

AD 2309

DER KAMPF UMS DASEIN

SCIENCE-FICTION-ROLLENSPIEL

TEIL 3: TECHNOLOGIE-HANDBUCH

HTTP://WWW.AD2309.DE
© 2002 PETER HILDEBRAND

AD 2309

Der Kampf ums Dasein

Teil „Technologie-Handbuch“ Version 1.3.0, vom 28.02.2003

Das hier vorgestellte Rollenspieluniversum ist geistiges Eigentum des Autors und als solches urheberrechtlich geschützt.

Es ist im Internet zu finden unter: <http://www.2309-kud.de/>
oder: <http://www.ad2309.de/>

© 1996-2002 durch Peter Hildebrand
Rückfragen an: ph@2309-kud.de

Das Rollenspieluniversum „AD 2309 - Der Kampf ums Dasein“, auch kurz „AD 2309“ genannt, ist frei erhältlich, wird aber ausschließlich zur privaten Nutzung kostenlos zur Verfügung gestellt. Es ist zu privaten Zwecken gestattet, von diesem Exemplar vollständige Kopien anzufertigen sowie unentgeltlich und unverändert weiter zu geben. Dabei muss dieser urheberrechtliche Hinweis mit übernommen werden.

Erwerb, Nutzung, Vervielfältigung und Weitergabe von AD 2309 sind ausschließlich zu privaten Zwecken kostenlos. Jegliche Veröffentlichung, kommerzielle Nutzung oder sonstige Weiterverwendung des Materials ist ohne die ausdrückliche Erlaubnis des Autors untersagt.

Technologie-Handbuch

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| EINLEITUNG | 4 |
| ANTRIEBSTECHNOLOGIE | 4 |
| Der Stromraum (interstellare Bewegung) | 4 |
| <i>Anatomie</i> | 5 |
| <i>Portalgeneratoren</i> | 6 |
| <i>Passive Antriebssysteme</i> | 6 |
| <i>Aktive Antriebssysteme</i> | 7 |
| <i>Andere Überlichtantriebsarten</i> | 8 |
| Der Weltraum (interplanetare Bewegung) | 8 |
| <i>Fusionsantriebe</i> | 8 |
| <i>Gravitonantriebe</i> | 9 |
| INFORMATIONSTECHNOLOGIE | 9 |
| Hardware | 10 |
| <i>Diskrete elektronische Prozessnetze (DEPN)</i> | 10 |
| <i>Diskrete elektroquantenmechanische Prozessnetze (DEQPN)</i> | 10 |
| <i>Probabilistische elektronische Prozesssysteme (PEPS)</i> | 11 |
| <i>Diskrete optische Prozessnetze (DOPN)</i> | 11 |
| <i>Unschärfe optische Prozessnetze (FOPN)</i> | 11 |
| <i>Neuronale nichtlineare asynchrone Prozessnetze (NNAPN)</i> | 12 |
| <i>Nanitenprozesssysteme (NPS)</i> | 12 |
| <i>Elektromagnetischer Zugriffsspeicher (EMRAM)</i> | 12 |
| <i>Holografischer Zugriffsspeicher (HRAM)</i> | 13 |
| <i>Polymerspeicher (PRAM)</i> | 13 |
| <i>Quantenzellen (QCM)</i> | 13 |
| <i>RNA-Speicher (RNAB)</i> | 13 |
| Software | 13 |
| <i>Agentensysteme</i> | 14 |
| <i>Arbeitsprogramme</i> | 14 |
| <i>Entscheidungssysteme</i> | 15 |
| <i>Schnittstellenprogramme</i> | 15 |
| <i>Wissensbasen</i> | 16 |
| Kommunikation | 17 |
| <i>Radiowellenkommunikation</i> | 17 |
| <i>Laserkommunikation</i> | 17 |
| <i>Quantenkommunikation</i> | 18 |
| <i>Tachyonenkommunikation</i> | 18 |
| <i>Kurierschiffe</i> | 19 |
| Datenerfassung | 19 |
| <i>Eingabemedien</i> | 19 |
| <i>Passive Sensoren</i> | 20 |
| <i>Aktive Sensoren</i> | 20 |
| NANOTECHNOLOGIE | 21 |
| Bauelemente | 21 |
| <i>Antriebssysteme</i> | 21 |
| <i>Energieversorgung</i> | 22 |
| <i>Datenerfassung</i> | 22 |
| <i>Kommunikation</i> | 23 |
| <i>Informationsverarbeitung</i> | 23 |
| <i>Manipulation</i> | 23 |
| Anwendungsgebiete | 24 |
| <i>Medizin</i> | 24 |
| <i>Lifestyle</i> | 25 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| <i>Produktion</i> | 26 |
| <i>Waffentechnik</i> | 26 |
| <i>Sonstige</i> | 27 |
| Einschränkungen | 28 |
| <i>Selbstreproduktion</i> | 28 |
| <i>Funktionsdauer</i> | 29 |
| <i>Empfindlichkeit</i> | 30 |
| <i>Größe</i> | 30 |
| <i>Legalität</i> | 30 |
| ROHSTOFFE | 31 |
| Besondere Rohstoffe | 31 |
| <i>Grastatium</i> | 31 |
| <i>Antimaterie</i> | 32 |

Einleitung

Was mit der Erfindung der Dampfmaschine im Jahr 1765 und der Spinnmaschine 1768 begann, der Entwicklung von Computern und automatisierter Datenverarbeitung im 20. Jahrhundert phänomenal beschleunigt wurde und mit der kommerziellen Raumfahrt im 21. Jahrhundert, dem ersten funktions-tüchtigen Überlichtantrieb 2134 und dem Trägheitskompensator 2209 überdeutlich wurde, ist die inzwischen nahezu vollkommene Abhängigkeit der menschlichen Zivilisation von ihrer Technologie. Würden heutzutage die Steuersysteme versagen, die Informationsnetze ausfallen oder die technisch bereitgestellte Grundversorgung einer Kolonie zusammenbrechen, hätte dies den unmittelbaren Kollaps dieser Welt zur Folge.

Technologie ist für die menschliche Zivilisation überlebenswichtig. Daher erscheint es nur sinnvoll, sich mit dieser Stütze unserer Gesellschaft eingehend zu beschäftigen, um ihre Wirkungsweise und ihre Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen zu erfahren. In diesem Handbuch werden daher die Anwendungen der wichtigsten Technologien und ihre naturwissenschaftlichen Grundlagen beschrieben sowie ihre Funktionsweise dargestellt. Außerdem existieren Angaben zur Verfügbarkeit und Legalität der Technologien.

Antriebstechnologie

Fortbewegungsarten und Antriebstechnologien haben seit jeher eine entscheidende Bedeutung für die Menschheit gespielt. Durch das Weltraumzeitalter beschränkt sich diese Technologie jedoch nicht nur auf die Fortbewegung auf Planeten. Das Gegenteil ist sogar richtig, denn während klassische Antriebe zum Überwinden kurzer Distanzen auf Planeten extrem ausgereift sind und in den letzten hundert Jahren so gut wie keine Änderungen mehr erfahren haben, so findet die technologische Entwicklung bei interplanetaren Antrieben immer noch statt. Die rasantesten Entwicklungen erfährt man allerdings noch weiter im Bereich der interstellaren Antriebe, wo Einsteins Barriere dank des Technologieschubs der letzten Jahre immer besser umgangen werden kann.

