgrund einer Nachlässigkeit bei den Luftfiltern des Labors entweichen jedoch nicht nur einige Prototypen, sondern auch einige Nanoassembler, mit denen diese Aufklärungseinheiten hergestellt werden, in die Umwelt. Und plötzlich zeigen die entwichenen Nanorobots nicht nur ein koordiniertes Schwarmverhalten, sondern sie gewinnen auch (über die Assembler) die Fähigkeit zur Reproduktion. Sie lernen, sich taktisch zu verhalten: sich im inaktiven Zustand in der Nacht zu verstecken und im aktiven Zustand tagsüber zu lernen (Crichton: Beute, Seite 182 - 186). Sie beobachten, nähern sich dem abgeschotteten Labor, versuchen einzudringen und anzugreifen, wachsen Tag für Tag in ihrer Zahl und ihrer Intelligenz. Die Schwärme lernen ihre Schwächen zu begreifen und zu umgehen, und schließlich beginnen sie sogar Menschen äußerlich zu imitieren (Crichton: Beute, Seite 319 f.) – um den Feind zu kennen, muss man sein wie er.

Diese Schwarmkoordination funktioniert tatsächlich innerhalb der Handlung, obwohl die Wissenschaftler im Roman das zunächst selbst nicht verstehen und Gegenargumente bringen\*: So soll beispielweise die Fähigkeit der Teilchen zum Signalaustausch nur auf kurze Distanzen möglich sein (Crichton: Beute, Seite 196). Außerdem sollten sie keine Überlebenschancen außerhalb des Labors besitzen:

\* Solche in einen Roman eingebaute Wissenschaftsdiskussionen deuten meist darauf hin, dass der Autor selbst die Handlung nicht für wahrscheinlich hält und deshalb die beim kritischen Leser vermuteten Gegenargumente vorsorglich von sich aus einbringt, um etwaigen Angriffen den Wind aus den Segeln zu nehmen.

- Die einzelnen Partikel waren ungeheuer klein, sodass sie durch kosmische Strahlung, fotochemische Zersetzung, Dehydration ihrer Proteinketten und andere Umweltfaktoren Schaden nehmen mussten. In der rauen Wüste hätten alle Schwärme schon vor vielen Tagen geschrumpft und an ›Altersschwäche‹ gestorben sein müssen.

(Crichton: Beute, Seite 198)

Auch hätten die einzelnen Teilchen durch den Wind verweht sein müssen (Crichton: Beute, Seite 181). Und auch Antonia Fehrenbach zerlegt in ihrem Roman »Der Lotus-Effekt« genüsslich Crichtons Szenario:

- Eine Wolke aus Nanopartikeln fällt rasch in sich zusammen. Die winzigen Teilchen sind wegen ihrer relativ großen Oberfläche extrem reaktiv.

[...]

Die Nanopartikel [...] verkleben zu Aggregaten, die sich schließlich irgendwo ablagern. Sie bilden keine Schwärme wie die fliegenden, solarbetriebenen Nanobots, die Crichton in seinem Roman in die Wüste von Nevada entlässt.

[...]

[...] Sie sind zu klein zum Fliegen. Das kleinste uns bekannte Insekt, das fliegt, ist eine winzige Schlupfwespe. Sie ist nicht ganz 200 Mikrometer groß. Das entspricht einem Stecknadelkopf geteilt durch zehn. Darunter scheint das Fliegen praktisch unmöglich zu sein. Teilchen aus Ruß und Staub, wie sie bei einem Brand oder einer Explosion entstehen, bewegen sich ausschließlich durch Diffusion. Mit dieser Fortbewegungsweise kommen sie nicht weit.

(Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 80)

Dann fordert die Protagonistin in Fehrenbachs Roman ihren Gesprächspartner auf, sich gedanklich in die Existenz eines Nanoteilchen zu versetzen, das sich in der Luft befindet, und schildert dessen mögliche Bewegungen, die niemals zielgerichtet sein können:

- Sie kleben an einem winzigen Wassertröpfchen, das von den Wirbeln und Strudeln der Luftmoleküle um Sie herum wie ein Floß im Ozean hin und her gestoßen wird. Auf einmal ist Luft für Sie nicht mehr das leichte seidige Element, das Ihren Bewegungen schmeichelt, sondern eine zähe Masse, die Sie nicht fortkommen lässt, ganz im Gegenteil, Sie herumwirbelt und mit Ihnen spielt wie die Katze mit einer benommenen Maus.

[...]

Zum ersten Mal spüren Sie die Kräfte des Nanokosmos, [...] den unermüdlichen Tanz der Moleküle. Sie sind im Brownschen Universum gelandet, das seine eigenen Gesetze hat.

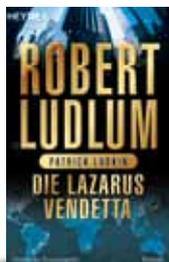
[...]

[...] Ich spreche von der Brownschen Molekularbewegung. Sie beschreibt die thermisch getriebene Eigenbewegung von Molekülen. Haben Sie schon einmal einen Wassertropfen durch ein Mikroskop betrachtet? [...] Dann haben Sie bestimmt gesehen, wie die Staubteilchen darin zittern. Das ist die Brownsche Bewegung. Es ist das uns unsichtbare Hin und Her der Wassermoleküle, das sie ständig anstößt.

[...]

### Antonia Fehrenbach

Die 1957 geborene deutsche Wissenschaftlerin, Fachjournalistin und Schriftstellerin Antonia Fehrenbach hat Biologie studiert, in Zoologie in Hannover promoviert und anschließend in der biomedizinischen Forschung in Göttingen und Marburg gearbeitet, daneben als Journalistin für Tageszeitungen und Zeitschriften geschrieben. Seit 2002 ist sie freie Schriftstellerin und hat 2008 ihren ersten Roman »Der Lotus-Effekt« veröffentlicht.



### Robert Ludlum

Der Amerikaner Robert Ludlum (1927 - 2001) war ein ungemein erfolgreicher Autor von Spannungsromanen mit Millionenauflagen, die fast ausnahmslos dem Genre der Verschwörungsliteratur zuzurechnen sind. Seine bekanntesten Romane sind »The Osterman Weekend« (1972) und »The Bourne Identity« (1980). Bei einigen posthum veröffentlichten Romanen (wie bei »The Lazarus Vendetta«, 2004) ist nicht bekannt, welche Anteile tatsächlich auf seine Ideen zurückzuführen sind und wieviel von anderen Autoren lediglich in seinem Stil und unter Nutzung seines zugkräftigen Namens geschrieben wurde.

[...] Auch in der Luft sind Ihre Bewegungen zufällig und ungerichtet. Das Tempo ist enorm. Mit weit mehr als einhundert Stundenkilometern werden Sie herumgestoßen, kommen aber nie sehr weit, sondern werden sogleich in eine neue Richtung geschleudert. [...]  
[...]

[...] Fliegen ist dann nicht mehr drin. Für kleinere Objekte ist es wesentlich schwieriger, in die Luft zu kommen, als für große. Deshalb müssen Insekten so emsig mit den Flügeln schlagen. Bei einem Flugzeug ist das Verhältnis von Auftrieb zum Strömungswiderstand der Luft wesentlich günstiger.

(Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 81 f.)

Aus all diesen Gegenargumenten heraus scheint Crichtons beschriebene Katastrophe wenig wahrscheinlich. Falls sie dennoch möglich wäre, dann entpuppt sie sich in seinem Roman als intelligente Problemlösungsstrategie: Zum Schluss des Romans (Crichton: Beute, Seite 439 f.) kommt nämlich heraus, dass das Entweichen der Nanoteilchen keine angebliche Luftfilternachlässigkeit war, sondern absichtlich herbeigeführt wurde. Die Wissenschaftler vermochten das Funktionsproblem des Beobachtungsschwarms nicht zu lösen, also entließen sie die Nanoteilchen mit Lernfähigkeit und integriertem Speicherplatz in die freie Wildbahn, damit sie nach dem darwinistischen Prinzip der Selbstoptimierung und über *trial and error* zu einer Lösung fanden. Also: eigentlich geht alles gar nicht, aber die hochintelligenten Nanowesen haben aus purer Selbsterhaltung dennoch einen Weg gefunden.

### Der Griff in die Gruselkiste

Welch ein furchtbares Machtpotenzial eine ultimate nanotechnische Waffe in der Hand von Terroristen sein kann, davon erzählt Patrick Larkin in einem vom Verschwörungsfetischisten Robert Ludlum entworfenen Szenario. Der 2004 erschienene Roman »The Lazarus Vendetta« handelt von einer Verschwörung hinter der Verschwörung: Ein wahnsinniger Magnat, der eine kleine Gruppe auserwählter Menschen zum Kern einer neuen Herrenrasse machen will, zieht die Fäden hinter einer Umweltschutzorganisation, die gegen die Gefahren einer außer Kontrolle geratenen Nanotechnik auftritt - und setzt dazu selbst Nanowaffen ein, die zum Eindringen in den menschlichen Körper konstruiert wurden und die zwar jeden Menschen befallen können, aber selektiv nur Menschen auf grausame Weise töten, die bestimmte Gendefekte, Krankheiten, Suchtkennzeichen, Rassenmerkmale oder Veranlagungen in sich tragen:

■ Mit jedem Atemzug wurden Millionen von Nanophagen eingeatmet und gelangten in ihre Lungen. Weitere Millionen drangen über die Schleimhäute ihrer Nasen oder durch das weiche Gewebe um die Augen in ihre Körper.

Einige Sekunden lang blieben diese Phagen inaktiv, während sie sich mittels natürlicher Prozesse durch Blutgefäße und Zellwände über den ganzen Körper verbreiteten. Doch einer von vielleicht hunderttausend oder so, größer und komplexer konstruiert als die anderen, wurde sofort aktiv. Diese Kontrollphagen durchstreiften,

mobilisiert durch ihre eigene Energieversorgung, den Körper ihres Wirts und suchten nach einer der verschiedenen biochemischen Signaturen, die von den zahlreichen Sensoren, mit denen sie bestückt waren, identifiziert werden konnten. Jedes positiv identifizierte Signal löste die sofortige Ausschüttung von kodierten Strömen bestimmter Botschafter-Moleküle aus.

Die Nanophagen selbst, die nach wie vor durch den Körper zirkulierten, trugen nur einen einzigen eigenen Sensor, der sie befähigte, diese kodierten Moleküle aufzuspüren, obwohl sie nur in milliardenfacher Verdünnung vorkamen.

(Ludlum: Lazarus, Seite 82 f.)



Im Roman wird eine unerbittliche Nanophage beschrieben, die, sobald sie in den Körper eines Menschen gelangt, ihn binnen Minuten vollständig *auffressen* und in amorphen Brei verwandeln kann (Ludlum: Lazarus, Seite 82 - 86, 89 f., 98 f., 358 - 360). Der Roman schürt allerdings bloß Ängste, ohne sich mit technologischen Fragen ernsthaft auseinanderzusetzen und ohne einen tragfähigen wissenschaftlichen Hintergrund zu bieten. Er ist zutiefst defätistisch und zielt beim Leser eher auf Gruseffekte. Allerdings führt der Roman eine neue und bedenkliche Richtung vor: wie sich Nanowaffen zur Rassenselektion verwenden lassen, indem sie Genmerkmale registrieren und auswerten.

Auch Andreas Eschbach versteht das Geschäft mit dem Spannungsroman; seine Thematisierung der Nanotechnologie und der möglichen Gefahren, die von ihr ausgehen, beschreibt jedoch einen ganz anderen Weg und setzt sich auf wissenschaftlicher Basis mit dem Sujet auseinander. Sein 2011 erschienener Roman »Herr aller Dinge« schildert sehr langsam, aber dennoch ausnehmend fesselnd zu lesen, den Werdegang eines Philanthropen: eines Mannes, der mittels des Potenzials von Nanotechnologie die größten Probleme der Menschheit lösen will: Er will den Hunger besiegen, den schwindenden Energieressourcen begegnen und Krankheiten heilen – er hat sich also nicht wenig vorgenommen. Mit einem auf Nanotechnik basierenden Materiereplikator wäre all das möglich.

Letztlich gewinnt der Protagonist allerdings auf ganz andere Weise die Fähigkeit, über Myriaden von Nanoteilchen zu gebieten. Der Roman ist trotz seiner Überfrachtung mit zu vielen Handlungsmotiven äußerst lesenswert, da er all die Träume der Nanotechnologie erst referiert, dann seziert. Und er schildert ihre Alpträume: Einerseits einen technischen Organismus (Eschbach: Herr, Seite 453 - 460 und 463 - 466), einen metallischen Berserker, der jegliche Materie nanotechnisch für das eigene Wachstum verwertet und damit seine Maschinenexistenz erweitert und durch nichts zu besiegen ist. Dass er letztlich die Erde nicht vernichtet, ist jedoch nur seiner eigenen Programmierung zu verdanken. Zum anderen kann die Titelfigur, der zum Herrn aller Dinge aufgestiegene Protagonist, ebenfalls nicht besiegt werden, seine kaum fassbare und kaum begrenzte Macht (Eschbach: Herr, Seite 559 - 562, 587 - 589, 619 - 621) endet allein durch dessen suizidale Selbstbeschränkung – so dass der als Philanthrop gestartete Mensch tragisch an seiner eigenen Macht scheitert.

### Andreas Eschbach

Der 1959 geborene Schriftsteller Andreas Eschbach ist der derzeit erfolgreichste deutsche Science-Fiction- und Phantastik-Autor. Nach einem Studium der Luft- und Raumfahrttechnik sowie einer Tätigkeit als Softwareentwickler liefert er seit nun knapp zwanzig Jahren solide und ausnehmend spannende Unterhaltung, die eine Sogwirkung beim Leser erzeugt. Er greift aktuelle Themen auf, so dass der größte Teil seiner Science Fiction sich wie Realromane liest. Unerreicht ist sein 1995 erschienener erster einfühlsamer Alien-Roman »Der Haarteppichknüpfer«, der von olympischer Qualität ist. Als Dank an seine ersten Leseerfahrungen hat er mittlerweile als Gastautor auch vier »Perry Rhodan«-Romane publiziert.

### Jeff Carlson

Der 1969 geborene Jeff Carlson ist ein amerikanischer Schriftsteller von Spannungsliteratur, der mit »Plague Year« (2007) und den beiden Fortsetzungen Weltuntergangsszenarien erzählt.



### Die Konstruktion von »Heuschrecken«

Wie unsere Welt aussehen würde, wenn tatsächlich ein euphemistisch als »Heuschrecke« bezeichneter Nanomechanismus, der zu seiner Reproduktion die Biomasse von Säugetieren benötigt, entwickelt würde und aus einem Labor entwichen wäre, schildert der 2007 erschienene Roman »Plague Year« / »Nano« von Jeff Carlson auf endzeitliche Weise. Da die konstruierten Nanos für ihre Funktion einen bestimmten Umgebungsdruck benötigen, deaktivieren sie sich selbst oberhalb einer Höhe von 3.000 Meter über dem Meeresspiegel. Binnen weniger Wochen ist es ihnen gelungen, nicht nur fünf Milliarden Menschen auszurotten, sondern auch nahezu alle Säugetiere. Nur in wenigen Bergregionen in den Rocky Mountains, den Anden, den Alpen, im Kaukasus und im afghanischen Hochland leben noch Menschen. Der Staat Israel hat einen Teil seines Volkes mittels einer Luftbrücke ins äthiopische Hochland umgesiedelt, und China und Indien bekriegen sich im Himalaya um Lebensraum. Kannibalismus kommt in den kargen Gebirgsregionen auf, und soziales Verhalten ist selten geworden.

Im hermetisch abgeschirmten NORAD-Bunker in den Cheyenne Mountains sitzen nicht nur einige amerikanische Kongressmitglieder, sondern dorthin wurden auch die wenigen noch verbliebenen Nanowissenschaftler evakuiert, um an einem ANN, einem Antinano-Nano zu arbeiten. Das Problem, einen ANN herzustellen, ist exakt das gleiche, wie eine »Heuschrecke« zu konstruieren; Carlsons Protagonisten machen es mit Figuren aus dem »Zauberer von Oz« anschaulich:

#### ■ Jeder Echtwelt-Nano musste drei Hürden überwinden [...].

Die erste Schwierigkeit bestand darin, etwas so ungemein Winziges mit Energie zu versorgen. [Die Wissenschaftler] hatten vom sogenannten Blechmann-Problem gesprochen - hätten wir nur ein Herz! Es gab Dutzende von Möglichkeiten: synthetisch hergestellte Treibstoffe, Proteine, Biostrom, Wärme. Der Trick bestand darin, so wenig Kapazität wie möglich für das Speichern und/oder Erzeugen von Energie zu opfern.

Als Nächstes kam das Problem der Vogelscheuche - hätten wir nur einen Verstand! Die älteste, fundamentale Intelligenz in der Natur basierte auf chemischen Reaktionen wie der RNS und James' Aminosäuren, simplistisch und sauber und ausreichend für einige biotechnische Prozesse. Aber es erforderte harte Arbeit, so winzigen Maschinen Bewusstsein und Entscheidungsvermögen zu verleihen, ohne ihre Einsatzgeschwindigkeit zu beeinträchtigen.

Das dritte, in anständiger Gesellschaft als Böse Hexe bezeichnete Problem, befasste sich mit der Frage, wie man genug Nanos herstellen konnte, um ein Ziel zu erreichen, das der Mühe auch wert war. Durch Automation ließ sich der Prozess vielfach beschleunigen, aber wirtschaftlich war es nicht vertretbar, Millionen Dollar für Fabriken auszugeben, in denen die Nanos hergestellt wurden.

Eine der führenden Thesen war, die Vogelscheuche mit der Hexe zu verkuppeln. Nanos, die Anweisungen ausführen konnten, mussten eigentlich auch in den Lage sein, sich zu vermehren. [...] Auch hier hatte der infinitesimale Maßstab verhindert, die Theorie in die Praxis umzusetzen, aber [... es gab] zumindest im Kilo-Atom-Bereich primitive Prototypen, die diesen Zweck erfüllten.

(Carlson: Nano, Seite 68 f.)

Während die Wissenschaftler noch darüber diskutieren, entweder ein »Jäger-Killer-Nano« zu entwickeln, das die Nanoheuschrecken quasi auffrisst, oder ein eher chemisches Verfahren zu konstruieren, das die tödlichen Nanos in inaktiven Klumpen bindet (Carlson: Nano, Seite 232 f.), arbeitet eine kleine Gruppe aus amerikanischen Politikern und Militärs bereits an der Planung einer viel radikaleren Lösung: Eine noch effektivere Variante der Heuschrecke, die überall, also auch bei niedrigerem Luftdruck ihre Funktion erfüllt, soll über dem Himalaya abgeworfen werden, um China als globalen Machtfaktor auf immer zu eliminieren (Carlson: Nano, Seite 240). Und ein spezieller Impfstoff, der die Heuschrecken im menschlichen Körper nicht wirksam werden lässt, wird nur an treue Gefolgsleute ausgegeben, so dass darüber eine schlagkräftige amerikanische Oligarchie errichtet werden kann (Carlson: Nano, Seite 251).

Carlson will mit seinem Roman aufzeigen, wie dünn die Zivilisationsdecke ist und wie rasch in einer Katastrophe das Böse im Menschen wieder erwacht.

### Die Macht der Naniten

Ganz anders stellt übrigens die »Star Trek«-Fernsehserie, die ja generell die Überlegenheit der Vernunft im Universum verfißt, den Umgang mit intelligent gewordenen Nanoschwärmen dar: In der Episode »Die Macht der Naniten« (»Star Trek - The Next Generation, 3.01: Evolution«) wird eine existenzielle Bedrohung des Raumschiffs Enterprise durch intelligente Naniten dargestellt. Es handelt sich um Nanoroboter, die zunächst nur halbintelligent sind und als Reparatereinheiten sowohl im menschlichen Körper als auch in technischen Geräten eingesetzt werden. Nachdem sie aus dem Labor entkommen sind und sich vermehrt haben, haben sie eine Schwarmintelligenz entwickelt. Als versucht wird, sie wieder zu dezimieren, besetzen sie zentrale Funktionen des Schiffs. Obwohl sie das Schiff vernichten könnten, gelingt eine Kommunikation der Crew mit den Naniten. Sie entlassen daraufhin das Schiff aus ihrer Geiselhaft, und im Gegenzug werden sie zu einem

unbewohnten Planeten verbracht, wo sie selbstbestimmt leben und sich weiterentwickeln können.

An dieser Geschichte wird deutlich, dass - falls Nanoroboter einmal Intelligenz gewinnen sollten - das bei ihnen nicht nur zu koordiniertem aggressivem Verhalten, sondern auch zu Einsicht, Kommunikation und Entscheidungsfähigkeit führen wird - dass also immer eine Chance auf Abwendung einer Gefahr besteht.

Dass Katastrophen jedoch auch die Folge des Handelns verantwortungsvoller und engagierter Wissenschaftler sein können, soll zuletzt noch ein Beispiel demonstrieren, das Andreas Eschbach in seinem Roman »Herr aller Dinge« anführt:

Ein Wissenschaftler hat ein geniales nanotechnisches Verfahren entwickelt, um einen bestimmten in den Weltmeeren gelösten Giftstoff, der aus allzu sorgloser Industrieproduktion herrührt, aufzuspüren, zu binden, abzutransportieren und an Sammelplätzen in unschädliche und wiederverwertbare Komponenten zu zerlegen. Dabei hat er nicht nur die schwierige Logistik des Transports von lediglich in geringer Konzentration vorhandenen Molekülen gemeistert, sondern auch die Reproduktionsmechanismen der aufspürenden Nanoroboter sowie ihre Energieversorgung gelöst (sie sinken bei Bedarf auf den Meeresboden, um sich mit Erdwärme neu aufzutanken).

Einmal im Meer ausgesetzt und aktiviert, erfüllen die Nanoroboter auch perfekt ihre Arbeit. Einen Kick zu perfekt, wie sich jedoch bereits nach wenigen Tagen herausstellt. Denn das aufzuspürende Gift ist nicht allein im Meerwasser gelöst, sondern hat sich bereits in Organen von Fischen und anderen Meereslebewesen angereichert. Auch dort spüren die Nanoroboter gemäß ihrer Programmierung das Gift auf, reißen es aus sensiblen Organen heraus und töten die Fische damit millionenfach (Eschbach: Herr, Seite 594 - 600). Ein Verfahren, das im Wasser funktioniert, hätte für die Zellbiologie von Lebewesen schonender konstruiert werden müssen, damit es keine Kollateralschäden anrichtet.

# Roboter bauen Roboter

» Die größte Gefahr bei einer biologischen Waffe in Form eines programmierten Virus ist nicht der tödliche Verlauf einer induzierten Erkrankung bei einem Menschen oder einer umgrenzten Menschengruppe, sondern ist das mögliche unkontrollierte Übergreifen auf eine größere Population, schlimmstenfalls sogar auf die gesamte Menschheit. Viren sind eine Form von Leben, und Leben besitzt die Fähigkeit zur Vermehrung durch Reproduktion. Ein Virus ist fähig, sich in zwei gleiche Exemplare zu teilen, wovon jedes wiederum wachsen und dann den Vorgang wiederholen kann. Aus eins mach zwei mach vier mach acht mach sechzehn... Solch geometrisches Anwachsen lässt eine zunächst kleine Menge immer schneller in gigantische Größenordnungen geraten, die nur noch vom benötigten Raum und von den vorhandenen Ressourcen begrenzt sind. Im Innern eines Menschen hört dieses Wachstum dann auf, wenn alles Biomaterial verwertet wurde; und wenn der Virus sich auf andere Menschen übertragen lässt, dann hört das Wachstum auf, wenn es keine Menschen mehr in erreichbarer Nähe gibt - oder es überhaupt keine Menschen mehr gibt, falls seine Vermehrung nicht durch gezielte Attacken anderweitig gestoppt werden kann.

Die Science Fiction spielt solche Weltuntergangsszenarien meist nicht auf der biologischen Ebene, sondern auf der Ebene reproduktionsfähiger Maschinen durch:

Stellen wir uns einmal vor, wir bauen einen autark agierenden, sich energetisch selbst versorgenden und mobilen Roboter, der genau zwei Funktionen erfüllt: Zum einen ist er eine Fertigungsmaschine für einen vorgegebenen Zweck, d.h. er zieht eine Mauer hoch, er dreht einen Stuhl, oder er näht ein Herrenoberhemd; und zum zweiten stellt er Duplikate von sich selbst her, zu denen er sich auch die Materialien eigenständig beschafft. Die zweite Funktion hat der Konstrukteur deshalb eingebaut, weil die Herstellung unserer Maschine derart schwierig und zeitaufwendig war, dass er so etwas nur einmal machen wollte.

Damit hat man gleichzeitig die perfektste wie auch die schrecklichste Maschine hergestellt. Perfekt deshalb, weil ab sofort in wachsender Geschwindigkeit beliebig viele Mauern, Stühle oder Herrenoberhemden entstehen - an denen wird nie wieder Mangel herrschen. Doch gleichzeitig schrecklich, weil diese Maschine jegliche Menge an Metall oder Kunststoff oder Holz (oder aus was immer sie besteht) auf dieser Welt aufsuchen und unerbittlich zur Herstellung identischer Maschinen verwerten wird, die wiederum los-

ziehen, um die Erde wie Heuschrecken leerzufressen, bis *alles* in diese perfekt-schrecklichen Maschinen verwandelt wurde.

Ein Vorgang, der ein wenig an das Märchen vom süßen Brei oder an die Ballade vom Zauberlehrling erinnert - an die entsetzliche Szenerie eines Vorgangs, der nicht mehr aufzuhalten ist.

Da diese Lebensform eines spezialisierten Roboters letztlich jedoch eine Sackgasse ist, weil nur ein einziger Maschinentyp übrigbleibt, dessen Zweck dann beendet ist, hat schon Stanislaw Lem in seinem Roman »Der Unbesiegbare« explizit Spezialmaschinen von Universalmaschinen geschieden (Lem: Unbesiegbare, Seite 132 f.). Eine Maschine, die nur eine begrenzte Zahl von Funktionen besitzt, ist stets eine evolutionäre Sackgasse, da sie auch nur in begrenzten Umgebungen arbeitet und bei einem Ausfall eine andere Maschine benötigt, die sie repariert. Eine Maschineneinheit, die jedoch keine fest vorgegebenen Fähigkeiten besitzt außer zu lernen und sich anzupassen und sich zu vermehren, ist nicht nur allen Spezialmaschinen überlegen, sondern auch uns Menschen. Daraus folgt, dass wir Menschen auf der Erde nur deshalb noch das Sagen haben, weil wir das bislang technologisch bessere Konzept der nicht spezialisierten Maschinenzellen noch nicht umgesetzt haben, sondern Maschinen stets für bestimmte Zwecke bauen.

Mit der Methode der Universalmaschine lässt die Science Fiction Roboterzivilisationen wachsen, die dem Menschen mindestens Konkurrenz machen, im Extremfall sogar keinen Lebensraum mehr lassen wollen wie etwa in der »Berserker«-Serie (1967 - 2005) von Fred Saberhagen.

Andreas Eschbach greift die Idee der Universalmaschine auf und entwickelt sie auf geniale Weise weiter: Bei ihm ist es nicht eine einzelne Maschine, sondern ist es eine Gruppe miteinander vernetzter Maschinen, von denen jede eine andere Grundfunktion ausübt (Eschbach: Herr, Seite 304 f., 317). Sobald diese Maschinen zusammenspielen (Eschbach: Herr, Seite 307 - 309, 318 - 322, 324 - 328, 334), entsteht das faszinierende (und ungemein lesenswerte!) Abbild eines autarken mechanischen Organismus, der im Makrobereich so agiert, wie wir uns die Arbeit von Nanoteilchen im Nanobereich vorstellen. Allerdings dämpft Eschbach sogleich die Euphorie möglicher Investoren in eine solche Technologie: Gäbe es diese Maschine, dann wäre sie das Ende aller industriellen Produktion, weil sie uns automatisch mit *allem* versorgt, was wir uns wünschen (Eschbach: Herr, Seite 340 f.). Es ist kein Geschäftsmodell, das Schlaraffenland herzustellen.

# Die Angst vor dem Ende: Der Graue Glibber

» Als Kim Eric Drexler in seinem Buch »Engines of Creation« erstmalig die Nanotechnologie als künftige Wundertechnik propagierte, da verschwieg er auch ihre Risiken nicht. Er stellte dar, dass ein Nanomechanismus, in dessen Programmierung die Autoreplizierung unter selbsttätiger Verwendung der dazu notwendigen Ressourcen enthalten ist, in geometrischer Progression seine eigene Population solange vergrößert, wie Ressourcen vorhanden sind. Wenn der Nanomechanismus also beispielsweise aus Kohlenstoff besteht, würde er sich solange vervielfachen, bis auf der gesamten Erde aller Kohlenstoff in die dann den Planeten allein besiedelnden Nanomechanismen verwandelt wäre. Bereits binnen weniger Tage wäre also alles organische Leben auf der Erde irreversibel ausgelöscht, und die Erde wäre bedeckt mit diesen Nanoteilchen, die wie »Grauer Glibber« aussähen, wie »gray goo« (Drexler: Engines, Seite 172 f.):

- Das wäre das Ende der Welt, ein Ende von einer Absolutheit und Endgültigkeit, dass sich ein globaler Atomkrieg dagegen nur wie ein besserer Schnupfen ausnähme.  
(Eschbach: Herr, Seite 650)

Ein wahrhaft beängstigendes Weltuntergangsszenario, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit allerdings sowohl von Wissenschaftlern wie auch von Science-Fiction-Autoren sehr kontrovers eingeschätzt wird. Spannungsaufbauer freuen sich natürlich über den Nervenkitzler, den sie literarisch auskosten können, und Technologiekritiker haben für ihre Propaganda ein beschreibbares Armageddon. Andererseits ist jedoch der Vision vom Grauen Glibber entgegen zu halten, dass sich Nanomechanismen außerhalb des Labors, in dem sie unter sehr komfortablen Bedingungen hergestellt wurden, in einer rauen Welt von Wind, Wetter, Sonne, Strahlung, anderen Maschinen und Biologien und vor allem bei wesentlich größeren Distanzen zum potenziellen Agieren wohl deutlich

beschränkter funktionieren würden. Außerdem unterliegen auch Nanoprozesse Verschleißerscheinungen, Abnutzungen, Zufälligkeiten, so dass das Replikationsverfahren sich *evolutionär* abschleifen und somit durch innere Vorgänge zum Erliegen kommen könnte. Die Praxis erschlägt oft genug die Theorie. Insbesondere das Problem des Energieverbrauchs für den Umwandlungsprozess dürfte den Vorgang recht schnell limitieren wie auch die Vermutung, dass sich die Nanoteilchen doch auch gegenseitig »attackieren« müssten, weil sie ja in Reinform aus dem benötigten Material bestehen.

Drexler führt übrigens in einem Nebensatz noch ein zweites Katastrophenszenario an (Drexler: Engines, Seite 171), das viel stärker bedenkenswert ist, weil es das nanotechnische Analogon zur Lem'schen Universalmaschine darstellt: Sollte es dereinst auf Nanotechnik basierende Replikatoren geben, die jeden beliebigen Gegenstand herstellen können, würde das einen Crash unserer weltweiten industriellen Unternehmensstruktur nach sich ziehen. Denn ein Replikator pro Haushalt würde künftig genügen, um jedes beliebige Produkt jederzeit für jedermann herstellen zu können. Allerdings gilt auch hier, dass für die Replikatoren zunächst die Beschaffung der Ressourcen und der Energie sichergestellt sein müsste.

Wie eine Ökonomie mit allseits verfügbaren Replikatoren funktioniert, erzählen übrigens die Filme und Romane der »Star Trek«-Serie. Wer über ein Gerät verfügt, das eine Tasse heißen Tee »Earl Grey« perfekt inklusive Tasse allein auf Zuruf herstellt (wie in »Star Trek«), der dürfte als Käufer von Alltagsprodukten ausfallen. Und wenn in unserer Realität demnächst die Preise für 3D-Drucker fallen dürften und sie außer Kunststoffen auch Metalle verarbeiten können, dann werden viele kleine Alltagsgegenstände wohl künftig zu Hause hergestellt. Wieso sollte ich mir beispielweise einen neuen Kaffeebecher kaufen, wenn ich ihn mir auch *ausdrucken* kann?



## 8 Baustein um Baustein: Nanohäuser und Nanostädte

Nanotechnik lässt sich bei der Konstruktion von Häusern einsetzen, indem man Wände wie Pflanzen »wachsen« lässt und indem man beliebige intelligente Materialien herstellt, die jede gewünschte Funktion im Haus erfüllen.

» Die Nanotechnologie scheint, zumindest in der Science-Fiction-Literatur, gerne bauen zu wollen. Natürlich muss einen Architekten die Möglichkeit faszinieren, sich jedes gewünschte Baumaterial nanotechnisch herstellen zu lassen. Er kann den Baustoffen, mit denen er Häuser errichten will, bestimmte Eigenschaften bereits mitgeben und muss diese nicht durch zusätzliche Komponenten oder Zweit- und Drittstoffe erst mühsam am Gebäude applizieren. Bei diesem Verfahren geht es nicht nur um kühne Neubauten, die aus Wänden mit smarten Eigenschaften bestehen, sondern auch um die Erhaltung älterer oder gar antiker Objekte, ohne bei ihnen invasive Methoden zur Sicherung beschädigter Materialien einsetzen zu müssen.

Der deutsche Schriftsteller Wolfgang Jeschke lässt seinen 2005 erschienenen collagenartigen Zeitreiseroman »Das Cusanus-Spiel« nicht nur in einer mittelalterlichen Vergangenheit, sondern auch in alternativweltlichen Gegenwarten spielen, in denen einige innovative Technologien bereits weiter gediehen sind als bei uns. Im Venedig des Romans haben sich japanische High-tech-Konzerne angesiedelt, und im Rahmen eines großangelegten Erhaltungskonzepts verstärken sie die jahrhundertealten Holzfundamente der Stadt. Da die unter Wasser und im Schlick befindlichen Balken aus ganz unterschiedlichen Hölzern mit ebenso unterschiedlichen statischen Eigenschaften bestehen und sie aufgrund ihres unterschiedlichen Alters auch zum Teil morsch, zum Teil versteinert, zum Teil salzdurchtränkt sind, muss man sie völlig verschieden behandeln, um sie so aufzubereiten, dass sie fortan eine höhere Tragfähigkeit und längere Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse erhalten. Ziel ist eine dauerhafte Stabilisierung, indem alle Holzsorten in eine Art festes Kunstharz verwandelt werden (Jeschke: Cusanus, Seite 131, 183 f., 212 f.). Da die dazu eingesetzten »Lins«, die »langzeitstabilen intelligenten Nano-Strukturen« autark arbeiten und sie in der Lagune unzähligen über Abwässer eingeleiteten Toxinen sowie radioaktiver Strahlung und UV-Strahlung ausgesetzt sind, kommt es unweigerlich zu ständig neuen Mutationen bei den Nanomaschinen, weshalb eine Art inneres Selbstmordprogramm sicherstellen muss, dass veränderte Nanomaschinen sich automatisch selbst vernichten, bevor sie sich über das Meer weltweit verbreiten könnten. Eine natürliche Sicherung, denn Filteranlagen für Nanos kann es nicht geben, weil Nanos zu klein sind, so dass sie bei allen Membranen durchschlüpfen (Jeschke: Cusanus, Seite 213 - 218).

### Nanomaterial dünn wie Papier und hart wie Diamant

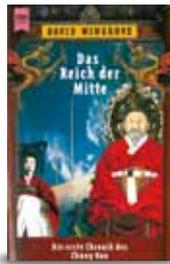
David Wingrove löst in seinem Roman »The Middle Kingdom« / »Das Reich der Mitte« aus dem Jahre 1989 das Problem einer massiven Überbevölkerung der Erde durch den Bau kontinentüberspannender Milliardenstädte, die auf die alten Besiedlungsstrukturen einfach aufgesetzt werden. So ist zum Beispiel halb Europa mit einer neuen, aus dreihundert Ebenen bestehenden Stadt überzogen, die auf Stelzen über der Landschaft und den vorhandenen Städten errichtet wurde. Das Material, aus dem diese neue Stadt und vor allem ihre Fundamente gebaut sind, muss gleichzeitig leicht und stabil sein, also aus moleküldünnen Nanostrukturen bestehen:

### Wolfgang Jeschke

Der 1936 geborene deutsche Schriftsteller und Herausgeber Wolfgang Jeschke war rund drei Jahrzehnte die einflussreichste Person in der deutschen Science-Fiction-Szene. Er hat als Lektor des Heyne Verlags die international wichtigsten Science-Fiction-Autoren dem deutschen Publikum vorgestellt und ein Programm von über 2.500 Titeln verantwortet. Daneben hat er eigene Kurzgeschichten und Romane veröffentlicht, von denen die Sammlung »Der Zeiter« (1970) am herausragendsten ist.



■ So leicht wie Luft und so hart wie Stahl. Eine Substanz, so stark wie die Bindungen zwischen den Atomen und so leicht, daß dreihundert Ebenen davon einen Bruchteil von dem wogen, was eine einzige Lage aus Lehmstein wog. Eine Substanz, die fürs Dasein der Stadt so bedeutsam war, daß ihre chemische Bezeichnung nur selten benutzt wurde. Sie war schlicht als Eis bekannt. Eis deshalb, weil sie in unbehandeltem Zustand so kalt und zerbrechlich wie eine dünne Schicht aus gefrorenem Eis aussah. »Geriefte« Eisschichten - nur ein paar hundert Moleküle dick - bildeten die Ebenen und Wände der Stadt Erde. Gegossene Eisbleche dienten zur Herstellung von Aufzügen und Riegeln, Möbeln und Rohrleitungen, Kleidung und Leitungen, Spiel- und Werkzeugen. Seine Flexibilität und Vielseitigkeit, seine Billigkeit und Beständigkeit hatten es dafür prädestiniert, die meisten traditionellen Materialien zu ersetzen. Die Stadt Erde war ein gewaltiger Palast aus Eis. Ein riesiges Kartenhaus, dessen Karten so unvorstellbar dünn waren, daß das Ganze zusammengefaltet nicht dicker als ein Blatt Papier wäre. (Wingrove: Reich, Seite 408)



### David Wingrove

Der 1954 geborene englische Schriftsteller David Wingrove hat 1986 zusammen mit Brian W. Aldiss unter dem Titel »Trillion Year Spree« die ebenso informative wie flott lesbare Darstellung des Literaturgenres Science Fiction veröffentlicht und anschließend mit seiner achtbändigen Romanserie »Chung Kuo« (1989 - 1997) einen Blick in eine chinesisch dominierte Zukunft geworfen.

Auch Nancy Kress lässt in »Beggars and Choosers« die Mauern ihrer Gebäude aus einem Material »so dünn wie Papier und härter als Diamanten« (Kress: Bettler, Seite 78) errichten, das von Nanomaschinen hergestellt wurde. Die Mauern weisen jeden Schmutz ab, und sie besitzen eine lebendig erscheinende äußere Struktur, die wie dunkelrote dickflüssige Lava aussieht. Nancy Kress lässt ihre Nanomaschinen auch eine komplette Insel aus dem Meer wachsen, quasi über Nacht und unter Verwendung von im Meerwasser gelösten Elementen, die von den Nanomaschinen gesammelt und passend zusammengeführt wurden (Kress: Bettler, Seite 11).

Andreas Eschbach erläutert, dass die immense Geschwindigkeit, mit der Häuser mittels Nanorobotern gebaut werden können, keinesfalls überraschend ist, da sich die »Baumaschinen« während ihrer Arbeit vervielfachen. Die Bauzeit ist damit nahezu gleich lang, ob nur eine einzige Garageneinheit oder aber eine Großgarage für hundert Fahrzeuge zu erstellen ist, da die dazu notwendige Programmierung fast identisch ist (Eschbach: Herr, Seite 587); sogar eine komplette Raumstation ließe sich - bei vorhandener Blaupause - in wenigen Wochen bauen (Eschbach: Herr, Seite 619 f.). Und Eschbach vermerkt weiter, dass ein Hausbau mit (mittels Nanotechnik hergestellten) konventionellen Materialien sogar deutlich länger dauert, als wenn man praktischere Materialien für die Wände gewählt hätte, die »dünner als ein menschliches Haar waren, aber mühelos einem Granatbeschuss standgehalten hätten« (Eschbach: Herr, Seite 589). Nanotechnik wird also nicht nur die Herstellung von Materialien verändern, sondern vor allem ganz neue Materialien kreieren.

Auch der Umbau eines Hauses lässt sich mittels Nanotechnik bewerkstelligen, ohne dass Teile zeitweilig unbewohnt wären oder statisch abgestützt und eingengt werden müssten. Das alte Haus wird einfach mit Nanorobots gefüttert, die sich in seinen Wänden einnisten, sie in ihrer Molekülstruktur, ihrer äußeren Form und ihren Funktionen verändern und dem Haus eine beliebige neue Architektur geben können (Bear: Königin, Seite 215).

Häuser müssen auch nicht lokal verankert bleiben: Sie können sich in der Landschaft bewegen, können sich jederzeit neue Plätze mit besserer Aussicht oder angenehmerem Wohnumfeld suchen und dort einfach ihre Versorgungsleitungen und Kommunikationsanschlüsse neu einstöpseln, indem spezielle »belebte Sucherleitungen« den Anschluss an öffentliche Terminals herstellen (Foster: Human, Seite 66 - 68). Aufgrund ihres geringen Gewichts und ihrer durch Nanorobots bedingten leichten Veränderbarkeit ist ein Hausumzug einfach zu bewerkstelligen; er symbolisiert auch ein Zeichen von persönlicher Freiheit und Lebensfreude:

■ **Entschuldigen Sie, aber heute ist Umzugstag. Am Berghang wird es immer voller. Wenn heutzutage jemand beschließt, sein Haus zu versetzen, müssen alle mit umziehen. [...] Das treibt die städtischen Behörden in den Wahnsinn. Aber das ist natürlich auch der Sinn der Sache.**  
(Foster: Human, Seite 68)

### Die intelligente Wand

Die Baumaterialien, aus denen die Wände bestehen, können Nanoteilchen enthalten, die beweglich bleiben, die verschiedene Farben, Töne und Gerüche emittieren können und die sich von außen ansteuern lassen. Damit kann man zum Beispiel die Zimmerwände zu Bildschirmen werden lassen, um Bilder, Ansichten, Aussichten zu simulieren (Ringo: Zusammenbruch, Seite 72; ähnlich auch: Jeschke: Cusanus, Seite 131 f.) und den Eindruck zu vermitteln, man befinde sich auf einem Berg in den Alpen, mitten in einer pulsierenden Stadt, an einem südlichen Sandstrand oder in einem Großraumbüro am Arbeitsplatz. Auch der Fußboden in der Lobby eines Unternehmens, das seine Besucher beeindrucken will, vermag im »lebenden Holostein« prachtvoll und prallvolle futuristische Szenen vorzuführen (Bear: Slant, Seite 10). Andererseits lassen sich in einen Anstrich der Wände aber auch beobachtende Nanoteilchen integrieren, um das Hausinnere zu überwachen und alle Besucher sowie deren Aktivitäten zu melden (Bear: Königin, Seite 81).