Der Stromraum (interstellare Bewegung)

Die Relativitätstheorie von Einstein besagt, dass kein Objekt und keine Information in unserem Raumzeitgefüge schneller als das Licht sein kann, welches sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von knapp 300.000 Kilometern pro Sekunde bewegt. Lediglich im Bereich der Quantenphysik sind aufgrund des so genannten Tunneleffekts Experimente bekannt, welche Signale über sehr kurze Distanzen hinweg mit Überlichtgeschwindigkeit transportieren. Dass die Menschheit aber bereits seit dem 22. Jahrhundert in der Lage ist, Raumschiffe zu bauen, die sich unter bestimmten Umständen in einer gewissen Art und Weise weit über der Lichtgeschwindigkeit bewegen können, verdankt sie wie so häufig einem Zufall in der Forschung.

Im Jahr 2125 wollte eine Forschergruppe dem Phänomen nachgehen, dass verschiedene physikalische Konstanten in einer energetisch besonders intensiven Umgebung scheinbar doch nicht konstant bleiben und sich verändern. Die dazu benötigte Energiedichte konnte nur erreicht werden, indem mehrere Milligramm Antimaterie auf einem winzigen Punkt konzentriert wurden und dort mit Materie zerstrahlt wurden. Dabei überschritten die Forscher versehentlich eine energetische Grenze und öffneten so ein Tor in ein anderes Universum, den Stromraum. Mehrere Billionen Antiprotonen verließen das

Experiment durch dieses Tor und materialisierten wieder außerhalb des Fusionsreaktors, wo sie mit gewöhnlicher Materie reagierten und dort zu leichter Verstrahlung und vereinzelt Ausfällen von technischen Geräten sorgten. Was zunächst nach einem Unfall des Forschungsreaktors und danach zu einem spektakulärem Vorfall für Fernwirkung und anschließend Teleportation gehalten wurde, entpuppte sich schließlich als etwas absolut Unerhörtes: Dank der picosekundengenauen Messung der Ereignisse im Forschungslabor wurde festgestellt, dass sich die Antiprotonen mit der etwa 8.500fachen Geschwindigkeit des Lichtes fortbewegt haben mussten. Mit dieser Geschwindigkeit fielen nämlich sporadisch einzelne Forschungsgeräte um den Reaktor herum aus.

Bei späteren Wiederholungen des Versuches und zusätzlichen Analysen stellte sich dann heraus, dass die Elementarteilchen, die im Reaktorkern einer Zerstrahlung entkommen waren, diese Distanz nicht im normalen Raumzeitgefüge zurückgelegt hatten, sondern sich in einem neben unserer Wahrnehmung gelegenen, seltsamen Universum bewegten, bevor sie aus diesem wieder in ihr ursprüngliches Universum zurücktraten.

Inzwischen verfügt die Menschheit über Technologien, die sogar den Sprung großer Transportschiffe in den Stromraum und wieder zurück ermöglichen. Jedoch sind exaktes Kartenmaterial, genaue Sensorenerfassung der umgebenden Stromraumanatomie und eine hohe Präzision beim Eintritt notwendig, damit ein Schiff beim Eintritt nicht zerstört wird und später den Austritt auch schafft. Erst mit der neusten aktiven Antriebstechnologie werden die Sprünge leichter berechenbar und schneller durchführbar.

Anatomie

Auch wenn der Stromraum immer noch ein umfangreiches Forschungsgebiet der Astronomen und Physiker ist und viele seiner Phänomene immer noch ungeklärt sind, so weiß man doch inzwischen einiges über seinen Aufbau und konnte einige Gesetzmäßigkeiten über seine Eigenschaften entdecken. So ist bekannt, dass viele Naturgesetze (z.B. Lichtgeschwindigkeit als oberste Grenze) unseres Universums im Stromraum nur selten von Bedeutung sind. Durch die Verknüpfungsstellen zwischen Stromraum und Normalraum mussten auch einige bisher gültige Naturgesetze wie das Gesetz von der Energieerhaltung revidiert werden.

Man weiß inzwischen, dass der Stromraum ein echter, mindestens vierdimensionaler Raum ist. Ob eine Krümmung bezüglich einer fünften oder noch mehr Dimensionen existiert, ist nicht klar, allerdings auch nur von wissenschaftlichem Interesse, und eine Antwort birgt kaum praktischen Nutzen.

Wesentlich wichtiger ist hingegen, dass innerhalb dieses Hyperraumes (die Bezeichnung für einen Raum mit mehr als 3 Dimensionen) unendlich viele verschiedene Strömungen existieren, die durch diesen Raum fließen. Jede dieser Strömungen besteht dabei aus zwei ineinander verdrehten, einzelnen Strömen, die in entgegengesetzte Richtungen fließen. Tritt man in den Stromraum ein, so kann man sich dort mit der Strömung einfach treiben lassen, um sich so fortzubewegen. Beim Eintritt bildet sich dabei eine Art Blase, in der das Schiff bis zum Wiederaustritt verbleibt und die ein Fragment des Normalraums darstellt. Durch diese Blase dringen kaum brauchbare Sensordaten, sodass die Erforschung des Stromraumes immer noch in den Kinderschuhen steckt. Lediglich Tachyonen, welche sich scheinbar unabhängig von den Strömen im Stromraum bewegen können, dringen ungehindert durch die Blasenhülle und regen dort Neutrinos zur Oszillation an, was in der passiven Sensorentchnik für überlichtschnelle Kommunikation genutzt werden kann.

Die Ströme im Stromraum sind weder geradlinig noch schneiden sie andauernd unser Universum, sodass man nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt den Stromraum verlassen kann. Mit Hilfe von Tachyonsensoren, wie sie auch in der Tachyonkommunikation verwendet werden, kann man durch die Ermittlung von Resonanzfrequenzen feststellen, wo sich der Strom wieder mit dem normalen Universum kreuzt und somit einen Ausstiegspunkt bildet. Insgesamt betrachtet ist aber der ganze Normalraum mit Absprungstellen bzw. Ausstiegspunkten der verschiedensten Ströme durchsetzt.