Faszinierend ist auch die Funktion eines »Wendellifts«: ein wie eine Wendeltreppe aus Marmorstufen aufgebautes Treppenkonstrukt, dessen Stufen beständig ihre Form wandeln, indem sie schraubenförmig sich drehend nach oben wandern und den Besucher dabei mitnehmen (Bear: Slant, Seite 78).

### Die intelligente Toilette

Einen hohen und vielfältigen praktischen Nutzen besitzt zweifelsfrei die Diagnose-Toilette (Bear: Slant, Seite 124, 152, 163 f.). Sie erfüllt nicht allein die üblichen sanitären Funktionen, sondern stellt eine Art Biolabor dar, das alle Ausscheidungen, Ausdünstungen, Hautpartikel und Körperschmutz untersucht und medizinische Diagnosen erstellt. Bei öffentlichen Toiletten fließen die Ergebnisse lediglich in die staatliche Gesundheitsstatistik ein, bei privaten äußert sich die Toilette verbal unmittelbar nach der Urinanalyse, die bereits erfolgt ist, während man sich noch säubert:

■ **Die Toilette sagt: »Entschuldigen Sie bitte, aber Sie weisen Anzeichen für eine unbekannte Infektion auf, die möglicherweise ihren Ausgangspunkt in den Nasenhöhlen oder Bronchien hat. Sie sollten sich wegen einer gründlicheren Untersuchung an Ihren Arzt wenden.«**  
[...]  
**»Blödsinn«, sagt sie zur Toilette.**  
(Bear: Slant, Seite 163 f.)

Verständlicherweise dürfte die Akzeptanz solcher Einrichtungen unterschiedlich sein. Außerdem mag es wohl noch etwas gewöhnungsbedürftig sein, in der Zukunft Dialoge mit seiner eigenen Toilette führen zu müssen.





## 9 Der Alltag der Zukunft: Die netten kleinen Dinge

Mit Nanotechnik lässt sich auch der Alltag revolutionär verändern, wenn die vielen lästigen Kleinigkeiten künftig hilfreicher, intelligenter und ohne unser Zutun automatisch funktionieren. Kleidermode, Hygiene, Körperdesign und Ernährung werden praktische Anwendungsgebiete auch für Nanotechnik sein.

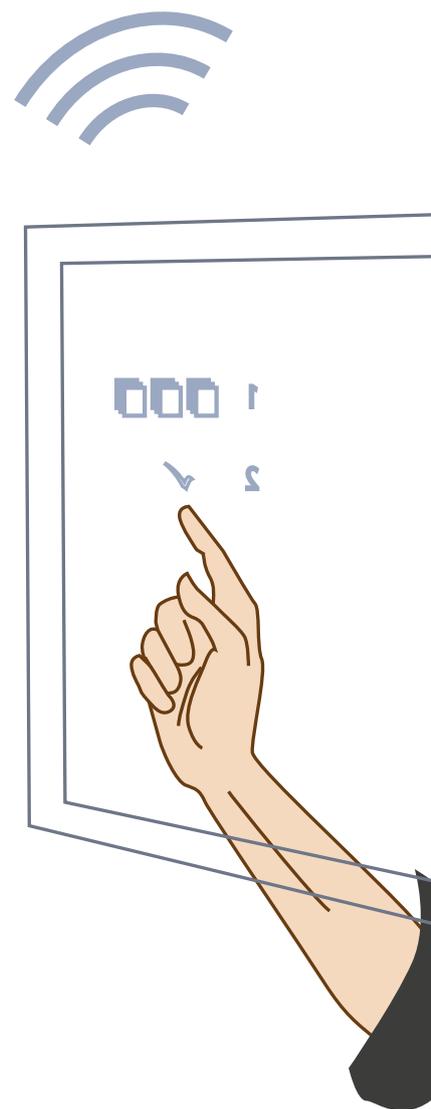
» An welcher Technik sind wir eigentlich interessiert, wenn wir versuchen in die Zukunft zu blicken? Sind es nur die großen Maschinen, futuristische Fahrzeuge, intelligente Roboter, lebensverlängernde medizinische Behandlungen oder gentechnische Änderungen am Menschen? Der Flug ins All, die gigantischen Städte, ein Leben auf dem Mond oder auf dem Grund der Ozeane? Sicher mag uns das alles faszinieren, aber das ist es nicht allein, was wir suchen. Oftmals dürften uns gerade die vielen kleinen Dinge des Alltags viel näher sein, wenn sie mittels Nanotechnologie unser Leben erleichtern, bereichern oder farbiger gestalten. Lebenskomfort fängt morgens beim Aufstehen an, umfasst ein angenehmes Zuhause und ist meist sehr privat.

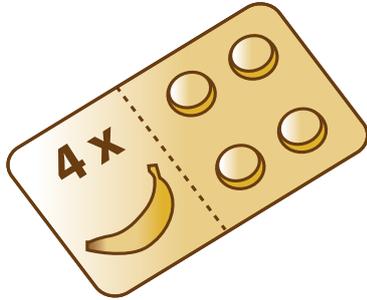
Wie wäre es etwa, wenn man Nanotechnologie zur Empfängnisverhütung einsetzen könnte? Statt lästige Kondome überzustreifen oder Nebenwirkungen von Pharmazeutika zu riskieren, lässt sich die Frau einfach sogenannte »Freiheitsmaschinen« (Stephenson: Diamond Age, Seite 66) in die Gebärmutter einsetzen, die dort wie harmlose symbiotische Bakterien leben und deren einzige Funktion es ist, jedes befruchtete Ei einfach »aufzufressen«.

### Waschen mittels Nanoteilchen

Oder wie bequem wären Waschnanniten (Ringo: Zusammenbruch, Seite 15 f.), die morgens wie winzige Käfer über den Körper krabbeln und dabei allen Schmutz entsorgen, Poren reinigen, Hautfalten, Mitesser und Barthaare entfernen, Augenringe glätten, Haaren Glanz und Halt geben sowie sie von Schuppen befreien und der Haut die richtige Dosierung Fett und Feuchtigkeit verpassen, dann die Zahnräume nach Essensresten durchsuchen, frischen Atem erzeugen und zum Schluss noch belebende Aerosole in die Nebenhöhlen sprühen? Der morgendliche Aufenthalt im Badezimmer wäre zeitlich drastisch verkürzt, denn die Waschnanniten würden ihre Körperpflege bereits im Bett unmittelbar beim Aufwachen erledigen. Man verspürt lediglich ein leises Kribbeln und ist bereits sauber und erfrischt.

Der Morgenmantel aus Seidenimitat könnte ein Nanodesign besitzen, dessen Stofffarbe sich auf Zuruf beliebig ändern lässt und dessen aufgesetztes Drachenmotiv sich wie ein zweidimensionales lebendes Wesen bewegt, Krallen zeigt, faucht und Feuer speit (Bear: Königin, Seite 211). Die Kleidung würde nicht mehr über Knöpfe, Reißverschlüsse oder Bänder geschlossen, sondern Nanoroboter würden bei jedem Anziehen alle Nähte automatisch und körperformgerecht zunähen (Bear: Slant, Seite 152) – keine Hose wäre jemals wieder zu eng oder zu weit. Das tägliche Make-up wäre ein »Make-over« (Bear: Slant, Seite 143), eine aufgelegte und programmierte Nanoschicht, was beim Auftragen auf die Haut wiederum an einem Krabbeln der Korrekturteilchen und Farbpartikel zu spüren ist. Und natürlich kann eine Frau auch jederzeit den Duft verbreiten, der ihrer augenblicklichen Stimmung entspricht (Bear: Königin, Seite 206), und ihn situationsbedingt auch blitzschnell wechseln.





## Fast Food mittels Nanotechnik

Sicher lassen sich mittels Nanotechnologie auch die Welternährungsprobleme lösen, denn wenn man beliebig Atome an Atome reihen kann, dann vermag man letztlich alles herzustellen, also auch alle und beliebig viele Nahrungsmittel. Doch bleiben wir im privaten Alltag: Im Zeitalter von Fast Food ist eher die Fertigmahlzeit als die gesunde Grundernährung oder die Ausgefeiltheit der Haute Cuisine gefragt. Greg Bear beschreibt jedenfalls das Bereiten eines Frühstücks zu Hause nur wenig appetitanregend:

- **Das Frühstück baute sich im Ofen rasch auf. Ein Film aus rötlichem Nano zog das Material aus Dellen und seitlichen Mulden in dem Glasgefäß und ging wie Brot im Backofen auf. [...]**  
**Nach drei Minuten rollte sich der rote Film weg und enthüllte dünne braune Scheiben mit brotähnlicher Struktur [sowie] Bücklinge, Apfelmus [und] Rühreier mit grünen und roten Flecken.**  
**(Bear: Königin, Seite 212 f.)**

Und auch Alan Dean Foster präsentiert in seiner Zukunftssicht eher eine schnelle Mahlzeit mit wenig Finesse:

- **Er füllte die drei handtellergroßen Teilchen in einen Aerogelbeutel, um sie ihr zu geben. Wurde der Kontakt mit den im menschlichen Speichel vorhandenen Enzymen hergestellt, würde sich der Behälter auflösen und nichts als ein schwacher Rest der geronnenen organischen Packungsüberreste zurückbleiben, der den menschlichen Verdauungstrakt problemlos passieren konnte.**  
**(Foster: Genom, Seite 110 f.)**

Das lästige Aufreißen von zugeschweißten Plastikverpackungen entfällt also, wenn die Verpackung verdaubar ist.



## Nanosimulationen statt Holoprojektionen

Doch verlassen wir nun den privaten Hygiene- und Ernährungsbereich und stellen noch ein paar Beispiele aus den Bereichen Telekommunikation und Unterhaltung vor:

Nanoteilchen lassen sich bestens als überall verfügbare Informationsträger verwenden, da sie aufgrund ihres vernachlässigbaren Gewichts in der Luft schweben können. Greg Bear verwendet sie in seinem Roman »Slant« zum einen als Nachrichtengeber, wenn sie wie winzige zahme Vögel im Zimmer herumschwirren, um eingegangene Telefonanrufe kundzutun (Bear: Slant, Seite 39). Der Protagonist pickt sich die interessantesten heraus und lässt sie eine Kommunikationsverbindung herstellen; mit einer Handbewegung verscheucht er die anderen, die dann in einer Warteschleife über ihm in der Luft schweben bleiben. Die Nanoteilchen können jedoch auch selbst Bestandteile eines bewegten Bildes sein, eines in die Luft vor dem Auge des Betrachters projizierten Großflächenmonitors (Bear: Slant, Seite 38), und wieder kann der Betrachter mittels Handbewegungen – diesmal mitten in die Projektion hinein – Befehle weitergeben, die eine Rechneinheit auffängt und verarbeitet.

Auch Spielfilme mit lebenden Schauspielern können mittels Nanotechnik zu noch perfekteren Simulationen ausgebaut werden (Bear: Slant, Seite 21 - 30), als das selbst die beste holografische Projektion vermag. Die Aufnahmen werden in einem speziellen Studio gefertigt, in dem ein aus unzähligen Mikromaschinen bestehendes Kamerasystem die Handlung aufnimmt, so dass später winzige Bildelemente beliebig gemischt werden. So kann für den fertigen Film jede mögliche Perspektive erzeugt werden, und je nach Interesse des Zuschauers können auch mehrere alternative Perspektiven angeboten werden, die er dann individuell auswählen kann. Es werden aber auch die Gefühle der Schauspieler aufgenommen: An ihren Hinterköpfen sind kleine durchsichtige Fläschchen mit Nanoteilchen angeklebt, die sich über Kontakte in den Schläfen Zugang zu ihrem Gehirn verschaffen:

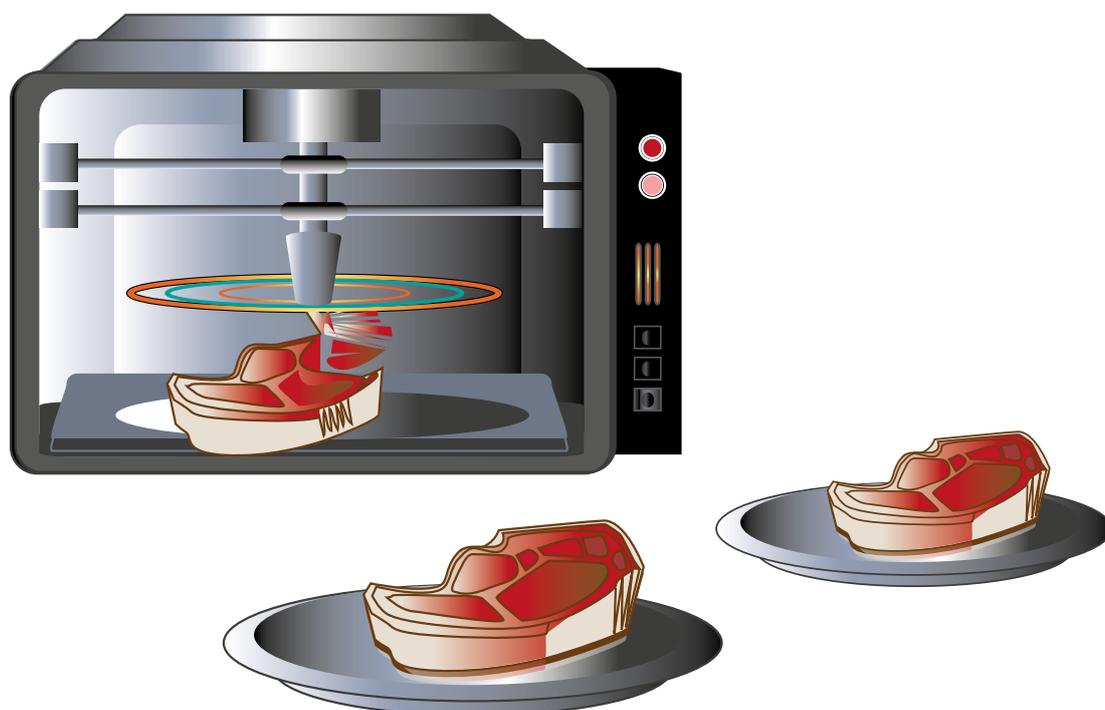
■ **[Die Schauspieler] halten still, während [der Techniker] eine Dosis warmes Nano in den Kitt [an der Stirn] injiziert. [Die Schauspielerin] ist an diese Methode zur Erzeugung eines Breitband-Plugs gewöhnt [...].**

**[...] Eine mikroskopische Verbindung aus leitfähigem Material hat sich durch Zwischenräume in der Haut, den Knochen und dem Gehirn geschoben, bis zu Amygdala, Hippokampus und Hypothalamus, in den Sitz der Urteilsmaschinerie, den Großen Zentralbahnhof ihres Ichs. Aber [die Schauspielerin] spürt nichts davon.**

**[Der Techniker] befestigt Sender an den kleinen silbrigen Nano-Nippeln, die nicht länger als ein Daumennagel sind. Mehrere Minuten überprüft er die Daten, die in der Kamera eintreffen.**

**(Bear: Slant, Seite 24 f.)**

Mittels dieser Nanoeinheiten werden während der Spielszene sämtliche Emotionen der Schauspieler übermittelt sowie alle inneren und äußeren Empfindungen, die von ihren Nerven ins Gehirn geleitet werden. Besonders bei einem Sexfilm dürfte diese erweiterte Dimension von Kino auf hohes Interesse stoßen, denn der Zuschauer ist jetzt nicht länger allein auf Bild und Ton angewiesen, sondern auch seine Gefühlsnerven werden in gleichem Maße gereizt, wie gute Schauspieler die Handlung erleben. Von den Schauspielern werden jetzt neue Qualitäten verlangt: Sie müssen die dargestellten Gefühle auch wirklich fühlen.





## 10 Auch das geht mit Nanotechnik: Brauchbare und unnütze Ideen

Selbst die Werbeindustrie wird sich der Nanotechnik bedienen, um uns künftig noch zielgerichteter zu verführen. Und neben vielen sinnvollen Erleichterungen im Alltag wird wahrscheinlich auch einiges an Unsinn und an Spielerei angeboten.

» Die Nanotechnologie wird - wie jede neue Technik vor ihr und nach ihr - auch jede Menge Ideen liefern, deren Nutzen sehr speziell und teilweise eher begrenzt ist, sowie auch solche Dinge, die kein Mensch braucht. Es wird Modeerscheinungen geben, Spielzeug, Gimmicks, Werbeartikel, Geschenkartikel, auch witzige Kleinode; es wird Verfahren geben, die besser niemandem eingefallen wären, aber nun mal in der Welt sind; und es wird Überflüssiges, Rückständiges, Kontraproduktives und Gefährliches geben - sowie Objekte, bei denen man gar nicht weiß, wofür sie gut sein könnten.

In einer kleinen, fast schon zufälligen und keinesfalls repräsentativen Auswahl sollen im Folgenden ein paar in modernen Science-Fiction-Romanen aufgefundene Ideen vorgestellt werden:

In Wolfgang Jeschkes Roman »Das Cusanus-Spiel« geht die Nanotechnologie eine enge Verbindung mit der Erzeugung Virtueller Realitäten ein. Wer sich den eigenen Körper mit sogenanntem »Smartdust« bestäubt, der nimmt Nanoteilchen auf, die als Projektionsfläche für Simulationen dienen können: Die Nanoteilchen suggerieren über den Körperkontakt allen Sinnen eine Umwelt, die allein vom Computer erzeugt wird und gar nicht der realen Umwelt entspricht. Während man körperlich im Projektionsraum bleibt, nehmen die Sinne eine Reise in Virtuelle Realitäten und Begegnungen mit Avataren wahr, die sie - außer bei auftretenden Störungen im System - nicht als simuliert, sondern als real empfinden (Jeschke: Cusanus, Seite 261 - 273).

Auch lassen sich mittels visuell wirksamer Nanoteilchen Personen oder Objekte nahezu unsichtbar machen: Die Person muss einen Ganzkörper-Tarnanzug tragen, der vollständig mit Nanoteilchen überzogen ist, die exakt den Hintergrund der Person aufnehmen und nach vorne wiedergeben, so dass die Person sich nicht mehr von der Umgebung abhebt und dadurch für menschliche Betrachter nicht mehr wahrgenommen werden kann. Allein bei rascher Bewegung könnte eine begrenzte Randunschärfe sichtbar werden, wenn Aufnahme, Programmverarbeitung und Wiedergabe um den Bruchteil einer Sekunde gegeneinander verzögert sind (Jeschke: Cusanus, Seite 414 f.).

## Die personalisierte Werbung

Auch in der Zukunft wird Werbung vermutlich allgegenwärtig sein. Sie kann zum Beispiel mittels in der Luft schwebender Nanoteilchenschwärme auftreten, in denen die visuelle und akustische Botschaft gespeichert ist und die mit einer ihre Aufgabe umgrenzenden Maschinenintelligenz ausgestattet sind. Diese Werbung ist natürlich interaktiv programmiert, und sie kann auf Anforderung des Interessenten auch personalisiert werden:

■ **Zwischen den zahlreichen fliegenden Werbeanzeigen, die um ihre Aufmerksamkeit buhlten, befand sich eine, auf der für den Service einer Fahrzeugvermietung geworben wurde. Er steckte einen Finger in die glühende Sphäre, woraufhin ihre Funktionen aktiviert wurden. Danach schwebte sie hoffnungsvoll hinter ihnen her [...].**

[...]

**Die basketballgroße Werbeanzeige schwebte dicht neben seinem linken Arm und wehrte konkurrierende Angebote durch kaum hörbare Ausstöße statischer Elektrizität ab. Während sie sie vorwärtsdrängte, spulte sie mit leisem mechanischem Enthusiasmus [ihre Botschaft] ab [...].**

### Michael Bishop

Der 1945 geborene Michael Bishop ist ein amerikanischer Science-Fiction-Autor, dessen literarisches Werk sehr breit angelegt ist von Fantasy über Zeitreiseromane, Weltraumabenteuer, Alien-Begegnungen, Inner-Space-Geschichten bis hin zum Cyberpunk. Er unterrichtet auch in Kreativem Schreiben.

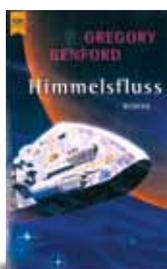
Als sie [ihr Ziel] erreicht hatten, entließ er die Werbeanzeige, die ohne ein Anzeichen von Enttäuschung davonschwebte, um sich auf die Suche nach neuen Kunden zu begeben. Die modernen mobilen Werbemittel konnten Emotionen effektiv ausnutzen, besaßen selbst jedoch keine.

(Foster: Human, Seite 9 - 11)

Mittels Nanoteilchen lassen sich natürlich auch Informationen auslesen, sogar aussaugen. Gregory Benford fabuliert in seinem 1987 erschienenen Roman »Great Sky River« / »Himmelsfluss« ein Fremdwesen auf einem Planeten mit menschenfeindlicher Umwelt, das sich das Wissen über Menschen auf brutale Art holt. Es lässt an tausenden von Stellen winzige Partikel in den Körper einer Raumfahrerin eindringen, die sekundenschnell jegliche Information aus dem Nervensystem und aus dem Gehirn *auslesen* und dabei diese Informationsmengen nicht kopieren, sondern aus dem Gehirn komplett entfernen. Damit ist den Begleitern der toten Raumfahrerin auch die Möglichkeit genommen worden, wenigstens noch ihr Wissen postmortal abzufragen und in einer Datenbank aufzubewahren, denn ihr Körper ist nur noch eine leere Hülle (Benford: Himmelsfluss, Seite 39 - 41).

### Ein Weiterleben mittels Nanoprojektion

Eher satirisch ist die Idee gemeint, die im selben Jahr Michael Bishop in seiner literarischen Dick-Pastiche »The Secret Ascension« / »Dieser Mann ist leider tot« präsentiert. Da der (reale) Tod des (realen) amerikanischen Science-Fiction-Autors Philip K. Dick im Jahre 1982 mit ein paar (realen) ungeklärten Begleitumständen verbunden war, rankten sich (tatsächlich) anschließend eine Zeitlang einige Verschwörungstheorien um ihn, von denen einige sogar fragten, ob er eventuell noch am Leben sein könnte. Der Roman folgt einem solchen Verdacht und erzählt, dass unmittelbar nach dem letzten Schlaganfall sich in Dicks Körper ein seltsamer Vorgang abgespielt haben könnte:



- Nach kurzer Zeit beginnen winzige Maschinen im Blut des gefallen Schriftstellers mit dem Bau eines halb stofflichen, halb astralen Simulacrums für die Einlagerung seines Geistes und seiner Erinnerungen.  
(Bishop: Mann, Seite 9)

Mit Hilfe dieser Nanomaschinen, die offenbar auf den Todesfall programmiert waren und bis dahin als Schläfer im Körper verborgen waren, bildet sich nun eine geisterhafte Kopie, die als letztes Backup den sterbenden Autor in einer anderen Realitätsform *überlebt*.

Doch lässt sich ein »Transfer« in eine Nanoteilchen-Existenz auch bereits zu Lebzeiten eines Menschen und freiwillig vollziehen. Wer jegliches Körperdesign schon ausprobiert hat und in solcher Veränderung seiner Körperlichkeit nichts Neues mehr findet, der kann seinen Körper komplett auflösen und sein Ich-Bewusstsein und seine Erinnerungen auf einen Schwarm von Nanoteilchen übertragen lassen. Fortan schwebt man auf ewig in einer gespenstergleichen Wolkenform durch die Welt, kann jede flüchtige Form annehmen und wieder verwehen lassen, kann aber nicht mehr in die ursprüngliche manifeste menschliche Gestalt zurück (Ringo: Zusammenbruch, Seite 103 f.).

Mit einer anderen Methode sind auch zeitweise Transfers möglich, da dabei der Originalkörper eines Menschen nicht zerstört wird, sondern lediglich sein Abbild in eine Nanowolke übertragen wird, das den anderen Ort nur besucht und dabei wie ein Avatar erscheint (Ringo: Zusammenbruch, Seite 38 f. und 43 f.).

Nancy Kress stellt in einem Roman einen organischen Computer vor (Kress: Bettler, Seite 83 - 86), der aus einem Klumpen lebendem Gewebe besteht, das über Schläuche und Kabel mit Computerschnittstellen verbunden ist, über die es Informationen aufnehmen und ausgeben kann.

- Das Gewebe ist ein organischer Computer auf Mikroebene [...] mit begrenzter organsimulierender Programmierung, einschließlich der Nerven-, kardiovaskulären und gastrointestinalen Systeme. Wir haben Strethers selbstregulierende Feedback-Schlingen und submolekulare selbstreproduzierende Nano-Monteur hinzugefügt. Es [...] kann programmierte biologische Vorgänge erkennen und darüber detailliert berichten. Aber es hat keine Gefühle und keinen eigenen Willen.  
(Kress: Bettler, Seite 84 f.)

Nancy Kress führt hier lediglich einen Ansatz fort, den Greg Bear bereits ein Jahrzehnt früher in seinem legendären Roman »Blood Music« diskutiert hat: dass nämlich eine organische Zelle bereits ein Computer ist, da sie Informationen verarbeitet, da Informationen in sie eingegeben wie auch aus ihr ausgelesen werden können (Bear: Blutmusik, Seite 30 f.).

Doch auch auf anorganischer Basis lassen sich mittels Nanotechnik winzige Computer herstellen: In Andrea Fehrenbachs Roman benutzt die Medizintechnikerin eine winzige Untersuchungseinrichtung, die wie ein komplettes medizinisches Labor arbeitet und als »Westentaschenlabor« bereits in der Realität existiert:

■ **Diese »labs-on-a-chip« waren regelrechte Wunderkammern, in denen gemischt, gepumpt, gefiltert, getrennt, inkubiert und analysiert wurde, und das alles voll automatisch auf einer Fläche von etwa vierzig Quadratzentimetern. Die in Plastik gegossenen Arbeitsplätze dienten der molekularbiologischen Analyse von DNA, Proteinen und Zellen.**  
(Fehrenbach: Lotus-Effekt, Seite 85 f.)

Dass es auch bei Nanorobotern Generalisten und Spezialisten geben wird, zeigt John Ringo bei der Vorstellung einer Künstlichen Intelligenz auf, die sich auf besonders schwierige Eisenlegierungen spezialisiert hat. Dieses hochintelligente Wesen, das zwar auch ein mechanischer Nannit ist, aber zusätzlich aus Energiestrukturen besteht, besitzt aufgrund eigener langjähriger Erfahrungen und der zusätzlichen Wissensaufnahme über historische Schmiedetechniken hohe Kenntnisse über die Herstellung aller Arten von Legierungen, kann in den Werkstoff eintauchen und dort Eisenatome mit anderen Metallatomen in kunstvolle Strukturen bringen, die über »herkömmliche« nanotechnische Prozesse nicht oder erst nach langen Testreihen möglich sind (Ringo: Zusammenbruch, Seite 82 f.).

### Das Nanotattoo

Das 3D-Ganzkörper-Tattoo aus Nanoteilchen, das Alan Dean Foster beschreibt, dient nicht einem Körperdesign aus modischen Gründen, sondern um mehrere unterschiedliche Berufe ausüben zu können. Ein Kellner trägt an seinem nackten Oberkörper keine Schürze oder kein Jackett, sondern sein Nanotattoo simuliert die vom Restaurant vorgegebene einheitliche Kleidung. Eventuelle Flecken werden sofort von den Nanoteilchen getilgt, bei Arbeitsende wird einfach der mentale Befehl zum

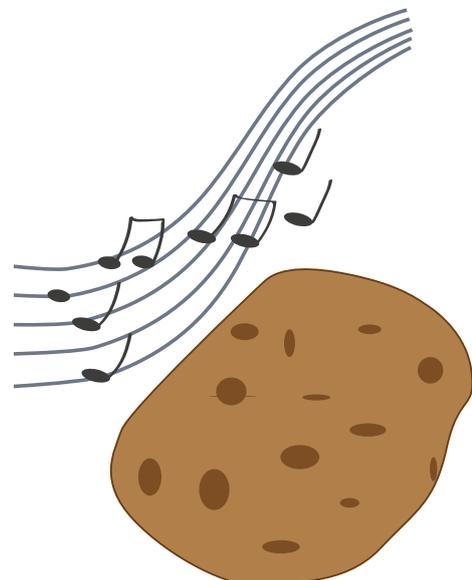
Wechsel des Outfits gegeben, und bei einem Arbeitsplatzwechsel kann der neue Arbeitgeber den Nanos die Dienstkleidung seines Unternehmens einprogrammieren (Foster: Human, Seite 12 f.).

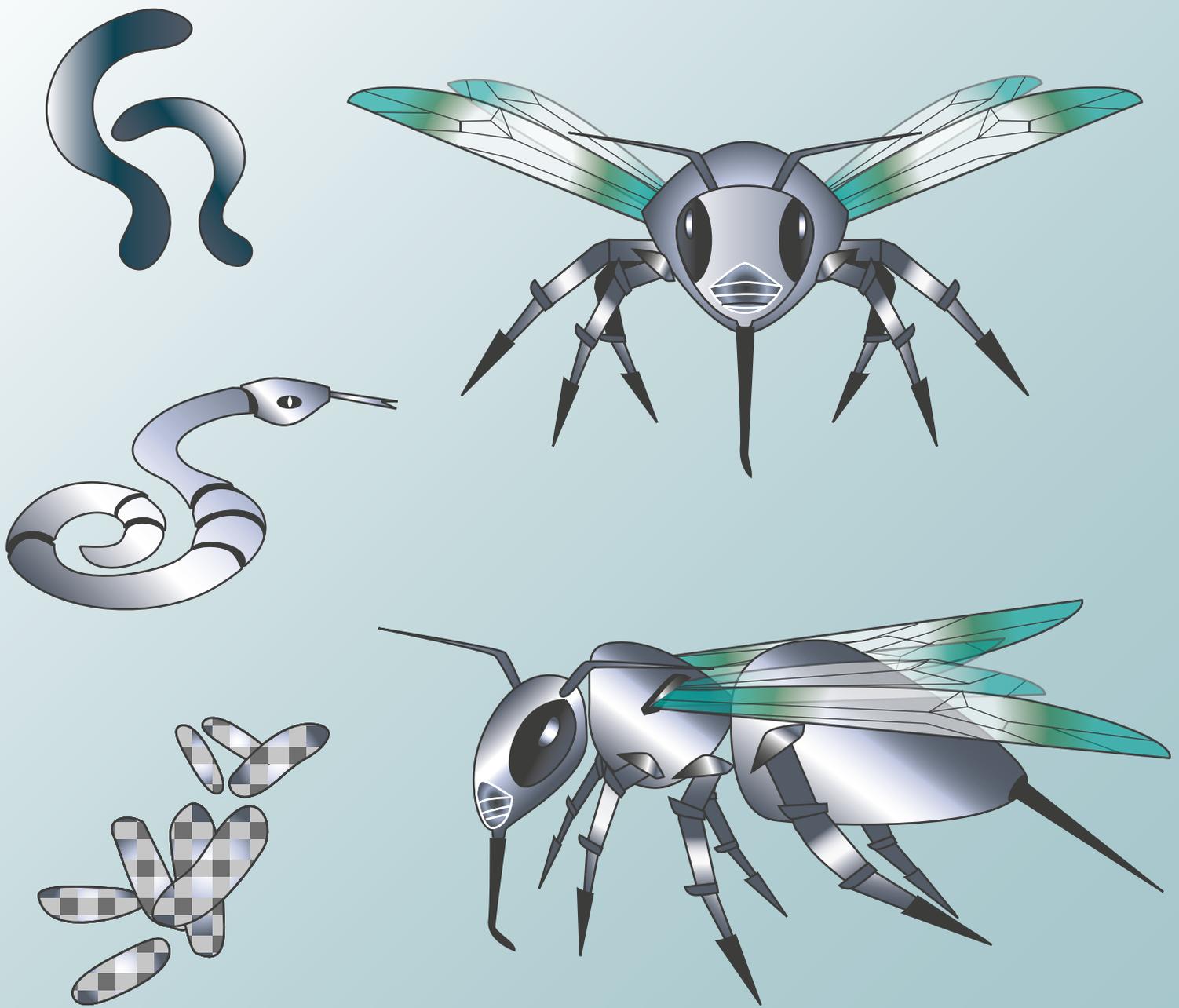
Die gentechnische Herstellung von auch für Menschen essbarem und im Magen verwertbarem Gras, dem auch karge Böden genügen, das eine hohe Resistenz gegen Schädlinge aufweist, schnell wächst und gegenüber herkömmlicher Landwirtschaft den sechsfachen Nahrungsertrag bietet, scheint in Nancy Kress' Roman zunächst die Lösung aller globalen Ernährungsprobleme darzustellen. Da durch die nanotechnisch erzeugte Widerstandsfähigkeit aber eine hohe darwinistische Überlegenheit gegenüber allen anderen Pflanzen einhergeht, führt die Ansiedlung dieses Grases zu einer Ausrottung der meisten Nutzpflanzen und somit zu einer nicht hinnehmbaren Monokultur (Kress: Bettler, Seite 172 f.). Nicht jeder Fortschritt ist also ein Fortschritt.

Dass ein auf Nanotechnik beruhender Replikator, der jedes beliebige Material erzeugen kann, auch Geldscheine herzustellen vermag, ist unmittelbar einsichtig (Eschbach: Herr, Seite 586). Besonders interessant wird dieses »Gelddrucken« allerdings dadurch, dass die Nanoteilchen auch programmiert werden können, zum Ende des Herstellungsprozesses die Seriennummern derart zu manipulieren, dass sie nicht identisch sind.

### Der klingelnde Knusperkeks

Und zum Schluss sei noch ein kleines Gimmick angeführt, das bestimmt niemand braucht, das aber dennoch das Zeug zu einem witzigen Erfolgsprodukt hat: Der Knusperkeks, der beim Zerbrechen nicht knuspert, sondern beim Verspeisen einen lieblichen Klingelton von sich gibt (Foster: Human, Seite 103). Da wird niemand mehr auf die Kalorien achten.





## 11 Militärische Nutzung von Nanotechnik: Der unaufhaltsame Gegner

Wie bei jeglicher Technik besteht natürlich auch bei der Nanotechnik die Gefahr, dass sie nicht allein zur Verbesserung unserer Lebensumstände verwendet wird, sondern auch als Waffe gegen Menschen eingesetzt werden kann. Die hier beschriebenen Potenziale sollen uns deutlich machen, welche Verantwortung jeder Wissenschaftler und Techniker in seiner Arbeit trägt.

» Der vom polnischen Science-Fiction-Autor Stanisław Lem 1964 verfasste Roman »Der Unbesiegbare« ist ein reiner Wissenschaftsroman. Das titelgebende Raumschiff ist zu einem fernen Planeten geschickt worden, um dort nach einem verschollenen Schweslerschiff zu suchen und dessen Verbleib zu klären. Das Schiff wird gefunden, auch seine tote Mannschaft, und nun beginnt mittels akribischer Untersuchungen und naturwissenschaftlich-logischer Denkarbeit die Erforschung dessen, was den Raumfahrern des ersten Schiffs widerfahren sein könnte und worin die Gefahr dieses Planeten besteht. Das Untersuchungsteam entdeckt technische Artefakte einer frühen Zivilisation, kann aber zunächst kein Leben, noch nicht einmal niedere Lebewesen auf dem Planeten feststellen, obwohl die Ökologie des Planeten nicht grundsätzlich lebensfeindlich ist und Knochen von vor Urzeiten ausgestorbenen Großtieren gefunden werden.

Schließlich kristallisiert sich heraus, dass auf diesem Planeten drei Populationen gegeneinander um die Vorherrschaft gerungen haben: eine auf natürliche Weise entstandene Flora und Fauna, eine eingewanderte halbintelligente Maschinenzivilisation und eine sich davon abgespaltene Ansammlung von unzähligen Nanoteilchen. Die Tier- und Pflanzenwelt konnte sich gegen die Metallwesen nicht wehren, sie wurde auf dem Land völlig ausgerottet; lediglich Reste überlebten im Weltmeer. Die Maschinenzivilisation war trotz ihrer Intelligenz zu unbeweglich und zu spezialisiert, um gegen Myriaden von Nanoteilchen anzukommen, jedes für sich harmlos, aber in der Masse überwältigend und im Schwarm zu koordinierten Aktionen fähig. Die Maschinen wurden von den Nanoteilchen über eine Art Rostfraß außer Funktion gesetzt; den Tieren löschten sie über ein Magnetfeld ihre Erinnerung, so dass sie ihre Lebensfähigkeit verloren und verhungerten – dieses Vorgehen erwies sich übrigens als effektiver (sprich: ökonomischer), als direkt zu töten.

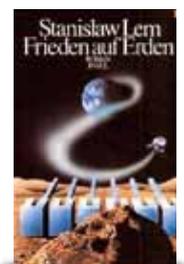
Einen Feind in Nanogröße kann man nicht besiegen, der sich über Jahrtausende zu Perfektion in der Abwehr anderen Lebens entwickelt hat, die er jetzt nutzt, um auch den Menschen ihre Erinnerung zu nehmen und sie damit auszuschalten. Lem sieht Maschinenpopulationen ebenso wie biologische Wesen als Teil der Evolution, die gemäß Darwin sich ständig ihrer Umwelt anpassen und von denen immer nur der Gewitztere überlebt – nicht der physisch Stärkere. Mit einem solchen Feind kann man sich auch nicht verständigen – etwa um einen Waffenstillstand oder eine Koexistenz oder auch nur eine Unterwerfung anzubieten –, denn aufgrund fehlender Intelligenz ist keine Kommunikation möglich. Und wegen ihrer Winzigkeit und ihrer Vielzahl könnte man die Nanopopulation nur vernichten, wenn man den gesamten Planeten mit vernichtet.

### Die kleinste Waffe ist die beste Waffe

Lem, der in vielen seiner Argumente als Zivilisationspessimist auftritt, sieht in Nanowaffen ohnehin die Waffen der Zukunft. Ausführlich diskutiert er Nanowaffen auch in seinem Roman »Frieden auf Erden«. Da der Mensch wie auch die große Maschine viel zu anfällig ist gegenüber feindlichen Attacken, ist die beste Waffe die kleinste Waffe:

### Stanisław Lem

Der polnische Schriftsteller Stanisław Lem, 1921 in Lemberg geboren und 2006 in Krakau gestorben, hat nicht nur Zeit seines Lebens hochintellektuelle Science Fiction verfasst, sondern war ein Philosoph, ein Zivilisationskritiker, der zu starkem Pessimismus bezüglich der Intelligenz und der Überlebensfähigkeit der Spezies Mensch tendierte. In seinem zukunftsphilosophischen Werk »Summa technologiae« sieht er biologische Wesen lediglich als Untergruppe technologischer, sich selbst entwickelnder Systeme. Er gilt als einer der weltweit einflussreichsten Science-Fiction-Autoren, wenn nicht sogar als *der* wichtigste SF-Autor. Sein umfangreiches Werk stellt meist den Wissenschaftler und seine sezierende Denkweise und seine Neugier in den Mittelpunkt. Viele seiner Geschichten verbergen ihre Aussagen in der Satire oder gar in der Skurrilität ihrer Figuren. Am bekanntesten sind seine »Robotermärchen« und auch die vielen episodischen Reisen seines Astronauten Ijon Tichy oder seines Piloten Pirx.



- Als vor 70 Millionen Jahren ein gewaltiger Meteor auf die Erde gestürzt, mit seinen Trümmern die Atmosphäre verdunkelt und damit das Klima auf Jahrhunderte hinaus abgekühlt hatte, rottete diese Katastrophe mit Stumpf und Stiel die großen Echsen, die Dinosaurier, aus, schädete den Insekten jedoch nur wenig und ließ die Bakterien völlig verschont. Die Beweiskraft der Paläontologie war eindeutig: Je größer die obwaltende Zerstörungskraft ist, umso kleiner müssen die Organismen sein, die ihr entgehen sollen. Die Atombombe machte die Auflösung sowohl des Soldaten als auch der Armeen erforderlich. Der Gedanke, den Soldaten auf Ameisengröße schrumpfen zu lassen, konnte im 20. Jahrhundert jedoch außerhalb der Phantastik keinen Ausdruck finden. Der Mensch kann weder in Teilchen aufgelöst noch in seinen Maßen reduziert werden. Man dachte damals an automatische Soldaten und meinte damit Roboter in Menschengestalt, aber das war schon zu jener Zeit ein naiver Anachronismus. (Lem: Frieden, Seite 62 f.)

Lem behauptet, dass ein Soldat nur noch die Größe einer Biene zu haben braucht – und auch nur noch deren Intelligenz. Man benötigt keine intelligenten Kampfstrategien mehr, wenn man mit Myriaden von Bienen einfällt und zusticht. Auch trotz optimaler Abwehrmechanismen werden immer einige winzige Kampfeinheiten durchkommen und ihr Ziel attackieren können. Und auch von den Kosten her ist es erkennbar günstiger, mechanische Bienen zu bauen als Flugzeugträger, Unterseeboote, Kampfflugzeuge und Raketensilos.

- So entstanden radioaktive Synsekten (synthetische Insekten), Krustentiere aus Keramik, Schlangen und Ringelwürmer aus Titan, die sich in die Erde eingraben und nach einem Atomschlag wieder hervorkriechen konnten. Das fliegende Synsekt war gewissermaßen eine zu einem mikroskopisch kleinen Ganzen verschmolzene Legierung von Flugzeug, Pilot und Bewaffnung. Gleichzeitig wurde zur operativen Einheit die *Mikroarmee*, die nur als Ganzes eine Kampfkraft darstellte, etwa wie nur der ganze Bienenschwarm eine selbständige, überlebensfähige Einheit bildet, während die einzelne Biene nichts ist. Es entstanden also Mikroarmeen vieler Typen [...]. (Lem: Frieden, Seite 63)

Nanoteilchen zerfressen Geschütze, Panzer und Flugzeuge oder jagen Pulverladungen in die Luft. Sie dringen ins Feindesland ein wie Mikroben, einfach so durch die Luft geblasen, gelegentlich sogar huckepack genommen von pflanzlichen Sporen oder verborgen im Blütenstaub, der von Insekten getragen oder vom Wind geweht wird – und sie sind solange inaktiv, bis sie auf Metall treffen oder durch Waffenöl, Maschinenschmierstoffe, Kerosin, Schießpulver oder gar den Tabakgeruch rauchender Soldaten aktiviert werden.

Dabei ist nicht nur die Kleinheit der einzelnen Komponenten, die überall Durchlass finden, der entscheidende Faktor, sondern auch die schiere Menge der Teilchen.