Die Ströme kommen außerdem in unterschiedlichen Durchmessern, aber auch unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten vor. In Bezug auf die Größen wurden bisher Durchmesser von wenigen Zentimetern bis hin zu 1700 Kilometern ermittelt. Bei den Strömungsgeschwindigkeiten hat man herausgefunden, dass ein Strom um so schneller fließt, je kleiner er ist und je näher sein Austrittspunkt an einer großen Masse wie z.B. einem Stern liegt. Da durch die höhere Strömungsgeschwindigkeit der Eintritt in den Stromraum gefährlicher wird und bei den kleinsten Fehlern schnell ein Schiff vernichten kann, liegen die stärker benutzten Absprungpunkte meistens nicht in unmittelbarer Nähe zu einem Zentralgestirn. So liegen in Sol die am häufigsten benutzten Absprungstellen oberhalb der Ekliptik in

einer Entfernung, die außerhalb der Marsbahn liegen würde. Die Geschwindigkeiten in den Strömen variieren dabei vom 4.000fachen bis zum 16.000fachen der Lichtgeschwindigkeit, wobei Geschwindigkeiten ab $12.000c$ zu riskant für einen Sprung sind. Durch die seltsam verwobene Struktur und fehlenden Geradlinigkeit der Ströme im Stromraum können allerdings diese Geschwindigkeiten nur als grober Anhaltspunkt dafür gewertet werden, wie schnell man sich von einem Sonnensystem zu einem anderen bewegen kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Stromraum und sein innerer Aufbau so komplex ist, dass in den meisten Fällen für sinnvolle interstellare Raumfahrt umfangreiches Kartenmaterial notwendig ist, welches Informationen über Sprungregionen, ihre Größe, die Geschwindigkeit der dortigen Ströme und der Entfernung im Stromraum bis zum nächsten Wiedereintrittspunkt enthalten muss. Häufig bringt das Wissen um größere Ströme zwischen wichtigen Kolonien wichtige Wettbewerbsvorteile beim Handel zwischen diesen Sonnensystemen. Während im Kernbereich viele große Ströme zwischen den Kolonien bekannt sind, ist die Kartographierung in den Außenregionen der Union bestenfalls ambitioniert, aber keinesfalls umfangreich oder gar erschöpfend zu nennen.

Portalgeneratoren

Egal ob man sich im Stromraum treiben lässt oder über einen eigenen Antrieb verfügt, benötigt man für den Eintritt in den Stromraum zunächst einen Portalgenerator. Dieses Gerät erzeugt durch den gezielten Ausstoß einer vorher genau berechneten Menge an Antimaterie und Materie eine Ausbeulung im Raumzeitgefüge, die nach kurzer Zeit einreißt und als Blase in den Stromraum abdriftet. Durch exakte Berechnungen muss das Schiff in die Ausbeulung hinein geflogen werden, bevor die Blase in den Stromraum abdriftet, damit der Sprung erfolgreich durchgeführt werden kann.

Was sich insgesamt sehr spektakulär und gefährlich anhört, wird inzwischen jeden Tag zigtausendmal in der Union durchgeführt. Obwohl der Vorgang bis in die Mikrosekunde genau geplant und ausgeführt werden muss, gehört er zum Standardrepertoire eines jeden interstellaren Piloten. Dabei werden die entsprechenden Aktionen natürlich nicht per Hand durchgeführt, sondern zuerst in den Bordrechner eingegeben, der dann für die präzise Ausführung sorgt. Beim Eintritt selber hat der Pilot nicht mehr viel zu tun; er kann lediglich hoffen, dass seine Berechnungen korrekt waren. In diesem Fall fliegt das Schiff in das Spektakel einer kontrollierten Antimaterieexplosion hinein, welches nur noch durch die Effekte des schlagartig verbogenen Raumes übertroffen werden. Zunächst scheinen sich im lokalen Umfeld die Positionen der Sterne zu verschieben und kurz inne zu halten, bis sich der Effekt umkehrt und mit einem gewaltigen Blitz aus Licht und elektromagnetischer Strahlung sowie einer Gravitationswelle eine Blase vom Raumzeitgefüge abreißt und verschwindet. Hat der Pilot die zu benutzende Menge an Antimaterie falsch berechnet oder das Stromraumportal in einem falschen Abstand zum Schiff geöffnet, ist dies in der Regel das vorzeitige Ende des Schiffes und der Besatzung. Eigentlich sind Portalgeneratoren eine relativ simple Technologie. Sie bestehen nämlich aus nichts anderem als aus sehr vielen, zeitlich genau kontrollierten Abschussvorrichtungen für spezielle kleine Körper, den Portalgranaten. Diese Körper beinhalten die für das Portal notwendige Antimaterie, werden zum richtigen Zeitpunkt vom Schiff aus gestartet und sorgen bei der korrekten zeitlichen Abstimmung für das Öffnen des Portals. Die Portalgranaten werden bei dem Vorgang verbraucht und zerstört, sodass ein Schiff für mehrere Sprünge einen entsprechend großen Vorrat an Portalgranaten geladen haben muss.

Passive Antriebssysteme

Da es lange Zeit technisch nicht machbar war, die Bewegung der eigenen Raumzeitblase im Stromraum zu kontrollieren, kann man sich mit den herkömmlichen Systemen lediglich im Stromraum treiben lassen. Durch den Eintritt in den Stromraum von einer bestimmten Stelle im Weltraum aus und mit einer genügend hohen Geschwindigkeit kann man dabei die Richtung erzwingen, in der man sich im Strom fortbewegt. Außerdem wird die Bewegungsenergie beim Eintritt, die in der Geschwindigkeit des Schiffes steckt, ebenfalls für den Austritt benötigt. Da sich diese Energie durch Reibungskräfte im Stromraum fortlaufend verringert, muss ein Schiff, das im Stromraum eine größere Entfernung zurücklegt, eine entsprechend höhere Geschwindigkeit beim Eintritt aufweisen, da es sonst nicht mehr aus eigener Kraft aus dem Stromraum ausbrechen kann und dort endlos weitertreibt. Geholfen werden kann solchen Schiffen meist nicht mehr. Dies zeigt überdeutlich, dass bei einem fehlenden Eigenantrieb im Stromraum, was bei vielen Schiffen der Union immer noch die Regel ist, der Sprung aus dem Normalraum vorher präzise berechnet und dann exakt ausgeführt werden muss, damit man bei

interstellaren Reisen nicht unwiderruflich verloren geht. Als Faustregel gilt, dass eine Geschwindigkeit von 0,7 Prozent der Lichtgeschwindigkeit pro Stunde Aufenthalt im Stromraum notwendig ist, um den Stromraum wieder verlassen zu können.

Selbst wenn man sich ohne eigenen Antrieb im Stromraum treiben lässt, benötigt man als ein so genanntes passives Antriebssystem einen Generator, der die Raumzeitblase am Kollabieren hindert. Durch den Druck im Stromraum verringert sich nämlich als zusätzliches Problem die Größe der Blase, je länger man im Stromraum verweilt. Dabei ist wissenschaftlich immer noch nicht geklärt, ob die Blase durch den Druck zusammengepresst wird oder beim Aufenthalt im Stromraum zusehends „verdampft“ oder „auskühlt“. Jedenfalls stellt die Verringerung des Blasendurchmessers, dessen Anfangsgröße von der verwendeten Menge an Antimaterie zur Erzeugung des Stromraumportals abhängt, eine ernsthafte Bedrohung für das in der Blase befindliche Schiff dar. Berührt nämlich die Blasenhülle das Schiff, so hat dies schwerste strukturelle Schäden zur Folge, da die im Kontakt stehenden Teile des Schiffes in ihre subatomaren Partikel zerlegt werden, bevor sie die Hülle passieren und endgültig in den Stromraum entschwinden. Dabei schrumpft die Blase umso schneller, je kleiner sie bereits ist. Man fand jedoch bereits 2134 heraus, dass Gammastrahlung von hoher Intensität, wie sie z.B. bei der Zerstrahlung von Antimaterie entsteht, den Schrumpfungsprozess der Blase aufhalten kann. Diese Strahlung wird von Emittlern, die an der Außenhülle eines Schiffs montiert sein müssen, an den umgebenden Raum abgegeben. Da allerdings bei kleinen Raumzeitblasen wesentlich mehr Gammastrahlung abgegeben werden muss, um die Blase aufrecht zu erhalten, sind Gammaemitter für kleinere Schiffe einfach nicht effizient genug, wodurch ausschließlich größere Schiffe mit dieser Technologie überlichttauglich sind.