Hinzu kommt aber noch eine dritte Komponente, die Lem »Teletopismus« nennt und mit der er die Fertigung der eigentlichen Waffe erst unmittelbar vor dem Einsatz direkt auf dem Schlachtfeld meint:

- Nach dem Prinzip des *Teletopismus* war die Mikroarmee lediglich ein gewaltiger, fliegender oder kriechender Haufen von *Elementen* zur Eigenmontage: Je nach der taktischen oder strategischen Notwendigkeit bewegte er sich in starker Auflösung vorwärts, um sich erst am Ziel zu dem vorprogrammierten Ganzen zu vereinigen. Es verhielt sich so, als würde das Kriegsgerät die Rüstungsfabrik nicht in seiner endgültigen Gestalt, sondern in Halb- oder Viertelfertigteilen verlassen, die sich zusammenschließen, bevor sie ins Ziel treffen. Das einfachste Beispiel dieser »selbstkoppelnden Armeen« war die auto-disperse Atomwaffe. Eine ballistische Interkontinentalrakete mit einem Kernsprengkopf läßt sich aufspüren – durch Satellitenüberwachung aus dem All, durch Radar von der Erde aus. Diese Mittel versagen jedoch bei gigantischen Wolken von Mikroteilchen in starker Dispersität, die Uran oder Plutonium tragen und sich zur kritischen Masse erst am Ziel zusammenschließen, sei dieses nun eine Fabrik oder eine feindliche Stadt. (Lem: Frieden, Seite 63 f.)

Lem beschreibt weiterhin, wie mittels Nanoteilchen ein Krieg sogar kaschiert werden kann: Ein künstlich hervorgerufener sehr *saurer* Regen, der im Feindesland Metalle zerfrisst – von Fahrzeugen über Fabriken bis hin zu Hochspannungsleitungen – ist kaum auf seinen Verursacher zurückzuführen, sondern könnte eine entartete Naturerscheinung sein (Lem: Frieden, Seite 68). Und wenn man nach dem Krieg in die Care-Pakete an die besiegte Nation potenzhemmende Nanostoffe einmischt, dann sorgt man dafür,

dass der Gegner nie wieder zu alter Bevölkerungsstärke anwachsen wird (Lem: Frieden, Seite 69). Ein langsamer, heimlicher und dennoch funktionierender Genozid.

### Militärische Aufklärung auf Nanoebene

Doch nicht nur die unmittelbare Waffe lässt sich in Nanokomponenten besser zum Einsatz bringen, sondern auch die Beobachtungen im Feindesland sind mit einem Schwarm winziger Kameras effektiver vorzunehmen. Unterhalb einer bestimmten Größe werden sie von feindlichen Abwehrmechanismen nicht wahrgenommen, sie können das zu beobachtende Areal aufgrund ihrer Diversität sogar dreidimensional aufnehmen, und selbst wenn der größte Teil von ihnen dennoch aufgespürt und eliminiert werden sollte, reicht die Aufklärung durch einige wenige Nanoaugen immer noch aus (Lem: Frieden, Seite 154). Allerdings muss die letzte Aussage relativiert werden, denn Bilder von Nanoaugen dürften einzeln keine allzu hohe Qualität liefern (Bear: Königin, Seite 85), so dass wohl doch erst eine Vielzahl vernetzter Bilder die benötigte Informationsmenge für eine gute Bildauflösung liefert.

Wie unverzichtbar militärische Aufklärung ist, weist auch der 1999 veröffentlichte Roman »A Deepness in the Sky« / »Eine Tiefe am Himmel« des Amerikaners Vernor Vinge nach, der sich in diesem Werk intensiv mit konkurrierender Militärtechnik mit unterschiedlichen technologischen Ansätzen befasst. Eine der beiden Seiten verwendet dabei halbintelligente staubkorngroße Roboter, die von einem bloßen Lufthauch getragen werden, Daten sammeln und miteinander austauschen können (Vinge: Tiefe, Seite 284 f. und 322 f.).

Zahlreiche zukünftige Waffen oder Kriegsstrategien finden sich verstreut bei verschiedenen Science-Fiction-Autoren. Seltsamerweise ist die vierbändige Serie von John Ringo über »Die Nanokriege« für solche Fundstellen völlig unergiebig – trotz des Serientitels sind die bürgerkriegsähnlichen Zusammenstöße auf der Erde in ihren Kampfmethoden sehr konventionell, teilweise sogar archaisch. Allerdings kämpfen die Soldaten mit großem Körpereinsatz, denn im Körper befindliche Nanniten vermögen nahezu jede körperliche Verletzung mittels Reparatur auf Zellniveau wieder ungeschehen zu machen. Und auch eine mit Nanoteilchen besetzte Körperpanzerung der Soldaten wird kurz erwähnt, die nicht nur »kinetisch reaktiv« ist, sondern auch befähigt sein muss, Körperschäden beim Soldaten medizinisch selbsttätig zu »reparieren« (Ringo: Zusammenbruch, Seite 51).

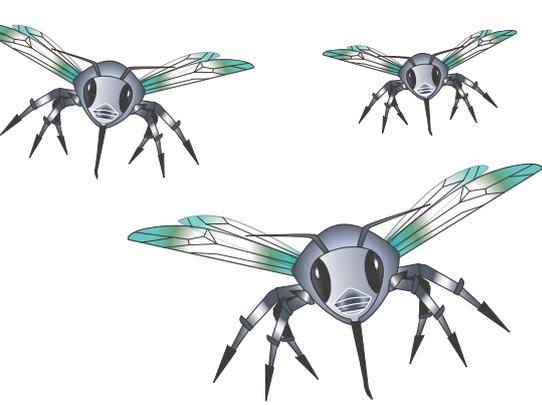
### In den menschlichen Körper integriert

Von einer »Schädelkanone« erzählt Neal Stephenson. Ein Kleingangster lässt sich in den Schädelknochen oberhalb des rechten Auges eine winzige Schusswaffe chirurgisch einsetzen. Mittels Sprachsteuerung wird die Waffe eingeschaltet, mit dem Auge visiert man das Ziel durch bloßes Hinschauen an, dann muss man nur noch ein »Los« hauchen, und die Waffe folgt dem Befehl. Der Roman beschreibt den ersten Test in der Schießanlage hinter dem »Mod-Salon«, in dem man Tätowierungen, Liftings und implantierte Add-ons erhält. Der zufriedene Kunde lässt nach Feineinstellungen und Schießversuchen mit Gummigeschossen auf Dummyziele dann die Waffe scharf laden:

### Vernor Vinge

Der 1944 geborene Amerikaner Vernor Vinge ist emeritierter Professor für Mathematik und Informatik (zuletzt an der Universität von San Diego) sowie Science-Fiction-Autor. Vor allem in seinem Roman »A Fire upon the Deep« (1992) zeigt er auf, wie schwierig es ist, Technologie in einer fernerer Zukunft vorauszusagen, weil sie so komplett *anders* sein wird, als wir sie uns heute vorstellen könnten.





- **»Ich glaub, ich hab's drauf«, sagte Bud, »also lad mich voll. Erstes Magazin Elektroschockpatronen. Zweites Magazin Krüppler. Drittes Hellfire. Und bring mir 'n paar Scheiß-Aspirin.« (Stephenson: Diamond Age, Seite 11)**

Auch bei Jagdwaffen funktioniert das Zusammenspiel zwischen dem menschlichen Auge und einer separaten Waffe. Über die Augenmuskeln kann der Jäger das Bild vor seinem Auge heranzoomen, und die Schusswaffe stellt dann selbsttätig den Mensch-Maschine-Kontakt her:

- **Er musste kein Zielfernrohr an der Waffe anbringen. Die in die Pistole integrierten Schaltkreise stellten einen drahtlosen Kontakt zu der winzigen Empfangsausrüstung in seinem linken Meld-Auge her, während er das rechte Auge für den tödlichen Schuss zukniff. Ein Fadenkreuz erschien vor seinem Blickfeld. Die Stelle, auf die er seinen Blick konzentrierte, wurde von der Waffe anvisiert. (Foster: Human, Seite 288)**

Die Waffe zeigt auch weitere technische Intelligenz: Falls etwa das Ziel außerhalb der Waffenreichweite liegt, dann wird das dem Jäger als Textmeldung im Auge angezeigt.

### Sabotage der Infrastruktur

Ein sehr wirkungsvolles Konzept eines Angriffs auf einen technologisch starken Feind stellt die deutsche Romanserie »Perry Rhodan« vor: Sabotage der Infrastruktur. In Band Nummer 2101 wird eine »Mikromaschine« in der Größenordnung von einem halben bis zu einem Millimeter beschrieben, die wiederum aus einer großen Zahl von Nanorobotern zusammengesetzt ist und eine rudimentäre Intelligenz beinhaltet. Anlässlich eines diplomatischen Besuchs in der gegnerischen Hauptstadt werden einige dieser Mikromaschinen heimlich ausgesetzt, die sich in Windeseile über die Stadt verteilen. Sie vermehren sich durch Wachstum und Teilung, wobei sie vorgefundene metallische Strukturen relativ wahllos verwerten. Dabei attackieren sie bereits Computer, Steuergeräte, Kommunikationseinrichtungen, Energieaggregate und Produktionsmaschi-

nen und legen sie mehr zufällig lahm. Aufgrund ihrer hohen Vervielfältigungsrate steigen sie schnell zu einer Milliardenpopulation auf, sind aber noch unaggressiv und warten noch auf den eigentlichen Angriffsbefehl. Sie bewegen sich autark, können schweben und aufgrund ihrer Kleinheit vermögen sie wie Staub in Gebäude einzudringen, und zusätzlich verfügen sie über Laserwaffen, um sich zu verteidigen und anzugreifen.

Sobald diese Maschinen in größerer Zahl als eine Art Wolke auftreten, lassen sie sich natürlich orten und mit physischen Mitteln vernichten. Sie sind jedoch einzeln längst über alle technischen Einrichtungen in der Hauptstadt zu sehr verteilt, um sie noch mit herkömmlichen Mitteln wirksam bekämpfen zu können, d.h. vollständig zu vernichten. Also besinnt man sich auf die probate Methode, Feuer mit Feuer zu bekämpfen: Man setzt einen äußerst aggressiven Computervirus ein, dem die eigenen Computer bei einem Angriff vor vielen Jahren fast zum Opfer gefallen wären und gegen den man deshalb einen Gegenvirus entwickelt und erfolgreich eingesetzt hatte. Zuvor werden die eigenen Infrastruktureinrichtungen heruntergefahren, dann wird der Virus »losgelassen«, worauf sich die feindlichen Mikromaschinen selbst zerstören, und zuletzt wird alles mit dem Gegenvirus wieder gesäubert, und die eigenen Rechner werden wieder hochgefahren (Findig: Konquestor, Seite 30, 32, 42 - 44, 52 f.).

### Nanotechnologische Parasiten

Da die Nanotechnik jedes Teilchen exakt an jeden gewünschten Ort zu bringen vermag, lassen sich natürlich auch sogenannte »Nanositen – nanotechnologische Parasiten« (Stephenson: Diamond Age, Seite 165) über einen Rückenmarkstropf in den Körper eines Menschen einbringen, damit sie sich entlang der Rückenmarksflüssigkeit verteilen und sich an alle Empfindungsnerven setzen, die direkten Zugang zum Gehirn haben. Bei leichten Reizungen durch die Nanositen fühlt es sich an wie ein Kitzeln oder Streicheln, doch sobald sie zu voller Leistung angeregt werden, stellen sie das perfekte Folter-



instrument dar, da sie Schmerzen an jedem beliebigen Körperteil simulieren können. Allerdings kann man sich auch nanotechnisch gegen solche Folter schützen: wenn ins Gehirn andere Nanoteilchen eingesetzt wurden, die vom Gefolterten willentlich zu steuern sind und die einfach die Verbindungen des Gehirns zu den Nerven zeitweilig abschalten (Stephenson: *Diamond Age*, Seite 174). Für jede neue Technik lässt sich also wieder eine Gegentechnik finden.

Dass man über an Nerven gesetzte Nanoteilchen Menschen zu foltern vermag, das beschreibt auch Nancy Kress (Kress: *Bettler*, Seite 171): Über einen in den Körper injizierten spezifisch hergestellten Virus werden Nerven auf Dauer stimuliert, was zu nicht endenden Schmerzen in höchster Potenz führt. Erst ein vollständiges Eliminieren aller Viren (die sich natürlich auch vermehren) durch ein Nano-Antidot vermag die Folter zu beenden.

Die Nanotechnik ermöglicht es auch, Objekte nicht nur nach Wunsch zusammenzubauen, sondern sie auch beliebig zu separieren. In einem von Andreas Eschbach geschilderten Waffenproduktionsunternehmen werden die Fließeigenschaften von festen Werkstoffen daraufhin untersucht, wieweit sich Molekularbindungen zumindest zeitweilig aufheben lassen, um Gegenstände durch schmalste Spalte oder kleinste Öffnungen hindurchfließen zu lassen. So könnten »ChemBots« genannte Roboterwaffen etwa durch Luftschlitze oder Versorgungsrohre in Gebäude oder Fahrzeuge des Feindes hineingelangen, indem sie erst Kolloidform annehmen und sich dann wieder verfestigen (Eschbach: *Herr*, Seite 281).

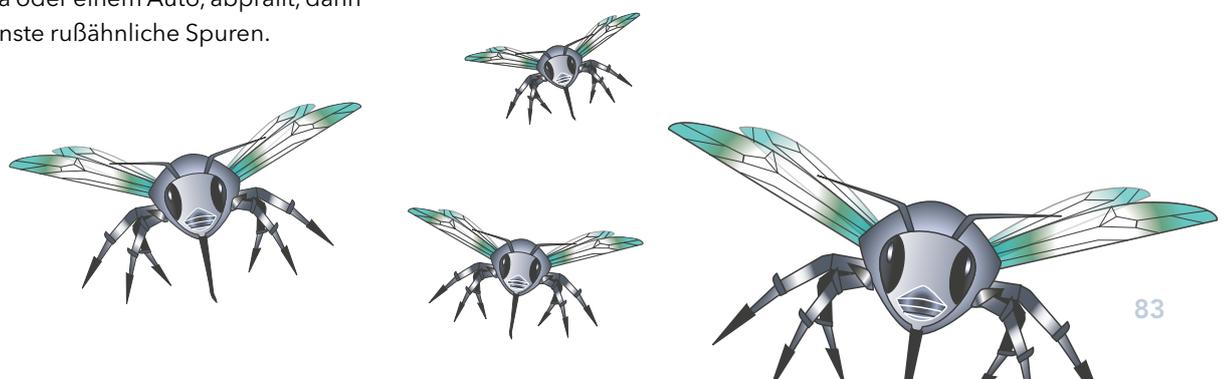
Da die forensische Ballistik aus aufgefundenen Kugeln Rückschlüsse auf die verwendete Waffe ziehen kann, was für eine spätere Beweisführung vor Gericht ausgesprochen hilfreich ist, wären Gesetzesbrecher an einer Waffe, deren Kugeln keine oder nur geringe Spuren hinterlässt, natürlich sehr interessiert. Antonia Fehrenbach stellt eine sogenannte »selbst auflösende Abwehr-Munition« (Fehrenbach: *Lotus-Effekt*, Seite 260 f.) vor, bei der sich das Projektil nach dem Durchschuss durch einen menschlichen Körper automatisch in seine Bestandteile zerlegt: in Kohlenstoff-Fullerene, in fast unsichtbaren, verwehenden Feinstaub. Nur wenn ein Schuss danebengeht und an einem festen Gegenstand, einer Hauswand etwa oder einem Auto, abprallt, dann finden sich dort feinste rußähnliche Spuren.

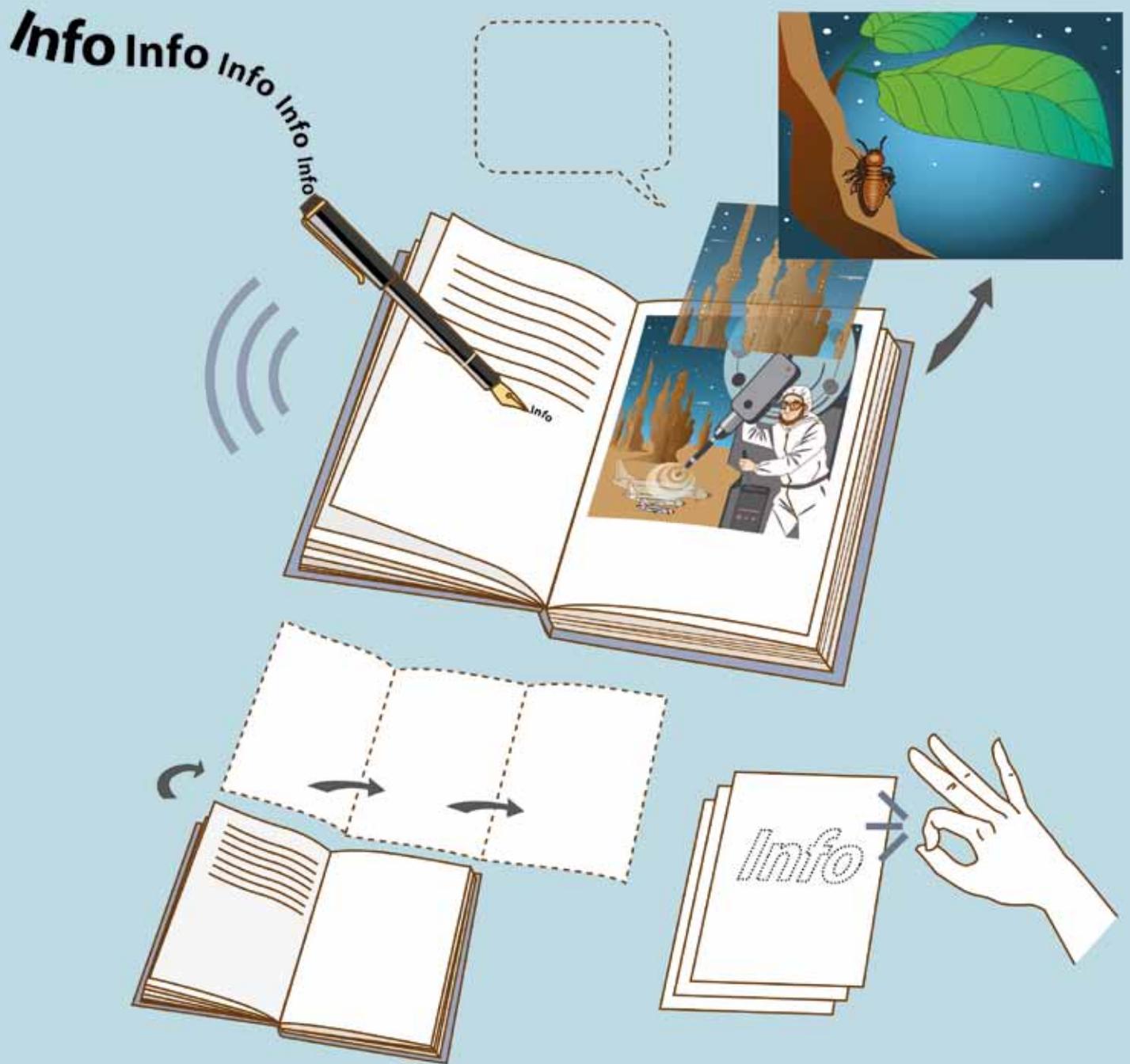
Auch die eigentlich altmodische Garrote, das bevorzugte Killerwerkzeug französischer Mörder des 19. Jahrhunderts, könnte als »programmierte, spinnseidenähnliche Protein-Aramidfaser« (Foster: *Genom*, Seite 71) in der Zukunft wieder zum Einsatz gelangen: Die Faser springt auf Muskelbefehl aus der Fingerspitze des Garrotteurs heraus und schlingt sich automatisch um den Hals des Opfers. Sie zieht sich dann nicht nur zu, sondern schneidet sich aufgrund ihres winzigen Querschnitts und ihrer extremen Reißfestigkeit tief ins Fleisch ein, womit sie die Kehle durchtrennt. Da die Faser hydrophob konstruiert wurde, bleibt noch nicht einmal Blut an ihr haften, wenn sie sich anschließend wieder zurück in die Fingerspitze des Mörders spult.

Die Kehle zu durchtrennen vermag auch eine aus dem Handrücken eines Attentäters herauspringende Klinge, die zwar aus Knochen besteht, aber zu einer hauchdünnen Schneide ausläuft und nanotechnisch besonders gehärtet wurde (Foster: *Genom*, Seite 73). Für Auftragskiller sehr praktisch sind auch feinste Skalpellklingen, die unter den Fingernägeln sitzen und jederzeit durch leichte Muskelkontraktion ausfahren können (Gibson: *Neuromancer*, Seite 44).

Wenn die Polizei einen Übeltäter jagt, ihn jedoch lebend und unversehrt haben will, kann sie sogenannte »Traktacs« (Foster: *Genom*, Seite 154 f.) auf ihn abschießen. Diese staubkorngroßen Geschosse zersetzen sich im Innern des Körpers und geben einen Nanomechanismus frei, der aus drei Komponenten besteht: einer Energiequelle zum Betreiben der eigenen Funktion, einem Peilsender, der ständig die jeweilige Position des Gejagten übermittelt, sowie einem Depot, das ebenso ständig ein Reizmittel ausgibt, das beim Gejagten wachsendes Unwohlsein auslöst.

Zum Schluss sei noch der Traum aller Waffenhändler erwähnt: das sogenannte »Militär-Nano« (Bear: *Slant*, Seite 111 f.). Dabei handelt es sich um verschiedene pastenförmige Massen aus zunächst inaktiven Nanoteilchen, die zusammengemischt und auf metallische Grundstoffe aufgetragen, selbsttätig damit beginnen, Kriegswaffen aller Art zu bauen. Die Waffenfabrik aus der Tube.





## 12 Die Nanoschatztruhe: Mehr Nano geht nicht

Nanotechnik ist zweifellos eine wichtige Technologie der Zukunft, und einige nanotechnische Verfahren werden ja bereits heute umgesetzt. Lässt sich deshalb eine Zukunft denken, die komplett von Nanotechnik durchdrungen ist und in der wirklich alle diese kühnen Ideen verwirklicht sind?

» Wenn ein Schriftsteller einen belletristischen Text, also einen Roman oder eine Kurzgeschichte schreibt, dann tut er das, weil er einen spannenden Handlungsablauf darstellen will, mit dem er seine Leser unterhalten möchte. Das ist bei einem Science-Fiction-Schriftsteller nicht anders: Er will erzählen; außerdem lebt er vom Verkauf seiner Bücher. Folglich schreibt er seinen Roman nicht, um lediglich die Wissenschaft zu erfreuen und eine bestimmte Technologie und ihre Funktionsweise einzuführen. Die *Science* ist in der Science Fiction stets Beiwerk, ein wichtiges Beiwerk zwar, die das Salz in der Suppe ausmacht – aber es ist meist wesentlich mehr Suppe als Salz vorhanden.

Um nun nanotechnische Ideen in der Science-Fiction-Literatur aufzuspüren und sie anschließend systematisch geordnet zu präsentieren, gilt es deshalb eine Vielzahl von Büchern durchzuarbeiten. In vielen wird man gar nichts zum Thema finden können, weil in ihnen Welten mit völlig anderen technologischen Hintergründen als Folie dienen; in manchen lassen sich dagegen schöne Beispiele nachweisen, die auf den vorausgegangenen Seiten bereits ausgebreitet wurden.

Doch dann passiert es, dass man plötzlich auf einen Roman stößt, der für eine solch thematische Suche wie ein Sechser im Lotto daher kommt, der wie eigens für ein solches Rechercheprojekt verfasst zu sein scheint. In Neal Stephenson im Jahre 1995 erstmals vorgelegtem Roman »The Diamond Age« wimmelt es nur so von Nanotechnik, die beschriebene Welt ist geradezu durchdrungen von dieser innovativen Technologie, so dass bald jede zweite Buchseite eine Nanoanwendung präsentiert. Und das, obwohl es bei der Handlung gar nicht vordergründig um technische Sichtweisen geht, sondern um die Erziehung eines kleinen Mädchens in einem Shanghai der nahen Zukunft.

Im Folgenden sollen nun die interessantesten Ideen aus diesem Buch – soweit sie nicht an thematisch anderer Stelle bereits dargestellt wurden – schlaglichtartig angeführt und beschrieben werden (mit jeweiliger Seitenangabe der deutschen Ausgabe in Klammern dahinter):

### Papier ersetzt den Bildschirm

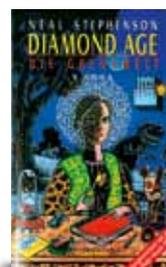
Auch in dieser Zukunftswelt gibt es noch Papier, das aber nicht einfach bedruckt ist, sondern dessen Beschriftung mit dem Leser interagiert, da es mit Nanoteilchen belegt ist. Auf einem diesem SmartPapier werden beim Lesen Animationen erweckt: eine optische und akustische Videopräsentation erscheint (14), man schnippt mit dem Fingernagel drauf (8), um weitere Informationen anzuklicken, oder das Blatt reagiert auf Zuruf (46), und man kann ihm befehlen, sich zu entfalten (227). Mit einem speziellen Füllfederhalter lässt sich SmartPapier nicht nur beschreiben, sondern wenn man Textteile durchstreicht, werden sie wieder gelöscht (270). Auch kann der Füllfederhalter als Nachrichtenempfänger dienen: Über einen Sprachbefehl kann jede eingegangene neue Nachricht auf ein Blatt SmartPapier übertragen und dort gelesen werden (247). Für Grafiker eröffnet sich ein weites Feld der Kreativität, wenn Firmenlogos und Stempel künftig auch animiert sein können (267), und Visitenkarten können sogar als Datenspeicher dienen (267).

Ein solches SmartPapier wird über die nanotechnische Beschreibung detailliert angepriesen:

- Ein Blatt Papier war etwa hunderttausend Nanometer dick, mehr als dreihunderttausend Atome paßten auf diese Strecke. SmartPapier bestand aus einem Netz infinitesimaler Computer, die sand-

### Neal Stephenson

Der 1959 geborene amerikanische Schriftsteller Neal Stephenson schreibt eine Science Fiction, die historische Elemente mit High-tech verwebt, er zeichnet anachronistische Welten und bewegt sich sehr innovativ im Cyberpunk. Sein wichtigstes Werk ist der Roman »Snow Crash« (1992), der das Leben in Virtuellen Realitäten als Flucht vor einer nicht mehr in staatlichen Strukturen organisierten Welt schildert.



wichförmig zwischen zwei Mediatrons lagen. Ein Mediatron war etwas, das seine Farbe von Stelle zu Stelle verändern konnte; zwei davon machten etwa zwei Drittel der Papierdicke aus, womit genügend Platz blieb, um Strukturen von hunderttausend Atomen Dicke unterzubringen. Licht und Luft konnten mühelos bis zu diesem Punkt durchdringen, daher lagen die Mechanismen selbst in Vakuolen - luftleeren buckminsterfulleresken Hüllen mit einem Überzug aus reflektierender Aluminiumschicht, damit sie nicht massenhaft explodierten, wenn das Blatt dem Sonnenlicht ausgesetzt wurde. Das Innere dieser Buckybälle bildete damit etwas, das einer eutaktischen Umwelt ziemlich nahe kam. Hier residierten die Stabprozessoren, die das Papier smart machten. Jeder dieser kugelförmigen Computer war mit seinen vier Nachbarn, Norden-Osten-Süden-Westen, durch ein Bündel flexibler Rammstäbe verbunden, die in einer flexiblen, luftleeren Buckyröhre verliefen, so daß die Seite alles in allem einen Parallelcomputer bildete, der sich aus etwa einer Milliarde separater Prozessoren zusammensetzte. Die individuellen Prozessoren waren nicht besonders smart oder schnell und demzufolge so empfindlich den Elementen gegenüber, daß normalerweise nur ein Bruchteil davon funktionierte, aber selbst mit diesen Mängeln war das SmartPapier als Graphikcomputer ein Hammer. (78)

Wenn man SmartPapier zu einem Buch zusammenfasst, vermag dieses Buch noch mehr: Es spricht den Leser direkt an, es schlägt sich selbsttätig auf (112), es antwortet auf Fragen (130) und kann dabei eine Szene auch in bewegten Bildern zeigen (131).

### Kommunikation mittels Nanotechnik

In dieser Zukunftswelt erfolgt Telekommunikation über ein als »Nanophon« (21) bezeichnetes Mikrofon, das im Kragen der Kleidung integriert ist. Musikhören geschieht über ein unmittelbar ins Trommelfell integriertes Empfangssystem (8), die Batterie für die dazu notwendige Energie wird in eine Brustwarze implantiert (8).

Korrekturen der Sehfähigkeit werden beim Menschen künftig nanotechnisch vollzogen, auch lassen sich beide Augen komplett durch opto-mechanische Systeme ersetzen, die unmittelbar mit den Nerven verspleißt sind. Ein solches Verfahren bietet die Zusatzfunktion an, dass sich sogar Bilder einspeisen lassen, die gar nicht die Realität vor Ort wiedergeben, ja die möglicherweise überhaupt nichts mit der Wirklichkeit zu tun haben. Das bietet sich als völlig neues Medium für die Werbeindustrie an. Verboten

- aber dennoch viel zu häufig eingesetzt - ist allerdings eine optische Werbung, die auch noch bei geschlossenen Augen läuft (49).

In den Beckenknochen kann man einen Nano-speicher einfräsen lassen (15), der die Funktion einer Kreditkarte besitzt - mit Funkverbindung sowohl zur abbuchenden Ladenkasse wie auch zur Bank, wobei die Aktivierung allein über die Sprache geschieht. Damit verbunden ist allerdings ein Vertrag mit der Bank, der auch die unangenehmen Konsequenzen festschreibt, falls man den Kredit einmal nicht zurückzahlen würde: die Bank unterhält dazu eigene Arbeitslager (14 ff.).

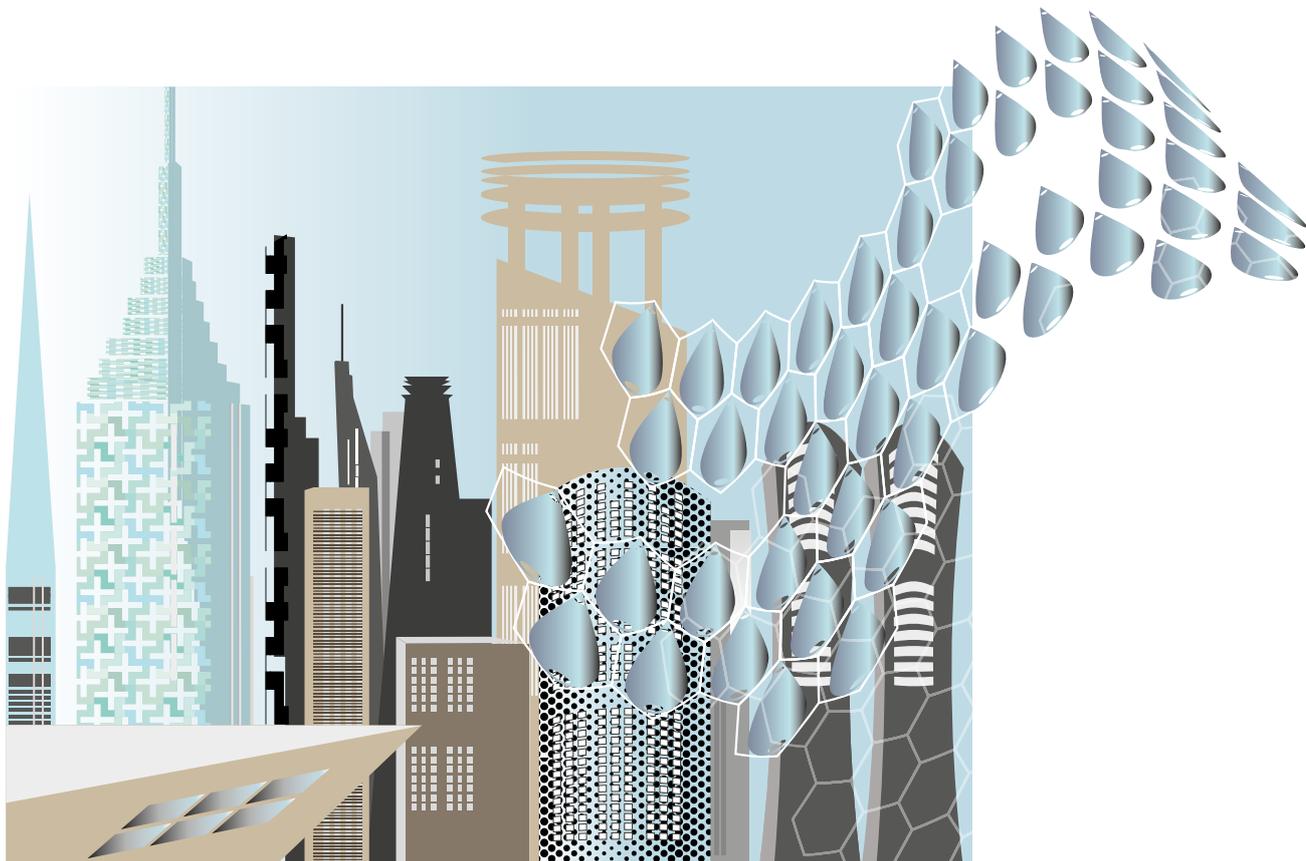
### Der Materiecompiler

Über die gesamte Stadt verteilt sind öffentliche Materiecompiler, die bestimmte Dinge des täglichen Lebens für jedermann herstellen. Einige fungieren als kostenlose Suppenküchen (13, 254), bei denen die besseren Menüs allerdings bezahlt werden müssen. Auch sind einige Medikamente frei, die Premiumangebote kosten dagegen Geld (235). Die Postämter geben keine versandten Warenpakete mehr aus, sondern alles Bestellte wird in Materiecompilern erst vor Ort hergestellt (269), wobei man auf die Produktion von großen Objekten auch schon mal einige Stunden warten muss (271), weil das Fertigen von Gegenständen mittels Nanoteilchen viel Zeit benötigt.

Frischwasser wird aus dem Meer über Mikroröhren herbeigepumpt, die das Salz ausfiltern (11). In Klärtanks für Wasser und Luft, die als molekulare Wiederaufbereitungsanlagen dienen, werden mittels als Filter arbeitenden Nanomembranen und »submikroskopischen Speichenrädern« (12) alle Elemente außer Sauerstoff und Stickstoff und Wasser entnommen und zur Wiederverwertung weitergereicht. Ein perfektes Recycling, wenn zum Schluss die chemischen Elemente in Reinform vorliegen. Zum Umweltproblem wird allerdings in der Luft herumschwebendes Verpackungsmaterial, denn hauchdünne Lebensmitteltüten aus Nanoteilchen sind leichter als Luft (68). Allerdings gibt es auch Nanofolien, die dazu gemacht wurden, um für andere Nanoteilchen undurchdringlich zu sein: als Schutzfolie oder für einen Behälter mit Nanoteilchen (66).

### Beobachtung und Überwachung

Jegliches Geschehen in der Stadt kann durch sogenannte »Aerostate« (36) überwacht werden: das sind mandelgroße schwebende Beobachtungsgeräte, die wiederum von einem »Himmelsauge« (115) ausgesandt werden und in Echtzeit ihre Sichtungen an eine Zentrale funken.



- Da es so einfach war, Sachen zu entwickeln, die in der Luft schwebten, machte es auch keine große Mühe mehr, eine Turbine hinzuzufügen. Dabei handelte es sich um wenig mehr als einen kleinen Propeller, oder mehrere, die in einer kreisrunden Öffnung im Rumpf des Aerostats montiert wurden und Luft an einem Ende ansaugten und am anderen wieder ausstießen, um Schub zu erzeugen. Ein Mechanismus mit mehreren Schubdüsen auf unterschiedlichen Achsen konnte in einer Position bleiben und tatsächlich durch den Raum navigieren (68 f.).

Da es nicht jedermann gefällt, von winzigen schwebenden Augen automatisch beobachtet zu werden, werden natürlich auch Methoden beschrieben, wie man Aerostate in ihrer Überwachungsfunktion beeinträchtigen kann, etwa mittels klebrigem Schaum, den man in der Luft versprüht und der von ihren Turbinen angesaugt wird und sie lahmlegt, oder durch stroboskopische Lichtblitze, die ihre Aufnahmen stören (117).

Die Stadt wird durch einen Zaun umschlossen, der von einem Schwarm miteinander agierender, aber einzeln unabhängiger Aerostate gebildet wird:

- Jeder Aerostat [...] hatte die Form einer aerodynamischen Träne mit verspiegelter Oberfläche, an der breitesten Stelle so groß wie ein

Tischtennisball. Diese Kapseln waren dergestalt programmiert, daß sie in einem hexagonalen Gittermuster in der Luft schwebten, am Boden in Abständen von etwa zehn Zentimetern [...], mit zunehmender Höhe jedoch immer weiter auseinander. [...] Wenn der Wind wehte, tanzten die Kapseln alle wie Wetterfahnen in den Böen, und das Gitter verformte sich ein wenig, wenn die Kapseln verrutschten; aber mit der Zeit nahmen sie alle, von den Turbinen stromaufwärts getrieben wie Elritzen, ihre Positionen wieder ein. Die Turbinen gaben ein leise zischendes Geräusch von sich, als würde eine Rasierklinge durch die Luft sausen, was, multipliziert mit der Anzahl der Kapseln in Hörweite, alles in allem ein nicht gerade angenehmes Ambiente schuf.

Wenn der Wind stark genug wehte, konnte die Batterie einer Kapsel zur Neige gehen. In diesem Fall schwamm die Kapsel zu ihrer nächsten Nachbarin und stieß sie an. Die beiden Kapseln paarten sich wie Libellen in der Luft, wobei die schwächere Energie von der stärkeren empfing. Zu dem System gehörten auch größere Aerostats, Nahrungsdrohnen genannt, die herumschwirrten und große Energiemengen in nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Kapseln im gesamten Gitter pumpten, die sie wiederum ihren Nachbarn abgeben konnten (69).

Es folgen im Buch weitere detaillierte Beschreibungen, wie dieses intelligente und selbstregulierende System Fehlfunktionen einzelner Kapseln ausgleicht, wie es mit dem Vandalismus übermütiger Jugendlicher umgeht und wie es auf menschliche Eindringlinge oder auf hindurch schwebende fremde Nanoteilchen reagiert. Gerade in solchen Details zeigt sich der fulminante Ideenreichtum eines guten Science-Fiction-Autors, der eine innovative Technologie nicht bloß postuliert, sondern auch den praktischen Einsatz dieser Technologie unter den verschiedensten Bedingungen und Einwirkungen und auch in Nebensächlichkeiten diskutiert – wobei manche dieser Nebensächlichkeiten sich dann als gar nicht so nebensächlich entpuppen.

Auch die allgegenwärtige Werbung wird über Nanoteilchen noch aktiver, so dass man sich ihr nur schwer entziehen kann: Werbetafeln am Straßenrand sind derart miteinander vernetzt, dass ihre Botschaften einen jeden vorbeigehenden Menschen auf seinem Weg verfolgen: sie wandern mit ihm mit (248 f.). Auch gibt es virtuelle Gestalten, die aus Werbetafeln holografisch *herausspringen* und einen Menschen unmittelbar ansprechen (250).

### Körperdesign

Auch Körperdesign ist über Nanotechnik möglich: Leuchtende Nanositen lassen sich in Fingerkuppen implantieren (292), was bei kniffligen Tätigkeiten im Dunkeln ganz hilfreich sein mag. Nur wozu Kondome mittels Nanoteilchen leuchtend gemacht werden sollen (298), dazu wird keine praktische Anwendung benannt. Nanotechnik zur Verschönerung des menschlichen Äußeren dürfte allerdings ein Renner werden, so könnten zum Beispiel Nanositen in einem kleinen »Liftinggitter« (9) um die Augen herum jegliche Fältchenbildung aufhalten. Auch beim Bodybuilding sind Nanoteilchen hilfreich: in die Muskeln eingesetzt, sorgen sie durch ständige Stimulation und in Zusammenspiel mit einer implantierten Testosteronpumpe für perfekte Muskelpacks auch ohne Fitnessstudio (7).

Wenn man Tätowierungen aus Nanoteilchen anfertigen lässt, dann können sie sich über die Haut bewegen und durch die eigene Phantasie animiert werden (289): so lassen sich mit ihnen Geschichten erzählen.\* Parallel dazu können die Kopfhare ebenfalls mit Nanositen belegt werden, damit in einzelnen Strähnen die Haarfarbe fluktuieren kann (289).

Auch die Schauspielkunst wird sich mittels Nanotechnik verändern. Der Roman schildert sehr eingehend die Tätigkeit einer sogenannten »Raktrice«, einer nicht mehr selbst agierenden Schauspielerin, da sie sich in alle sichtbaren Körperteile hundertausende von Nanositen hat einpflanzen lassen, die einzeln von außen ansteuerbar sind (103 - 109). Ein Computer verwandelt nun diese Raktrice in jede beliebige Figur, so dass selbst Marilyn Monroe wieder auferstehen kann und jede neue ihr vorgegebene Szene zu spielen vermag.

### Nanotechnik in der Polizeiarbeit

Die Polizei nutzt bei der Ergreifung von flüchtigen Personen durchsichtige Hüllen aus Nanomaterial, in die die Gefassten vollständig eingewickelt werden (41). Zum Atmen muss sogar ein Loch über dem Mund in die Folie geschnitten werden, und zum Abtransport werden seitlich an den Körper mittels Nanobrücken Griffe angeklebt. Ein Gefängnis benötigt keine Mauern mehr, sondern nur eine Grenzmarkierung, da alle Häftlinge eine Fußfessel implantiert bekommen, die explodiert, wenn die Gefängnismarkierung übertreten wird (48). Missliebige Häftlinge können von ihren Mitgefangenen übrigens relativ einfach getötet werden, indem man sie gewaltsam über die Grenze expedit.

Wenn Kriminelle bei ihrer Tat von Nanoüberwachungseinheiten beobachtet werden, dann können diese Einheiten auch unmittelbar sogenannte »Markierungsmilben« (117) auf den Täter abschießen, die sich in dessen Körper festsetzen. Bei der späteren Beweisführung vor Gericht sind diese Nanoteilchen dann der Beleg für die Anwesenheit am Tatort.

Um ein gestohlenen oder verlorenes Objekt wieder aufzufinden, können unterschiedliche Formen von »Suchmilben« verwendet werden, denen jeweils die charakteristischen Merkmale des Objekts eingespeichert wurden: Um sich zu orientieren, kopiert das eine Eigenschaften aus der Natur, neben Armen besitzt es vier »gewundene, sondenartige Auswüchse in Winkeln von neunzig Grad« (133), die wie das Echolot einer Fledermaus arbeiten.