Da Gammaemitter fortlaufend Antimaterie mit Materie zerstrahlen lassen, erhitzen sie sich so stark, dass sie mit der Zeit deaktiviert werden müssen, um nicht Schaden zu nehmen. Für diese Zeit muss das Schiff wieder zurück in den Normalraum, da die Blase nicht aufrecht erhalten werden kann. Ohne laufende Emittler würde eine Raumzeitblase von der Größe eines interstellaren Frachters sonst innerhalb weniger Minuten völlig in sich zusammenfallen. Die maximale Betriebsdauer von Gammaemittern liegt je nach Hersteller bei etwa 14 bis 16 Stunden, bevor sie durch die Hitze Schaden nehmen. Der Zeitraum, bis diese Geräte wieder abgekühlt sind, liegt bei 6 bis 8 Stunden.

Aktive Antriebssysteme

Seit der Mitte des 23. Jahrhunderts beschäftigen sich die Wissenschaftler intensiver mit alternativen Antriebstechnologien für den Stromraum. Der Schwerpunkt der Forschung lag dabei in Versuchen, wie man eine Art aktive Fortbewegung im Stromraum erreichen kann. Relativ früh war bekannt, dass eine asymmetrische Anordnung der Gammaemitter für Probleme während des Aufenthalts im Stromraum sorgte. Versuche, die hierbei auftretenden störenden Effekte zu untersuchen und daraus eine Antriebsform zu entwickeln, blieben zunächst erfolglos.

Erst seitdem den menschlichen Forschern die bereits funktionstüchtigen Antriebstechnologien der Lengroah zur Verfügung stehen, konnten sie mit Hilfe von Forschern aus dieser Rasse die ersten Prototypen von aktiven Stromraumantrieben herstellen. Mit einer Kombination aus Gravitonimpulsen und gezielten Ausstößen von Gammastrahlung wird dabei die Blase so verformt, dass sie in Bewegungsrichtung nicht abbremsst, sondern stromlinienförmig geformt ist. Für eine Vorwärtsbewegung sorgen dann „Ausbeulungen“ in der Blase, die nach hinten bewegt werden und somit quasi wie die Ruder eines Ruderbootes wirken. Da menschliche Schiffe im Vergleich zu den Raumschiffen der Lengroah stark gepanzert sind und damit wesentlich mehr Masse haben, konnten allerdings die Remigatoren (die Emittler, welche die Graviton- und Gammaimpulse ausstoßen) der Lengroah nicht sofort genutzt werden, sondern mussten wesentlich leistungsfähiger gestaltet werden. Daher befinden sich diese Geräte bisher nur bei kleineren Schiffen im marktreifen Zustand, während sich die Technologie bei Terranischen Schiffen, die größer und schwerer als ein leichter Kreuzer sind, noch im Experimentalstadium befindet. Die kleineren Remigatoren der Lengroah waren jedoch klein und leistungsfähig genug, um damit innerhalb weniger Jahre bereits Raumjäger der Union überlichttauglich zu machen.

Bei Experimenten des Forschungszentrums für Stromraumreisen RST (und bis zu seiner Zerstörung des lengroahischen Institutes für Stromraumtechnologie auf Drukhrar) wurde festgestellt, dass es ab einer bestimmten Geschwindigkeit im Stromraum trotz ausgefeilter Technologien zu ausgeprägten Schwingungen der Blase kommt, die bei längerer Belastung die Blase und das in ihr befindliche Schiff in Stücke reißen. Rechnet man die durchschnittliche Krümmung der Ströme heraus, so ergibt sich

hierdurch eine maximal mögliche Geschwindigkeit von etwa 4 Lichtjahren pro Stunde. Momentane Remigatoren der Union leisten eine Geschwindigkeit von etwa 3,2 Lichtjahren pro Stunde und liegen somit noch gut unter der Gefahrenzone. Geräte der Lengroah leisten in etwa 3,6 Lichtjahre pro Stunde und besitzen eine weitaus bessere Betriebsdauer als die menschlichen Entwicklungen, die wesentlich leistungsfähiger und kompakter gebaut werden. Ihre Betriebsdauer liegt bei knapp 3 Stunden, bevor die Geräte abgekühlt und Verbrauchselemente ausgetauscht werden müssen. Remigatoren der Lengroah halten ohne Probleme die fünffache Betriebsdauer aus und müssen erst nach 25 Stunden abgeschaltet und erneuert werden. Dies dauert bei beiden Gerätetypen etwa drei bis fünf Stunden, bevor die Reise im Stromraum fortgesetzt werden kann.

Natürlich muss ein Schiff zum Abschalten der Remigatoren in den Normalraum wechseln, da sonst die Raumzeitblase im Stromraum nicht aufrecht erhalten werden kann. Es gab Experimente, bei denen während des Abkühlungsvorganges der Remigatoren so lange Gammaemitter die Raumzeitblase am Kollaps hindern sollten. Die Koppelung von Gammaemittern mit Remigatoren hat sich allerdings als ausgesprochen schwierig erwiesen, und diesbezüglich laufen weitere Experimente, ohne dass bisher größere praktische Erfolge erzielt werden konnten.

Andere Überlichtantriebsarten

Es existieren noch einige andere Konzepte, wie man sich effektiv schneller als das Licht bewegen kann. Brauchbare technische Geräte hat jedoch die menschliche Forschung bisher noch nicht hervorbringen können. Im Gegensatz dazu besitzen die Arnesh und die Srakhs andere Formen von funktionsfähigen Überlichtantrieben, die teilweise auf völlig anderen Konzepten aufbauen.

Die Arnesh besitzen zwei verschiedene Antriebskonzepte für Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit, wobei nur eines davon auf dem Stromraum aufbaut. Diese Technologie ist von den Arnesh wesentlich weiter entwickelt worden, als es die Menschheit bisher vermochte. Daher übertreffen die Leistungsdaten dieser Geräte diejenigen der Antriebe aus menschlicher Bauart bei Weitem. Bei Ihrer zweiten Antriebtheorie ist es ihnen hingegen gelungen, die Heisenbergsche Unschärfebeziehung auch auf makroskopische Größen auszuweiten und als Antrieb zu nutzen.

Den Srakhs war hingegen die Existenz des Stromraumes für lange Zeit unbekannt. Ihnen ist es jedoch gelungen, den Tunneleffekt von Quanten so auszunutzen, dass sie ihre Schiffe im Normalraum effektiv mit Überlichtgeschwindigkeit fortbewegen können. Dies erfordert von den Schiffen allerdings einen gewaltigen energetischen Aufwand, wodurch die Effektivität dieser Antriebe noch weit unter denen der Terranischen Union liegt. Die erreichte Geschwindigkeit ist jedoch mit der von Remigatoren durchaus gleichwertig, und die Antriebstechnologie hat zusätzlich den Vorteil, sich völlig unabhängig von Ein- und Austrittspunkten im Universum bewegen zu können.

Der Weltraum (interplanetare Bewegung)

Im Bereich der interplanetaren Bewegung gilt zwar als oberste mögliche Grenze die Lichtgeschwindigkeit mit knapp 300.000 Kilometern pro Stunde, in der Praxis erreichen aber die meisten Raumschiffe selbst bei längeren Flügen kaum mehr als ein Viertel dieser Geschwindigkeit. Nur in den seltenen Fällen, wo zur Einrichtung von Verbindungen zur Quantenkommunikation mehrere Lichtjahre im Normalraum zurückgelegt werden müssen, kommen menschliche Raumschiffe in die Nähe von Einsteins Barriere.

Früher genutzte Antriebsarten wie Rückstoßantriebe auf chemischer oder auf Ionenbasis sind heutzutage hoffnungslos veraltet. Auch früher genutzte Verfahren wie die Swingby-Technik werden inzwischen dank leistungsfähiger Antriebssysteme für den Normalraum nicht mehr genutzt. Antriebe zwischen den Planeten konzentrieren sich auf Fusionsantriebe oder Gravitonantriebe. Beide Antriebsformen arbeiten dabei nach dem Rückstoßprinzip, welches nach wie vor die einzige Möglichkeit zur Fortbewegung im Weltraum ist.

Fusionsantriebe

Fusionsantriebe nutzen die bei der Fusion von schwerem Wasserstoff frei werdende Energie, um mit ihrer Hilfe einen hohen Druck zu erzeugen, der ein Raumschiff stark in eine Richtung beschleunigen kann. Durch die Technologie bedingt sind diese Antriebe sehr groß und starr montiert. Außerdem hält kaum ein Material dem Ausstoß der mehrere Millionen Grad heißen Heliumgase stand, wodurch eine integrierte Schubumkehr bei diesem Antrieb nicht möglich ist. Um ein Schiff mit Fusionsantrieben abzubremesen, muss es sich zunächst mit seinen Steuerdüsen drehen, bevor es die Hauptantriebe zündet.

Alternativ besitzen einige Schiffe auch nach vorne gerichtete Antriebe.

Für den Betrieb von Fusionsantrieben benötigt man wie bei Fusionsreaktoren relativ große Mengen an schwerem Wasserstoff (Deuterium), der häufig als schweres Wasser betankt wird, um Explosionsgefahren zu vermeiden. Einige Antriebe benutzen jedoch auch schweres Ammoniak, das unter Druck transportiert und gelagert wird. Schweres Wasser bzw. schwerer Ammoniak wird beim Einsatz in seine Elemente Deuterium und Sauerstoff bzw. Stickstoff zerlegt, wobei das Deuterium für die Fusion genutzt wird und der Rest später beim Ausstoß hinzugefügt wird. Beim Zusammentreffen des vergleichsweise kalten Restgases mit dem heißen fusionierten Helium entsteht dabei kurzfristig ein so hoher Druck, dass der Rückstoß wesentlich verstärkt wird. Durch den Sauerstoff oder Stickstoff werden jedoch mit der Zeit die äußeren Elemente der Antriebsdüsen angegriffen und müssen nach zweihundert Betriebsstunden ausgetauscht werden. Zur Schonung der Antriebe kann auch auf die Beimischung verzichtet werden, allerdings verzichtet man dann auf gut dreißig Prozent Schubkraft.

Ein großer Vorteil von Fusionstriebwerken besteht immer noch in ihrer Antriebsleistung, obwohl diese Technologie vergleichsweise alt ist. Erst seitdem Schwerkraftfelder manipuliert werden können, ist das Schubpotential von Fusionsantrieben überhaupt erst voll ausnutzbar. Bis dahin waren die möglichen Beschleunigungskräfte für den menschlichen Körper oder für technisches Gerät zu hoch.

Während Fusionsantriebe als interplanetarer Antrieb immer noch hervorragend geeignet sind, eignen sie sich nur bedingt für Flüge von der Planetenoberfläche in den Orbit. Der Grund liegt darin, dass der heiße Plasmastrahl aus den Antrieben die umgebende Luft in einer Atmosphäre stark aufheizt und dadurch in der Umgebung des Schiffes starke Umweltschäden verursacht, von der starken, zusätzlichen Hitzebelastung der Antriebssektion eines Raumschiffes einmal ganz zu schweigen. Aus diesem Grund sind auch die meisten Gebiete auf Planeten, von denen ein Aufsteigen in den Orbit erlaubt wird, entweder Ozeane oder Wüstengebiete.

Gravitonantriebe

Gravitonantriebe machen sich das Prinzip der Gravitonendiffusion zunutze und existieren etwa seit 50 Jahren. Die Antriebe spalten hierbei von schwerer Materie wie beispielsweise komprimierter Neutronenmasse oder Bosonenklumpen die Masse und Trägheit erzeugenden Teilchen, die Gravitonen, ab. Diese Gravitonen werden anschließend beschleunigt und nach hinten ausgestoßen, was dem Schiff per Rückstoßeffekt einen Impuls nach vorne verleiht. Da sich die Gravitonen mit der Zeit wieder an der Masse ansammeln und dafür aus der Umgebung abgezogen werden, besteht darin praktisch die erste Antriebsform im Weltraum, die ohne einen speziellen Treibstoff funktioniert, der nachgetankt werden müsste. Natürlich wird für die Abspaltung der Gravitonen sehr viel Energie benötigt, aber die Herkunft dieser Energie ist beliebig.

Gravitonantriebe sind im Vergleich zu Fusionstriebwerken etwas effizienter, da die direkte Umsetzung von Fusionsenergie in Bewegungsenergie mit wesentlich höheren Verlusten verbunden ist als die zweistufige Umsetzung, wo zunächst die Energie durch einen Fusionsgenerator in Elektrizität und dann durch einen Gravitontriebwerk in Bewegung umgewandelt wird. Teilweise kehrt sich jedoch dieser Effekt wieder um, da in kleineren Schiffen häufig kein Fusionsreaktor zur Verfügung steht, und die für den Antrieb notwendige Energie daher teuer mit einem Antimateriereaktor gewonnen werden muss.

Trotz der höheren Effizienz sind Gravitonantriebe aber nicht stärker verbreitet als Fusionsantriebe. Dies liegt daran, dass ihre Leistungsfähigkeit gegenüber herkömmlichen Unterlichtantrieben zu schwach ist. Bei vergleichbarer Größe sind Fusionstriebwerke etwa doppelt so leistungsstark wie Gravitonantriebe. Hinzu kommt der höhere Preis der Gravitontechnologie.

Gravitontriebwerke besitzen hingegen zwei technologische Vorteile: Zum Einen lassen sie sich leicht so konstruieren, dass der Gravitonenausstoß sowohl nach vorne als auch nach hinten möglich. Hiermit können die Schiffe mit ihrem Hauptantrieb voll beschleunigen oder abbremsen, ohne sich vorher drehen zu müssen. Dadurch ist ein Schiff zum Beispiel während eines Kampfes nicht gezwungen, zum Abbremsen dem Gegner die leicht zu treffende Breitseite zu zeigen.

Der Vorteil von Gravitonantrieben liegt darin, dass diese Antriebsform beim Betrieb in Atmosphären wesentlich weniger Probleme bereitet als Fusionsantriebe. Im Bereich von Orbitalraumschiffen, die ständig zwischen Planetenoberflächen und dem Weltraum hin- und herpendeln, haben sich daher Gravitonantriebe als „saubere“ Antriebsform weitestgehend durchgesetzt.

Informationstechnologie

Die Computerindustrie und alle ihr angeschlossenen Zweige haben ihre rasante Entwicklungs-

geschwindigkeit der Anfangszeit abgelegt und steuern inzwischen auf gemächlichere Gewässer zu. Den rasanten Entwicklungen der Hardwareindustrie im 20. und 21. Jahrhundert standen lange Zeit, von gelösten Teilproblemen der Informatik abgesehen, vergleichsweise stümperhafte Programme entgegen. Erst neue Paradigmen der Softwaretechnik und neuartige Hardwarearchitekturen im späten 21. und 22. Jahrhundert erlaubten die sensationellen Erfolge im Bereich der Künstlichen Intelligenz. Während außerdem die planetare und stellare Kommunikation immer ausgereifter wurde, erscheint dagegen selbst die heutige interstellare Kommunikation immer noch steinzeitlich.

Hardware

In diesem Kapitel werden alle technischen Geräte behandelt, welche als Plattform für die Ausübung von Programmen, der Software, dienen. Hierbei ist die bereits in der frühen Computerindustrie vorgenommene Trennung von Datenspeicher und Prozesseinheit sowie die Gleichtaktung aller Bausteine immer noch häufig von Bedeutung; lediglich die modernsten Rechnermodelle verwenden die Trennung und Gleichtaktung nicht. Alle Prozesseinheiten bestehen inzwischen aus einem ganzen Netzwerk von parallel geschalteten Prozessoren mit eigenen Ein- und Ausgangsleitungen, weswegen man nicht mehr von Prozessoren, sondern von Prozessnetzen spricht.

Diskrete elektronische Prozessnetze (DEPN)

Diskrete optische Prozessnetze (DEPN; discrete electronic processing network) entwickelten sich aus den integrierten Schaltkreisen auf Halbleiterbasis der Computerindustrie des späten 20. Jahrhunderts. Sie werden in der Regel in zwei Varianten hergestellt: Zum Einen gibt es verhältnismäßig einfache zweidimensionale Architekturen auf einem elastischen, extrem dünnen Halbleiter, zum Anderen existiert eine dreidimensionale Architektur in hitzebeständigen keramikartigen Halbleitern. Während die erste Variante bevorzugt als unsichtbar eingebettete Systeme z.B. für Kleidung oder Elektronisches Papier genutzt wird und relativ empfindlich gegenüber extremen Temperaturen ist, arbeiten die Keramikhalbleiter bei Temperaturen von -200°C bis 1.200°C zuverlässig und sind daher besonders für ungeschützte Steuersysteme im Weltraum oder auf unangenehmen Planeten geeignet. Selbst unter extremeren Bedingungen werden DEPN's nicht zerstört. Beide Formen von DEPN's sind jedoch aufgrund der elektronischen Systeme recht empfänglich gegenüber elektromagnetischen Impulsen, welche die Prozessnetze zerstören können, zumindest aber kurzfristig überlasten.

DEPN's sind sehr preiswert und fast überall zu haben. Es existieren keinerlei Zugangsbeschränkungen. Aufgrund ihrer eingeschränkten Architektur können jedoch viele fortschrittliche Programme nicht oder nur eingeschränkt laufen - vor allem im Bereich persönlicher Agenten und Entscheidungssysteme, aber auch Wissensbasen ab einer bestimmten Größe. Die Gefahr der Überhitzung bei elastischen DEPN's wird durch einen relativ niedrigen Systemtakt und eine geringe Betriebsspannung vermieden.

Die weitere Miniaturisierung dieser Prozessnetze wird durch die Quantenmechanik verhindert. Obwohl DEPN's als gnadenlos veraltete Architektur verschrien sind, werden sie immer noch aufgrund des billigen Fertigungsprozesses in gewissen Stückzahlen vertrieben. An Speichermedien wird in der Regel EMRAM verwendet, spezielle Adapter zur Verwendung von HRAM oder PRAM existieren ebenfalls.

Diskrete elektroquantenmechanische Prozessnetze (DEQPN)

Am Anfang des 21. Jahrhunderts stieß die zunehmende Miniaturisierung von Prozessoren an die Grenzen der Quantenmechanik und behinderte eine weitere Verkleinerung der Bausteine. Als Lösung wurden andere Technologien entwickelt, welche die Quantenphysik geschickt ausnutzten, um Bausteine wie Einelektronenkondensatoren oder Nanotransistoren konstruieren zu können. Das Ergebnis dieser Bemühungen mündete in den ersten serienreifen quantenmechanischen Elektrozessor im Jahr 2026. Diskrete elektroquantenmechanische Prozessnetze (DEQPN; discrete electroquantum processing network) sind als Fortentwicklung dieses Prozessors zu verstehen. Sie besitzen in etwa die gleichen Eigenschaften wie DEPN's, sind jedoch im Schnitt etwa um den Faktor 10 schneller und leistungsfähiger, da ihre stärkere Miniaturisierung eine höhere Taktfrequenz erlaubt. Ihre Einsatzmöglichkeiten sind wie ihre Architekturen mit denen von DEPN's identisch. Lediglich ihr höherer Preis erlaubt den schlechteren DEPN's eine Weiterexistenz.

Auch die DEQPN's sind nahezu überall erhältlich. Ihre Entwicklung ist aufgrund der Grenzen, an die diese Architektur stößt, ebenfalls größtenteils abgeschlossen. Auch diese Prozessnetze nutzen vornehmlich EMRAM und mit einigem Abstand HRAM und PRAM.

Probabilistische elektronische Prozesssysteme (PEPS)

Auch diese Variante von Prozesssystemen entstand als Weiterentwicklung der herkömmlichen CPU's des 20. und anfänglichen 21. Jahrhunderts. Probabilistische elektronische Prozesssysteme (PEPS; probabilistic electronic processing system) könnten am ehesten als „schlampige“ Architektur bezeichnet werden, da ihre Miniaturisierung dazu führt, dass die Quantenphysik Rechenergebnisse und -operationen zufällig stört und ändert. Dies führt dazu, dass exakte Berechnungen mit einem PEPS gar nicht bzw. nur mit hohem programmier-technischen Aufwand eingeschränkt möglich sind, was wiederum zu Lasten der Rechengeschwindigkeit geht. Trotzdem ist diese Prozesssystemgattung für lange Zeit erstaunlich erfolgreich gewesen, da sie eine wesentlich einfachere „unscharfe“ Programmierung erlauben, was sich bei Entscheidungssystemen und den ersten Agentensystemen im späten 21. Jahrhundert vorteilhaft gegenüber herkömmlichen Rechnern auswirkte, wo häufig eine schnelle gute Lösung vor einer langsamen optimalen Lösung benötigt wurde. Manchmal ist jedoch diesen Systemen eine gewisse Irrationalität nachweisbar, welche sporadisch auftreten kann.

PEPS sind billig, aber nicht ganz so leicht zu erhalten, da sie inzwischen selbst im Niedrigkostenbereich von unscharfen optischen Netzen, den FOPN's, verdrängt werden. Es ist gesetzlich verboten, PEPS für Entscheidungssysteme in sicherheitskritischen Einrichtungen zu verwenden - auch wenn von nicht ganz gesetzestreuem Organisationen diese Vorlage aus Kostengründen als erste gebrochen wird. Ihre Entwicklungsarbeit ist ebenfalls nahezu abgeschlossen. Diese Prozessoren nutzen als Speicherarten hauptsächlich EMRAM, manchmal auch PRAM.