■ **Die andere Milbe sah wie ein von Jules Verne erfundenes Raumschiff aus. Sie hatte ein stromlinienförmiges, tränenähnliches Gehäuse, zwei Greifarme, die ordentlich an die Hülle angewinkelt waren, und eine tiefe zylindrische Einbuchtung am Bug, in der [man] ihr Auge vermutete (133 f.).**

\* Eine animierte Tätowierung erinnert an eines der phantasiereichsten Bücher von Ray Bradbury: In seiner 1951 erstmals erschienenen Sammlung »The Illustrated Man« beruht die Rahmenhandlung auf einem seltsamen Einzelgänger, dessen gesamter Körper eine einzige Tätowierung darstellt, die Geschichten zu erzählen vermag. Wenn man sich heute fragt, wie diese Eigenschaft seiner Tätowierung möglich ist, dann bieten sich neben Magie nur Nanoteilchen als Antwort an.

Im beschriebenen Fall sind beide Suchmilben auf das Auffinden eines bestimmten Buchs angesetzt. Bei jedem Buch, das sie entdecken, kriechen sie zwischen die Seiten und scannen sie. Nur wenn sie das richtige Objekt gefunden haben, melden sie das – andernfalls deaktivieren sich die Nanomilben wieder und zerfallen zu Staub (134). Als Folge der aktuellen Suche werden zahlreiche Bücher von zerfallenen Suchmilben verschmutzt.

### Intelligente Materialtechnik

Kleidung wird mittels »Fabrikülen« (477) hergestellt und besteht aus vielen Schichten miteinander flächig verschränkter Moleküle, die jeweils nur ein Molekül dick sind. Diese Schichten bringen die Fähigkeit mit, zwischen sie geratene Fremdkörper wie Schmutz oder Wasser selbsttätig wieder herauszubefördern.

Gebäude werden mit speziellen hauchdünnen Wänden hochgezogen, die dennoch durch ihre molekulare Struktur besonders stabil sind. Aufgrund des geringen Materialaufwands sind sie extrem leicht – wenn sie leichter als Luft sind, vermögen sie sogar zu schweben (425). Umbauten sind durch anwachsende Nanostrukturen jederzeit möglich (384), und auch »unter Verwendung mediatronischer Baustoffe« (425) lassen sich die Gebäude mit jeglichen Beschriftungen und wechselnden Farbgebungen versehen. Allerdings sollte beim Bau auf Schutzmechanismen gegen Terrorismus geachtet werden: Da die meisten Nanoobjekte auf Kohlenstoffkonstruktionen beruhen, sind sie gut brennbar (451 f.).

Immobilienkonzerne können neue bebaubare Flächen mittels Nanomaschinen in ihrer Bodenbeschaffenheit, ihrer Form und ihren unmittelbaren Umweltbedingungen fast beliebig herstellen, dazu wurde eigens das Berufsbild des »Geotekten« (11, 25) geschaffen. Neues Land für eine am Meer liegende Stadt lässt sich auch durch schnellwachsende Koralleninseln gewinnen. Mittels Nanoteilchen wird ein semiintelligentes Wesen gezüchtet, das alle zum Inselbau notwendigen Stoffe selbsttätig aus dem Meer herausfiltert:

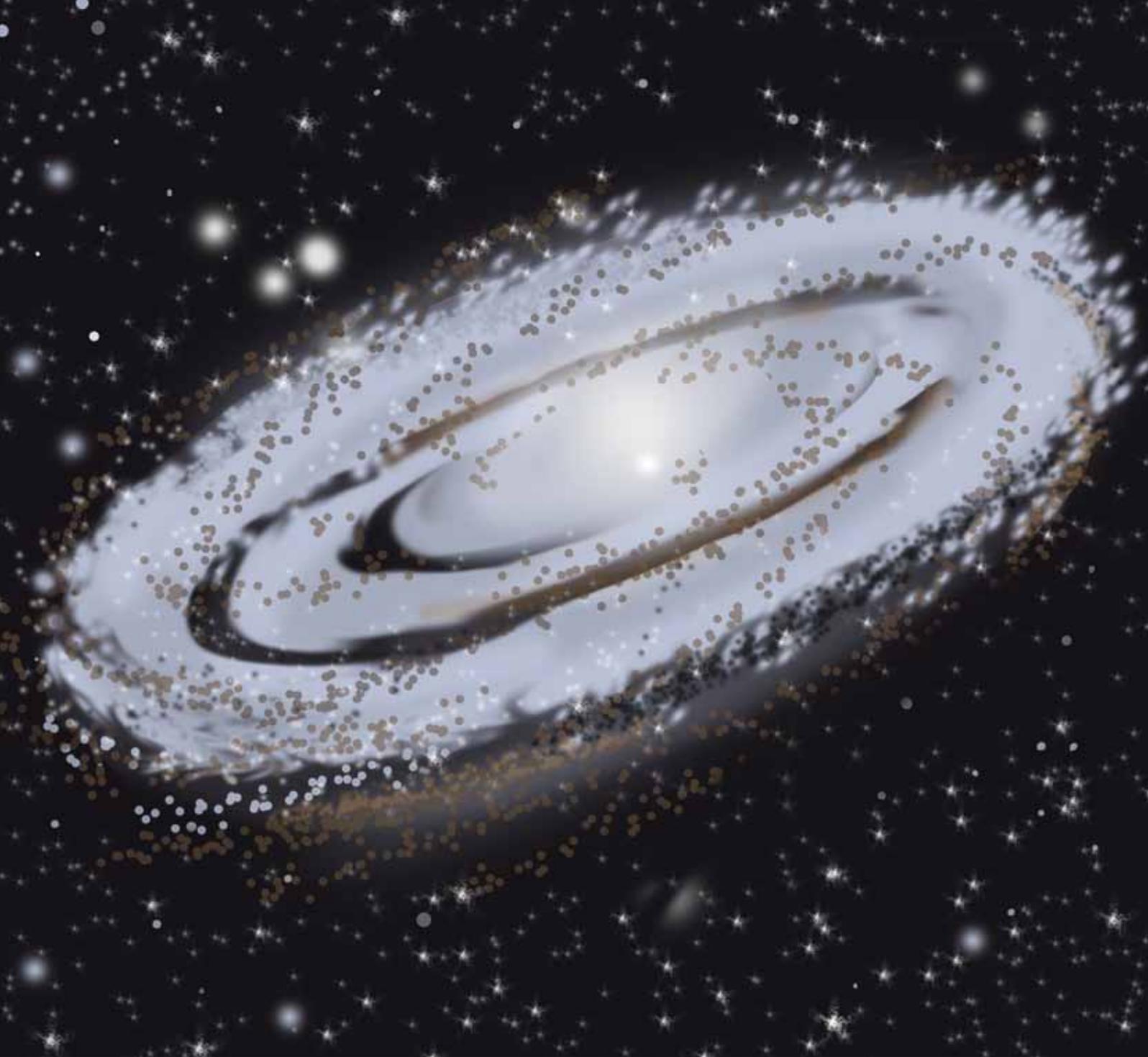
■ **[D]ie SmartKoralle wuchs schon seit drei Monaten auf dem Meeresgrund und bezog ihre Energie aus einer Supercon, die einzig und allein zu diesem Zweck auf dem Meeresboden gezüchtet worden war, indem sie die notwendigen Atome direkt aus dem Meerwasser und den darin gelösten Gasen extrahierte. Der Vorgang, der sich unten abspielte, sah chaotisch aus und war es in gewisser Weise auch; aber jedes Lithokül wußte**

**genau, wohin es gehen und was es tun sollte. Sie waren tetraedische Bausteine aus Kalzium und Kohlenstoff, so groß wie Mohnsamen, jeder mit einer Energiequelle, einem Gehirn und einem Navigationssystem ausgestattet (20).**

Aber das Meer kann nicht nur Baumaterialien für neues Land liefern, sondern selbst zum Lebensraum werden. In einer unterseeischen Röhre werden Schlafräume für Arbeiter geschaffen. Die Wände besitzen eine Membranfunktion, mittels der sie dem Meerwasser hinreichend Sauerstoff entziehen und gleichzeitig das durch die atmenden Menschen entstehende Kohlendioxid wieder ins Meer abgeben (291), so dass die Röhren ständig von winzigen aufsteigenden Bläschen umgeben sind. Wenn diese Röhren ihre eigenen Feeder in sich tragen, können sie sich jederzeit selbsttätig und ohne weitere Maschinen verlängern, falls weiterer Schlafraum benötigt wird.

### Das alternative Internet

Und schließlich wird im Roman noch ein zweites, geheimes Kommunikationssystem beschrieben: Zahlreichen Menschen sind nanogroße Computerprozessoren injiziert worden, die über Geschlechtsverkehr oder jeden anderen Austausch von Körperflüssigkeiten mit ähnlichen Prozessoren in anderen Menschen in Kontakt kommen, ihre Daten austauschen und gemeinsam Programme weiterentwickeln. Sie sind durch ein gigantisches Zufallsprinzip und aufgrund ihrer hohen Zahl letztlich komplett vernetzt und bilden ein alternatives Internet (392, 570). Dieses »CryptNet« (442) soll dazu dienen, eine Art Nanoverschwörung zu verbergen, eine für die industriellen wie wissenschaftlichen Träger der Nanotechnologie äußerst subversive Form von Nanotechnologie. Statt herstellende Nanomechanismen und agierende Nanomechanismen zu trennen, sollen sogenannte »Saaten« (472) entwickelt werden, die eine mechanische Kopie biologischen Lebens darstellen, also Leben in seiner Funktion kopieren. Statt in einen Assembler ein Fertigungsprogramm einzugeben und über Feeder die benötigten Atome zu holen und damit Baustein für Baustein ein neues Objekt herzustellen, wird einfach eine Spore erzeugt, die all das zusammen in sich trägt – und wenn sie als Samen aufgeht, wächst das Objekt in der benötigten Anzahl und in der erforderlichen Qualität ohne weitere äußere Hilfe selbst heran (528). Und dann ist eine neue Welt geschaffen, die keine Nanotechnologie mehr benötigt.



## 13 Das Nanouniversum: Nanowelten ohne Nanotechnik

Ein anderes Universum, das wiederum aus eigenen Galaxien, Sonnensystemen und Planeten besteht und das eigenen Naturgesetzen unterworfen ist, könnte auch eine andere Größendimension haben: Es lässt sich auch als Nanouniversum denken, und es könnte virtuell erzeugt sein.

» Zur Abrundung dieser Übersicht zu nanotechnischen Ideen und Nanowelten in der Science-Fiction-Literatur sollen noch zwei Typen von Nanowelten präsentiert werden, deren Zugang nicht über eine Verkleinerung unserer Realwelt führt, sondern die eigenständige Universen darstellen und nicht aus Nanoteilchen bestehen.

Der amerikanische Teilchenphysiker und Science-Fiction-Autor Gregory Benford lässt in seinem kühnen Roman »Cosm« einen Urknall in der Retorte geschehen. In einem amerikanischen Teilchenbeschleuniger – im (realen) Relativistic Heavy Ion Collider am Forschungszentrum Brookhaven auf Long Island – werden Uranatome aufeinander geschossen, um für Sekundenbruchteile einen hochverdichteten entarteten Materiezustand – ein sogenanntes Quark-Gluon-Plasma mit hundertfacher Dichte – zu erzeugen und dessen anschließenden Zerfall zu beobachten. Dabei geschieht ein zunächst unerklärliches Unglück, das eine merkwürdige silbrige Kugel in Bowlingkugelgröße hinterlässt.

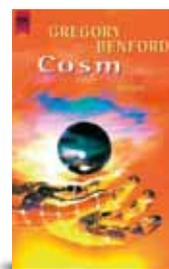
Das Experiment hat eine Singularität erzeugt und ein Universum in Nanogröße abgespalten, das über eine Art »Flaschenhals« – ein Wurmloch, also eine Einstein-Rosen-Brücke – mit unserem Universum verbunden ist, wobei die Kugel der dreidimensionale Trichterausgang des Flaschenhalses auf unserer Seite ist. Bei der weiteren Untersuchung an der University of California in Irvine vermögen die Physiker durch dieses Objekt wie durch eine Linse in das andere Universum hineinschauen, in dem (man erinnere sich an Kurd Laßwitz!) die Zeit mit einer millionenfach vergrößerten Geschwindigkeit abläuft. Somit kann das Werden eines Universums beobachtet werden, das in seine eigene Raumzeit hinein expandiert. Materie, Galaxien, Sternensysteme, Planeten entstehen, auf einigen bildet sich Leben in gewaltiger Vielfalt aus, Zivilisationen wachsen, erobern dieses Universum, verlöschen wieder, wie auch das gesamte Nanouniversum schließlich den Wärmetod stirbt.

Dabei besitzt dieser Cosm nur im Vergleich zu unserem Universum Nanogröße. Für sich selbst betrachtet, ist er eine gewaltige Schöpfung, die unserer in nichts nachsteht.

Da der Nanokosmos durch das Experiment einiger Physiker entstanden ist, stellt sich hier wieder die Gottesfrage. Für die Wesen im Nanokosmos sind die Physiker ihr Schöpfergott – ein weitgehend machtloser Gott allerdings, der auf die innere Entwicklung des Nanokosmos keinen Einfluss nehmen kann, sondern ihn lediglich beobachten kann. In einer humorvoll gemeinten, aber in Wirklichkeit tiefsten Szene im Roman wird bei der Diskussion um den Verantwortlichen für dieses Nanouniversums auf einen Präzedenzfall verwiesen:

■ »Wo steht das?«  
 »In der Genesis.«  
 (Benford: *Cosm*, Seite 293)

An einer anderen Stelle wird deutlich gemacht, dass, wenn es denn eine Zweitschöpfung gibt, nichts mehr dagegen spricht, dass es beliebig viele Schöpfungen geben könnte:



### Gregory Benford

Der 1941 geborene Amerikaner Gregory Benford ist das beste Beispiel für einen Physiker, der die Science-Fiction-Literatur benötigt, um diejenigen Themen, die er als Naturwissenschaftler bearbeitet, gleichzeitig auch spekulativ zu durchdenken. Er ist Elementarteilchenphysiker und Astrophysiker an der University of California in Irvine (wo auch sein Roman »Cosm« spielt). Sein wichtigster Roman ist »Timescape« (1980), in dem Botschaften zwischen zwei Zeitebenen ausgetauscht werden und mit dem er das schwierige Thema Zeitreise streng wissenschaftlich angeht.

Da sein Vater als amerikanischer Soldat in Japan, Mexiko und Deutschland stationiert war, hat Benford als Heranwachsender übrigens kurzzeitig auch in Gießen gelebt und hat – noch als jugendlicher Fan – am ersten deutschen Science-Fiction-Treffen 1956 teilgenommen, das in Wetzlar stattgefunden hat.



### Daniel F. Galouye

Der Amerikaner Daniel F. Galouye (1920 - 1976) war zunächst Testpilot der US-Navy, später Tageszeitungsredakteur und schrieb daneben eine Reihe von Science-Fiction-Romanen. Sein wichtigstes Werk war der 1964 verfasste Roman »Simulacron-3«, der einen starken Einfluss auf zahlreiche spätere Romane zum Thema Virtuelle Realität ausgeübt hat und von Rainer Werner Fassbinder 1973 unter dem Titel »Welt am Draht« sehr beklemmend verfilmt wurde.

Die Romanidee einer perfekten Virtuellen Realität wurde 1999 auch durch Andy und Lana Wachowski mit ihrem Film über »Die Matrix« aufgegriffen.

- Wenn die intelligenten Lebewesen in deinem Cosm nur einigermaßen neugierig sind, werden sie ihre eigenen kosm-erzeugenden Experimente durchführen, und sei es nur, um die Theorie zu verifizieren. Wer weiß, vielleicht finden sie sogar eine Möglichkeit, in ein Tochteruniversum hineinzugelangen, und wandern aus? (Benford: Cosm, Seite 455)

### Die »Welt am Draht«

Dieses Zitat bringt uns auch zu einem weiteren Nanouniversum: der Virtuellen Realität. Erstmals 1964 beschrieben von Daniel F. Galouye in seinem Roman »Simulacron-3«, wird eine komplette Stadt mit allen Gebäuden, Menschen und Sozialstrukturen in einem gigantischen Computerprogramm simuliert. Eine Subwelt, die ein Abbild unserer Realität ist, und da eine Stadt in ein Rechenzentrum passt, ist ein Größenverhältnis von 8 bis 9 Zehnerpotenzen eine gute Schätzung.\*

Diese Welt darf man sich nicht als bloße Animation vorstellen, ähnlich der 2003 online gegangenen Internetsimulation »Second Life«, sondern diese Science-Fiction-Simulation ist für die in ihr programmierten Identitätseinheiten so real wie unsere Welt für uns. Ein Unterschied ist nur bei Programmfehlern zu erkennen. Die Identitätseinheiten verfügen über eine eigene Intelligenz und ein eigenes Bewusstsein (*cogito ergo sum!*), sie sehen sich als Menschen und agieren wie Menschen. Nur in solcher Perfektion kann diese Virtuelle Realität auch ihren Zweck erfüllen: für Produktmarketing als Testwelt zu dienen.

Dabei wissen die Identitätseinheiten natürlich nicht, dass sie künstlich erzeugt worden sind und lediglich Bits in einem Computerprogramm darstellen. Um den Programmablauf zu überprüfen, kann ein Mensch unserer Welt sich durch einen Anschluss an das Computersystem in eine Identität der simulierten Welt versetzen lassen und sich in der Virtuellen Realität bewegen – und dabei die Perfektion der Simulation erleben.

Zum Romanschluss wird übrigens der Transfer einer Identität auch in die umgekehrte Richtung vollzogen: also von »unten« nach »oben«, von »Nano« zu »Makro«, von der Simulation in die Realität. Eine ursprünglich künstlich erzeugte Identität erwacht im Gehirn eines realen Menschen und übernimmt dessen Leben.

Damit wird die existenzielle Frage gestellt, woran *wir* eigentlich erkennen können, ob *unsere Welt* wirklich real ist und nicht auch lediglich eine perfekte programmierte Simulation von genialen Computertechnikern in einer Realität »über« uns.

\* Wenn man die Stadt Wiesbaden in ihrer Flächenausdehnung multipliziert mit der Höhendifferenz zwischen der Rheinaue und dem Neroberg und dieses Volumenergebnis vergleicht mit dem durchschnittlichen Raumvolumen des Rechenzentrums einer hessischen Universität, kommt man auf den Faktor  $10^9$ , ist also tatsächlich im Nanobereich angelangt.

# Ideen in den Ideen - und ihre Grenzen

Science Fiction beschreibt nicht nur Welten, die unserer lediglich ein wenig voraus sind, sondern auch Welten, die *ganz anders* sind. Die Zukunft dürfte deshalb einige Überraschungen für uns parat haben.

» Auch in dem für diese Publikation ausgewerteten allein auf die Nanotechnik fokussierten Bereich erweist sich die Science-Fiction-Literatur als spekulativ und visionär, als kühn und verquer, als abgedreht, überdreht und unbequem. Sie ist stets voller unerwarteter Ideen, sie verbietet sich nichts und überschreitet deshalb manchmal auch Grenzen, bei denen der auf Realitäten ausgerichtete Leser dann den Kopf schüttelt: So wird es nicht kommen, das ist allzu verrückt, das ist bizarr und wird niemals umsetzbar sein.

Solchem häufig geäußerten Vorwurf bei der Lektüre allzu fern scheinender Ideen gilt es zwei gewichtige Argumente entgegen zu halten:

Zum einen ist bei fast jeder noch so abgedrehten Idee auch ein Teilaspekt vorhanden, der aufzugreifen ist und der verwertbar sein könnte. In einem ganz anderen Kontext möglicherweise, vielleicht mit einer veränderten Zielsetzung oder auch nur als Anregung, eine Problemlösung aus einem neuen Blickwinkel zu suchen.

Zum anderen sollte man sich die Frage stellen, was Newton über Heisenberg gesagt hätte, was Henry Ford über die Autoproduktion von heute geäußert hätte, ob es einen einzigen deutschen Industriellen der 1970er Jahre gegeben hat, der sich ernsthaft auf die heutige Globalisierung vorbereitet hat, und ob wir uns alle noch vor dreißig Jahren die Wirkungen des Internets bis hin in den privaten Alltag hinein hätten vorstellen können. Allzu verrückt - wäre der Kommentar einer breiten Mehrheit gewesen. Doch wir haben - vergleicht man die 1980er Jahre mit den 2010er Jahren - eine Weltveränderung in den Bereichen Kommunikation, Verkehr, Robotik, Medizintechnik erlebt, wie sie uns die Science Fiction vorausgerzählt hat.

Vertrauen wir also weiter auf diese spekulative Literatur, die immer ein Stückchen in die Zukunft schaut und um die Ecke denkt, die andere Sichtweisen präsentiert und Konsequenzen einberechnet, die wir noch nicht beachtet haben - und die nicht müde werden wird, uns mit einem Strom gleichermaßen innovativer wie auch verrückter Ideen zu überschütten. Einige werden allzu bald Realität werden, einige jedoch bleiben auch im Jahr 2100 noch im Bereich der Phantasie. Aber möglicherweise sind es gerade die scheinbar unpassenden, die unerwarteten Ideen, die noch vor allen anderen realisiert werden. Und mancher Blick in die Morgenzeitung lässt uns immer wieder staunen, wo wir bereits angelangt sind.