Diskrete optische Prozessnetze (DOPN)

Das Problem gegenseitiger Interferenzen selbst einzelner Elektronenwellen führte bei DEQPN's zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer weiteren Barriere der Rechnerentwicklung. Während holografischer Speicher immer interessanter wurde, die ersten Versuche mit optischen Schreib-Lese-Speicher durchgeführt wurden und die Idee eines rein optischen Rechner eigentlich schon uralt war, wurde erst im Jahr 2123 der erste leistungsfähige optische Prozessor entwickelt. An die Stelle der Transistoren trat hierbei der „Bedingte Photonenkäfig“. Ein großer Vorteil dieser Rechner lag darin, dass sich optische Leiterbahnen beliebig schneiden und überkreuzen konnten, da sich die einzelnen Photonen als Informationsträger nicht gegenseitig beeinflussen. Bis zum Ende des 22. Jahrhunderts blieb diese Architektur zunächst zweidimensional, bis 2191 bei optischen Prozessoren die dritte Dimension der Architektur eingeleitet wurde.

Diskrete optische Prozessnetze (DOPN; discrete optic processing network) werden inzwischen in Nanitenfertigung produziert. Als Basis dient hier Diamant. Dadurch erhalten DOPN's zwar eine gute Belastbarkeit, sind dafür aber brennbar oder werden bei Temperaturen über 1600°C selbst bei Luftabschluss durch die Umwandlung von Diamant in Graphit zerstört. Die Betriebstemperatur sollte daher unter Luftabschluss 1400°C nicht übersteigen.

DOPN's sind momentan die schnellsten, „exakten“ Rechner, und zugleich in der Entwicklung der Rechnersysteme die letzte Architektur. Für Arbeitsprogramme oder Schnittstellensysteme sind diese Prozessnetze die idealen Rechner; bei Agentensystemen und Entscheidungssystemen haben diese Prozessoren ihre Anteile größtenteils an FOPN's, NNAPN's und NPS abgegeben. Zur Leistungssteigerung können Quantenzellen (QCM's) an DOPN's betrieben werden, wodurch auch spezielle Entscheidungssysteme betrieben werden können. DOPN's sind leicht erhältlich, aber wesentlich teurer als ihre rein elektronischen Verwandten. Sie arbeiten hauptsächlich mit HRAM, können aber auch an QCM oder EMRAM angeschlossen werden.

Unschärfe optische Prozessnetze (FOPN)

Unschärfe optische Prozessnetze (FOPN; fuzzy optic processing network) arbeiten ähnlich wie DOPN's, besitzen jedoch einige spezielle Photonenkäfige, welche die Energie eines Photons verringern und somit die Wellenlänge vergrößern können. Während DOPN's mit monochromatischem Licht, d.h. Licht von einer einzelnen Wellenlänge, arbeiten, nutzen FOPN's viele Frequenzen zur Codierung der Zustände zwischen Null und Eins. FOPN's sind die ersten Rechner mit einer echten Hardwareimplementierung von asequenzieller unscharfer Logik. Sie existieren seit 2150 und bieten als erste Prozessnetzgattung die Hardwareunterstützung des asequenziellen Programmierens.

FOPN's funktionieren trotz der Diamanteinbettung nur im Bereich von -20°C bis 100°C, da unterschiedliche Materialausdehnungen der Werkstoffe die im Prozessnetz verschieden stark gebeugten Wellenarten verzerrt aufnehmen lassen. Auf diesen Prozessnetzen laufen für gewöhnlich

Programme wie Entscheidungssysteme, Agentensysteme oder Wissensbasen. Sie sind nicht ganz preiswert und in den Randbereichen nur schwer erhältlich. Sie arbeiten ausschließlich mit HRAM und QCM als Speichersysteme.

Neuronale nichtlineare asynchrone Prozessnetze (NNAPN)

Die genaue Funktionsweise des menschlichen Gehirns erwies sich für die moderne Forschung als Themengebiet, an dem sich führende Wissenschaftler lange die Zähne ausgebissen haben und dies heute zum Teil immer noch tun. Nachdem jedoch im 21. Jahrhundert die Funktionsweise des Gehirns von Lebewesen immer besser verstanden wurde, begann die Bioingenieurinformatik damit, echte Nervenzellen als Prozessnetzgrundlage zu verwenden. An der fehlenden Gleichtaktung der einzelnen Neuronen verzweifelten jedoch bis zum 22. Jahrhundert die Ingenieure, bis diese endgültig verworfen wurde. Trotzdem war die Leistung solcher Bionetze eher mäßig im Vergleich zu den Möglichkeiten optischer Prozessnetze. Erst als aufgegeben wird, bestimmte Neuronen als Datenspeicher zu missbrauchen und alle Nervenzellen gleichberechtigt Funktionen der Verarbeitung und Speicherung ausüben dürfen, gelingt der Durchbruch. Neuronale nichtlineare asynchrone Prozessnetze (NNAPN; neuronal non-linear asynchronous processing network) scheinen auf einmal wie geschaffen für asequenzielle Programmierung und erweisen sich als optimale Plattform für lernende Computersysteme. 2215 wird das erste einfache NNAPN mit 2.000 Neuronen hergestellt. Ein NNAPN, welches mit den kognitiven Fähigkeiten des Menschen bis auf ein eigenständiges Bewusstsein etwa gleichzieht, wird mit 13 Millionen Neuronen im Jahr 2267 konstruiert. Seitdem existieren immer größere Projekte und mächtigere NNAPN's, welche jedoch starken Zugangsbeschränkungen unterliegen.

NNAPN's sind ausgesprochen empfindlich und müssen bei gleichbleibenden Temperaturen um 33°C betrieben und pausenlos mit Nährstoffen umspült werden, damit sie nicht absterben. Im Gegensatz zu anderen Prozessnetzen sind jedoch NNAPN's auch bei teilweiser Beschädigung häufig noch eingeschränkt funktionstüchtig. Als zusätzliche Speichersysteme bieten sich natürlich RNA-Blöcke an; es gibt aber auch Schnittstellen zu PRAM und HRAM. Leider lässt sich auf solchen Medien nicht der Inhalt eines NNAPN's speichern, da im NNAPN keine Trennung von Datenverarbeitung und -speicherung vorliegt. Der Betrieb und die Nutzung von NNAPN's mit mehr als 6 Millionen Neuronen ist genehmigungspflichtig, NNAPN's mit mehr als 1 Milliarde Neuronen, sogenannte GigaNets, sind außerhalb des Militärs und der staatlich autorisierten Forschung verboten. NNAPN's sind je nach Größe unterschiedlich schwer zu erhalten, aber in jedem Fall schwerer als FOPN's.

Nanitenprozesssysteme (NPS)

Nanitenprozesssysteme (NPS; nanite processing system) befinden sich momentan noch im Forschungsstadium, und es steht noch nicht fest, ob sie eine neue Computergeneration begründen können oder nur eine Spielerei der Wissenschaftler sind. Als Grundlage dieser Prozesssysteme dient ein Behälter, in dem mehrere Millionen spezieller Mikroroboter, sogenannte Naniten, für die Berechnungen genutzt werden. Hierbei gibt es einige, welche speziell für die Schnittstelle über ein feines Elektrodennetz nach außen kommunizieren können, während der Rest ausschließlich für die Berechnungen des Systems genutzt werden. Die einzelnen Naniten besitzen dabei eine einfache Form selbstmodifizierbarer Programme und nutzen als Hardwarearchitektur häufig DEQPN's oder PEPS. In diesen Systemen sind die Naniten frei beweglich und können untereinander kommunizieren, womit die einzelnen Prozesseinheiten weder eine feste Verschaltung, noch eine gemeinsame Taktung oder sequenzielle Programmabläufe vorweisen müssen. Da jeder Nanit seinen eigenen Speicher besitzt, ist auch die Trennung von Speicher und Prozesseinheit in gewissem Maße abgeschafft.

Ein NPS ist trotz der seltsam anmutenden Architektur ungewöhnlich leistungsfähig, neigt aber dazu, Anfragen in einer häufig unerwarteten Art aufzufassen und zu beantworten. Momentan laufen NPS noch nicht stabil genug, als dass sie kommerziell vertrieben werden können. Die Unionsregierung hat im Jahr 2295 außerdem Bedenken bezüglich der freien Verfügbarkeit dieser mächtigen Technologie geäußert. Benötigen NP-Systeme zusätzlichen Speicher für externe Datenübertragungen, so werden bevorzugt QCM, EMRAM oder PRAM genutzt.

Elektromagnetischer Zugriffsspeicher (EMRAM)

Elektromagnetischer Zugriffsspeicher (EMRAM; extended magnetic random access memory) hat sich aus den frühen Speicherformen des beginnenden 21. Jahrhunderts entwickelt, welche als erste die

Vorzüge von schnellem Zugriff und permanenten Speicher in sich vereinigten. Vom Prinzip her besitzt EMRAM magnetische Speicherzellen, in denen winzige Ferromagnetika durch einen kleinen Stromimpuls magnetisiert werden. EMRAM ist heutzutage ein billiger Massenspeicher mit wahlweisem Schreib- und Lesezugriff, welcher allerdings ausschließlich zur Speicherung diskreter, nicht-stochastischer Werte eignet. Er benötigt keinerlei Energieversorgung zur Aufrechterhaltung von gespeicherten Daten. Er sollte jedoch nicht hohen Temperaturen oder Magnetfeldern ausgesetzt werden, da sonst seine Inhalte verloren gehen.

Holografischer Zugriffsspeicher (HRAM)

Holografischer Zugriffsspeicher (HRAM; holographic random access memory) entstand aus den frühen Versuchen des 20. Jahrhunderts, dreidimensionale Bilder mithilfe von Laserstrahlen speichern zu können. Vor allem für optische Prozessnetze bietet sich holografischer Speicher als Speichermedium an. Er arbeitet ebenfalls mit wahlweisem Schreib- und Lesezugriff, besitzt eine dem EMRAM gleichwertige Geschwindigkeit und verliert bei unterbrochener Energiezufuhr auch nicht seine gespeicherten Informationen. Er speichert stetige Werte ab und ist damit mächtiger als EMRAM - sofern das angeschlossene Prozessnetz mit solchen Werten arbeiten kann. Ein weiterer Vorteil liegt bei seiner höheren Robustheit bei hohen Temperaturen und gegenüber Magnetfeldern.

Polymerspeicher (PRAM)

Polymerspeicher (PRAM; polymeric random access memory) nutzt als Codierung verschiedenartige Moleküle an einem langen Polymerstrang, um unterschiedliche diskrete Werte darzustellen. Da das Verfahren des Lesens und Speicherns relativ langsam ist, nutzt man massive Parallelisierung. PRAM ist daher bei der Übertragung kleiner Datenmengen bis etwa 10 MB langsamer als EMRAM oder HRAM, sobald aber größere Datenmengen übertragen werden, wird er wesentlich schneller. Er eignet sich daher besonders zur Archivierung großer Datenmengen. Gespeicherte Daten bleiben beliebig lange haltbar, wenn PRAM unter den richtigen Bedingungen gelagert wird - bei Zimmertemperatur und normalem Atmosphärendruck.

Quantenzellen (QCM)

Quantenzellen (QCM; quantum cell memory) sind dazu geeignet, Quantenzustände zu speichern. Dies erlaubt nicht nur die Speicherung eines diskreten oder stetigen Wertes, sondern eine ganzen Zufallsverteilung. Für FOPN und NPS ist Quantenzellspeicher für technologisch fortgeschrittene Berechnungen unverzichtbar. Er speichert jedoch im Vergleich zu anderen Medien relativ langsam, und hält nur wenige Sekunden nach Unterbrechung der Energieversorgung seinen gespeicherten Zustand bei. Er ist teuer und relativ schwer erhältlich - bereits in vielen Koloniewelten der Kolonialsegmente ist QCM nur gegen erheblichen Aufpreis zu beschaffen. Er ist durch Schutzvorrichtungen auch unter extremen Bedingungen nutzbar.

RNA-Speicher (RNAB)

Ribonukleinsäure (RNA) bietet sich vor allem für NNAPN's als externer Speicher an, da entsprechende Systeme ohne komplizierte Schnittstelle angefügt werden können. Wie NNAPN's benötigt aber auch RNA-Speicher (RNAB; ribonucleinacid block) eine konstante Umspülung mit Nährstoffen und fest vorgegebene Umweltbedingungen, damit die Zellen, in denen das Erbgut zur Speicherung genutzt wird, weder absterben noch sich unkontrolliert teilen.

Software

Im Bereich der Software hat es zwei große Revolutionen gegeben, welche Teilbereiche der Programmierung vollkommen umgeworfen haben. 2092 wurde die asequenzielle Programmierung als Paradigma postuliert. Befehle eines Rechners existieren danach nicht mehr in einer fest vorgegeben Reihenfolge, sondern nur als Menge von Befehlen, aus denen mehrere gewählt und gleichzeitig ausgeführt werden. Was sich aus erster Sicht wie vollkommener Unsinn anhört, führte doch zum erstaunlichsten Schub der Softwareentwicklung der Geschichte. Die Programmierung von intelligenten, scheinbar bewussten Wesen, sogenannter pseudobewusster Intelligenzen, wurde ebenso möglich wie die Entwicklung einer so guten Mensch-Maschine-Schnittstelle, dass ein Mensch den Unterschied zwischen einem Rechner und einem anderen Menschen nicht feststellen kann. Leider sind Programme durch diese Art der Programmierung inzwischen dermaßen unverständlich geworden, dass

es in der Union maximal tausend, vielleicht auch nur einige hundert Personen gibt, welche die Feinheiten asequenzieller Programmierung vollständig erfasst haben und nutzen können.

Eine zweite Revolution entstand durch die Entwicklung komplexer, selbstmodifizierbarer Programme aufbauend auf evolutionärer Algorithmenentwicklung. Während Programme bereits in der Anfangsphase der Programmierung mächtige Modifikationen an zugewiesenen Daten durchführen konnten, blieb die erste eigenständige Veränderung eines