Science Fiction kann so überraschend sein wie ein kleines Kind, das die Welt gerade für sich erobert. Übertragen wir einmal Michael Crichtons Bonmot, das er einem ungenannten Programmierer zuschreibt und das im Original eine besonders helle Form von Intelligenz meint, auf die Science Fiction:

■ [Sie] zu entwickeln ist genauso, als würde man einem fünfjährigen Kind sagen, es soll in sein Zimmer gehen und sich umziehen. Es kann sein, dass das Kind sich tatsächlich umzieht, es kann aber genauso gut sein, dass es etwas anderes macht und nicht wiederkommt.

(Crichton: Beute, Seite 163)

Science Fiction kommt zwar immer wieder, aber sie bietet oft genug etwas ganz anderes als das, das man erwartet. Und genau das benötigen wir.

# Quellenverzeichnis

## Romane und Erzählungen

**Isaac Asimov:** The Fantastic Voyage. New York: Bantam Books, 1966. Deutsche Ausgabe: Die phantastische Reise. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1983.

**Isaac Asimov:** Fantastic Voyage II - Destination Brain. New York: Doubleday, 1987. Deutsche Ausgabe: Doktor Schapirows Gehirn. Phantastische Reise in das Zentrum des Ichs. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Till R. Lohmeyer. Bergisch Gladbach: Bastei Lübbe, 1988.

**Isaac Asimov:** I Robot. New York: Gnome Press, 1950. Deutsche Ausgabe: Ich, der Robot. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Otto Schrag. Düsseldorf: Rauch, 1952. Taschenbuchausgabe: München: Heyne, 1970.

**Greg Bear:** Blood Music. New York: Arbor House, 1985. Deutsche Ausgabe: Blutmusik. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Walter Brumm. München: Heyne, 1988.

**Greg Bear:** Queen of Angels. New York: Warner Books, 1990. Deutsche Ausgabe: Königin der Engel. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Peter Robert. München: Heyne, 1993.

**Greg Bear:** Slant. New York: TOR Books, 1997. Deutsche Ausgabe: Slant. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Bernhard Kempen. München: Heyne, 2001.

**Gregory Benford:** Cosm. New York: Avon Books, 1998. Deutsche Ausgabe: Cosm. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Irene Holicki. München: Heyne, 2000.

**Gregory Benford:** Great Sky River. New York: Bantam Books, 1987. Deutsche Ausgabe: Himmelsfluss. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Winfried Petri. München: Heyne, 1994.

**Michael Bishop:** The Secret Ascension or Philip K. Dick Is Dead, Alas. New York: TOR Books, 1987. Deutsche Ausgabe: Dieser Mann ist leider tot. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Rainer Schmidt. München: Heyne, 1991.

**James Blish:** The Seedling Stars. New York: Gnome Press, 1957. Deutsche Ausgabe: Auch sie sind Menschen ... Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1960.

**Jeff Carlson:** Plague Year. New York: Ace Books, 2007. Deutsche Ausgabe: Nano. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Andreas Decker. München: Piper, 2008.

**Arthur C. Clarke:** The Next Tenants. In: Ders.: Tales from the White Hart. New York: Ballantine, 1957. Deutsche Ausgabe: Die nächsten Mieter. In: Ders.: Geschichten aus dem Weißen Hirschen. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Hilde Linnert. München: Heyne, 1968. S. 97 - 109.

**Arthur C. Clarke:** The Fountains of Paradise. London: Gollancz, 1979. Deutsch: Fahrstuhl zu den Sternen. Übers. von Klaus Mahn. Rastatt: Moewig, 1979.

**Hal Clement:** Needle. In: Astounding Science Fiction, Mai und Juni 1949. Buchausgabe: New York: Doubleday, 1950. Deutsche Ausgabe: Symbiose. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Heinz Bingenheimer. Balve i.W.: Balowa Verlag, 1960. Neuübersetzung im Taschenbuch: Die Nadelsuche. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Hans Maeter. München: Heyne, 1983.

**Michael Crichton:** Prey. New York: HarperCollins, 2002. Deutsche Ausgabe: Beute. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Ulrike Wasel und Klaus Timmermann. München: Blessing, 2002.

**Clark Darlton [Walter Ernsting]:** Planet der Mock. München: Moewig, 1964.

- Philip K. Dick:** Autofac. In: Galaxy Science Fiction, November 1955. Buchausgabe in: The Best of Philip K. Dick. New York: Ballantine / Del Rey, 1977. Deutsche Ausgabe: Autofac. In: Ders.: Die besten Stories von Philip K. Dick. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Rainer Zubeil. München: Moewig, 1981. S. 209 - 242.
- Philip K. Dick:** Second Variety. In: Space SF, vol. 1, no. 5, 1953. Buchausgabe in: The Best of Philip K. Dick. New York: Ballantine / Del Rey, 1977. Deutsche Ausgabe: Die zweite Variante. In: Ders.: Die besten Stories von Philip K. Dick. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Rainer Zubeil. München: Moewig, 1981. S. 33 - 88.
- Andreas Eschbach:** Herr aller Dinge. Köln: Lübbe, 2011.
- Antonia Fehrenbach:** Der Lotus-Effekt. Roman über Nanoteilchen in der biomedizinischen Forschung. Frankfurt a.M.: Dielmann, 2008.
- Andreas Findig:** Der Konquestor. Perry Rhodan, Band 2101. Rastatt: Pabel Moewig, 2001.
- Alan Dean Foster:** Body, Inc. New York: Random House / Del Rey, 2012. Deutsche Ausgabe: Human. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Kerstin Fricke. Köln: Bastei Lübbe, 2013.
- Alan Dean Foster:** The Human Blend. New York: Random House / Del Rey, 2010. Deutsche Ausgabe: Genom. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Kerstin Fricke. Köln: Bastei Lübbe, 2012.
- Daniel F. Galouye:** Simulacron-3. New York: Bantam Books, 1964. Deutsche Ausgabe: Welt am Draht. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1965. Erweiterte Neuauflage: Simulacron-Drei. München: Heyne, 1983.
- William Gibson:** Count Zero. In: Isaac Asimov's Science Fiction Magazine, Januar bis März 1986. Buchausgabe: London: Gollancz, 1986. Deutsche Ausgabe: Biochips. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Reinhard Heinz. München: Heyne, 1988.
- William Gibson:** Neuromancer. New York: Ace Books, 1984. Deutsche Ausgabe: Neuromancer. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Reinhard Heinz. München: Heyne, 1987.
- Robert A. Heinlein:** Waldo. In: Astounding, August 1942. Buchausgabe in: Ders.: Waldo and Magic, Inc. New York: Doubleday, 1950. Deutsche Buchausgabe: Waldo. In: Robert A. Heinlein: Die Zeit der Hexenmeister. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Walter Brumm. München: Heyne, 1970. S. 5 - 82.
- Wolfgang Jeschke:** Das Cusanus-Spiel. München: Droemer, 2005. Taschenbuchausgabe: Das Cusanus-Spiel oder ein abendländisches Kaleidoskop. München: Knauer, 2008.
- Hans Kneifel:** Am Rand des Blauen Nebels. München: Moewig, 1965.
- Nancy Kress:** Beggars and Choosers. New York: TOR Books, 1994. Deutsche Ausgabe: Bettler und Sucher. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Biggy Winter. München: Heyne, 1997.
- Kurd Laßwitz:** Auf der Seifenblase. [Verfasst 1887.] In: Ders.: Seifenblasen. Hamburg und Leipzig: Voss, 1890.
- Stanisław Lem:** Niezwyciężony. Kraków: Wydawnictwo Literacki, 1964. Deutsche Ausgabe: Der Unbesiegbare. Aus dem Polnischen übersetzt von Roswitha Dietrich. Frankfurt a.M.: Insel Verlag, 1976. Taschenbuchausgabe: Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1995.
- Stanisław Lem:** Pokój na świecie. Kraków: Wydawnictwo Literacki, 1986. Deutsche Ausgabe: Frieden auf Erden. Aus dem Polnischen übersetzt von Hubert Schumann. Frankfurt a.M.: Insel Verlag, 1986. Taschenbuchausgabe: Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1990.
- Robert Ludlum und Patrick Larkin:** The Lazarus Vendetta. New York: St. Martin's Griffin, 2004. Deutsche Ausgabe: Die Lazarus-Vendetta. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Helmut Gerstberger. München: Heyne, 2007.

**Frederik Pohl:** Man Plus. New York: Random House, 1976. Deutsche Ausgabe: Der Plus-Mensch. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1978. Erweiterte Neuausgabe: Mensch +. München: Heyne, 1989.

**Terry Pratchett:** The Carpet People. London: Colin Smythe, 1971. Erweiterte Neuausgabe: London: Doubleday, 1992. Deutsche Ausgabe: Die Teppichvölker. Aus dem Englischen übersetzt von Andreas Brandhorst. München: Heyne, 1994.

**John Ringo:** There Will Be Dragons. The Council Wars, 1. New York: Baen, 2003. Deutsche Ausgabe: Der Zusammenbruch. Die Nanokriege, Band 1. Aus dem Amerikanischen von Heinz Zwack. München: Heyne, 2005.

**Eric Frank Russell:** Hobbyist. In: Astounding Science Fiction, September 1947. Buchausgabe in: Ders.: The Best of Eric Frank Russell. New York: Ballantine / Del Rey, 1978. Deutsche Ausgabe: Zeitvertreib. In: Ders.: Die besten Stories von Eric Frank Russell. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Joachim Körber. München: Moewig, 1980. S. 139 - 182.

**Karl-Herbert Scheer:** Die Spezialisten der USO. Perry Rhodan, Band 150. München: Moewig, 1964.

**Clifford D. Simak:** Desertion. In: Astounding Science Fiction, November 1944. Buchausgabe in: Ders.: City. New York: Gnome Press, 1952. Deutsche Ausgabe in: Als es noch Menschen gab. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1964. S. 91 - 103.

**Olaf Stapledon:** Last and First Men. London: Methuen, 1930. Deutsche Ausgabe: Die letzten und die ersten Menschen. Aus dem Englischen übersetzt von Kurt Spangenberg. München: Heyne, 1983.

**Neal Stephenson:** The Diamond Age or A Young Lady's Illustrated Primer. New York: Bantam Books, 1995. Deutsche Ausgabe: Diamond Age - Die Grenzwelt. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Joachim Körber. München: Goldmann, 1996. Taschenbuchausgabe: München: Goldmann, 2001.

**Theodore Sturgeon:** Microcosmic God. In: Astounding Science Fiction, April 1941. Buchausgabe in: Ders.: Caviar. New York: Ballantine, 1955. Deutsche Ausgabe: Der Gott des Mikrokosmos. In: Ders.: Der Gott des Mikrokosmos. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tony Westermayr. München: Goldmann, 1975. S. 7 - 44.

**Leó Szilárd:** The Voice of the Dolphins, and Other Stories. New York: Simon & Schuster, 1961. Deutsche Ausgabe: Die Stimme der Delphine. Science-Fiction-Erzählungen. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Horst Dölvers. Mit einem Vorwort von Carl Friedrich von Weizsäcker. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1963. Neuausgabe: Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1981.

**Jennifer Valoppi:** Certain Cure. Miami: Murray Hill Press, 2007. Deutsche Ausgabe: Das Allheilmittel. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Michael Krug. Kalsdorf bei Graz: Otherworld Verlag Krug, 2009.

**Vernor Vinge:** A Deepness in the Sky. New York: TOR Books, 1999. Deutsche Ausgabe: Eine Tiefe am Himmel. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Erik Simon. München: Heyne, 2003.

**Wim Vandemaan [Hartmut Kasper]:** Die eiserne Karawane. Perry Rhodan - Ara-Toxin, Band 4. München: Heyne, 2008.

**William Voltz:** Der Preis. In: Ders.: Quarantäne. München: Heyne, 1973. S. 59 - 82.

**David Wingrove:** The Middle Kingdom. Chung Kuo, 1. London: Hodder & Stoughton, 1989. Deutsche Ausgabe: Das Reich der Mitte. Die erste Chronik des Chung Kuo. Aus dem Englischen übersetzt von Michael K. Iwoleit. München: Heyne, 1994.

## Sachliteratur

**Kim Eric Drexler:** Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology. New York: Anchor Books, 1986. Erweiterte Taschenbuchausgabe: London: Forth Estate, 1996.

**Richard P. Feynmann:** There's Plenty of Room at the Bottom. In: Engineering and Science, Februar 1960. S. 22 - 36.

**Herbert Paschen u.a.:** TA-Projekt Nanotechnologie. Endbericht. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Juli 2003. TAB-Arbeitsbericht Nr. 92.

Die beiden Kurzgeschichten von Karl-Ulrich Burgdorf und Friedhelm Schneidewind wurden entnommen aus:

**Thomas Le Blanc (Hrsg.):** Nanowelten. Phantastische Miniaturen, Band 5. Wetzlar: Phantastische Bibliothek, 2013.

### Plattform für Innovationen durch Nanotechnologien

Die Technologieline Hessen-Nanotech ist die zentrale Plattform für Nanotechnologien in Hessen.

Sie unterstützt sowohl hessische Unternehmen und Einrichtungen im Bereich der Nanotechnologien sowie aus den angrenzenden Themenfeldern der Material- und Oberflächentechnologie, Mikrosystemtechnologie und Optische Technologie als auch mögliche Anwender dieser Technologien bei:

- der Kompetenzdarstellung, zum Beispiel durch Studien, Messen und Ausstellungen
- der Informationsvermittlung über aktuelle Erkenntnisse und technologische Trends, zum Beispiel durch Veranstaltungen, Newsletter und eine Informationsplattform zur Nanosicherheit
- Fragen der Projekt- und Unternehmensentwicklung zum Beispiel durch Vernetzung von Technologieanbietern und -anwendern aus Industrie und Wissenschaft oder der Finanzierung und Förderung von Unternehmen und Projekten

Hessen

Nanotech

[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

## Informationsplattform Nano-Sicherheit.de für den verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologie



„Deutschland ist in Europa einer der führenden Standorte für Nanotechnologien. Mit dieser Informationsplattform wollen wir vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen den sicheren Einsatz dieser Technologien erleichtern.“ Mit diesem klaren Bekenntnis zur sicheren und friedlichen Nutzung von Nanotechnologie kommentierte der Hessische Wirtschaftsminister Tarek Al-Wazir den Neustart der vollständig überarbeiteten Informationsplattform [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de) im August 2014.

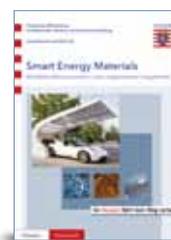
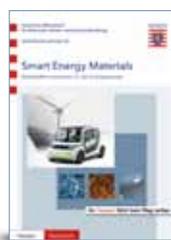
Nanotechnologie gilt unbestritten als eine Schlüsseltechnologie zur Lösung aktueller und zukünftiger Herausforderungen in zahlreichen Gebieten. Beispielsweise macht sie Solarzellen effektiver, ermöglicht neue Behandlungsmethoden in der Medizin und senkt den Rohstoffverbrauch. Allerdings entwickeln Substanzen in diesen Größenverhältnissen mitunter neue Eigenschaften oder ermöglichen Anwendungen, die eine neue Risikobewertung erforderlich machen.

„Unser Ziel ist größtmögliche Transparenz und Information, damit durch verantwortungsvollen Umgang die Nanotechnologie im Dienste des Menschen steht“, so Minister Tarek Al-Wazir. Auf [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de) findet der Nutzer daher alle relevanten Informationen: nationale und internationale Regulierungen; Leitfäden zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien oder Studien zur Risikoabschätzung. Darüber hinaus bietet die Seite eine Recherche-Box für nationale und internationale Akteure und Projekte an.

[www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de)

## Schriftenreihe der Technologielinie Hessen-Nanotech

Mit einer europaweit einmaligen Schriftenreihe bietet Hessen-Nanotech in verständlicher und attraktiv aufbereiteter Form kompakte Informationen über die unterschiedlichsten Anwendungsmöglichkeiten von Nanotechnologien in den verschiedenen Branchen und Technikfeldern: vom Automobilsektor über Energie, Medizin und Optik bis hin zur sicheren Verwendung von Nanomaterialien. Die Reihe, deren Bände teilweise auch in englischer Sprache vorliegen, wird ständig durch neue Themen ergänzt. Die Publikationen stehen zum Download auf [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de) bereit oder können als Broschüren dort bestellt werden.



- **Atlas: Kompetenz- und Infrastrukturatlas Nanotechnologien in Hessen**  
Competence and Infrastructure Atlas  
Nanotechnologies in Hessen
- **Atlas: Kompetenzatlas Photonik in Hessen**  
Competence Atlas Photonics in Hessen
- **Band 1: Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umwelttechnologie**  
Innovationspotenziale für Unternehmen  
Uses of Nanotechnology in  
Environmental Technology in Hessen  
Innovation potentials for companies
- **Band 2: Nanomedizin**  
Innovationspotenziale in Hessen für Medizin -  
technik und Pharmazeutische Industrie
- **Band 3: Nanotechnologie im Auto**  
Innovationspotenziale in Hessen für die  
Automobil- und Zuliefer-Industrie  
Nanotechnologies in Automobiles  
Innovation Potentials in Hesse for the  
Automotive Industry and its Subcontractors
- **Band 4: NanoKommunikation**  
Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und  
Risiken der Nanotechnologien für kleine und  
mittelständische Unternehmen in Hessen  
**Supplement zum Leitfaden NanoKommunikation**  
Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum  
verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien
- **Band 5: Nanotechnologien für die optische  
Industrie**  
Grundlage für zukünftige Innovationen in Hessen
- **Band 6: NanoProduktion**  
Innovationspotenziale für hessische Unternehmen  
durch Nanotechnologien im Produktionsprozess
- **Band 7: Einsatz von Nanotechnologien  
in Architektur und Bauwesen**
- **Band 8: NanoNormung**  
Normung im Bereich der Nanotechnologien  
als Chance für hessische Unternehmen
- **Band 9: Einsatz von Nanotechnologien  
im Energiesektor**  
Nanotechnology Applications in the  
Energy Sector
- **Band 10: Werkstoffinnovationen aus Hessen**  
Potenziale für Unternehmen
- **Band 11: Sichere Verwendung von Nanomateri-  
alien in der Lack- und Farbenbranche**  
Ein Betriebsleitfaden
- **Band 12: Nanotech-Kooperationen**  
Erfolgreiche Kooperationen für kleine und  
mittlere Nanotechnologie-Unternehmen
- **Band 13: Mikro-Nano-Integration**  
Einsatz von Nanotechnologie in der  
Mikrosystemtechnik
- **Band 14: Materialeffizienz**  
durch den Einsatz von Nanotechnologien  
und neuen Materialien
- **Band 15: Nanotechnologie in Kunststoff**  
Innovationsmotor für Kunststoffe, ihre  
Verarbeitung und Anwendung
- **Band 16: NanoAnalytik**  
Anwendung in Forschung und Praxis
- **Band 17: Nanotechnologie für den Katastrophen-  
schutz und die Entwicklungszusammenarbeit**  
Nanotechnologies for emergency management  
and development cooperation
- **Band 18: Material formt Produkt**  
Innovations- und Marktchancen erhöhen  
mit professionellen Kreativen  
Materials Shape Products  
Increase innovation and market opportunities  
with the help of creative professionals
- **Band 19: Patentieren von Nanotechnologien**
- **Band 20: Nanotechnologie in der Natur  
- Bionik im Betrieb**
- **Band 21: Smart Energy Materials**  
Werkstoffinnovationen für die Energiewende
- **Band 22: Kompetenzatlas Bionik in Hessen**
- **Band 23: Nanotech in Hessen**  
Profil und Status des Forschungs- und  
Innovationsstandorts
- **Band 24: Nanotechnische Ideen in der  
Science-Fiction-Literatur**

Informationen / Download / Bestellungen:  
[www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen](http://www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen)

„Sciencefiction lässt mögliche künftige Welten sichtbar werden. Aus den ausgedachten Konzepten wurde schon so manches reale Produkt. Das nutzen immer mehr Unternehmen, um auf neue Erfindungen zu kommen.“

FAZ vom 26.12.2013

„Schließlich ist in (...) der Science-Fiction selten etwas nicht vorausgedacht worden, was nachher in unserem Alltag landete.“

Technology Review vom 07.08.2013

„Lange galt der Mann mit dem weißen Bart und der ovalen Brille als ein Nerd, der Spinnereien liebte. Er wurde von den meisten belächelt, ein paar verschworene Freunde ausgenommen. Inzwischen aber kommen nicht nur Leute auf der Suche nach Leseabenteuern zu ihm. Le Blanc bietet eine Beratung, die Unternehmen durch Science-Fiction zur Entwicklung neuer Produkte anregt. Was klingt, wie einem seiner Bücher entsprungen, ist inzwischen ein Angebot, das Anklang bei einigen Großkonzernen genauso wie bei Mittelständlern findet.“

Die Zeit vom 27.03.2014

„In einer alten Villa (in Wetzlar) ist die Phantastische Bibliothek untergebracht. Sie birgt, verteilt auf vier Stockwerke, mit 250 000 Bänden die weltweit größte öffentlich zugängliche Sammlung von Science-Fiction- und Fantasy-Literatur. Ihr Gründer und Leiter Thomas LeBlanc nutzt diesen riesigen Fundus seit einigen Jahren auf eine für Bibliotheken untypische Weise: Er versorgt Unternehmen mit Zukunftsideen aus den Romanen.“

Süddeutsche Zeitung vom 19.10.2013

Projekträger der Technologieline  
**Hessen-Nanotech** des Hessischen  
Ministeriums für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Landesentwicklung



Das Projekt wird kofinanziert aus  
Mitteln der Europäischen Union



EUROPÄISCHE UNION:  
Investition in Ihre Zukunft:  
– Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung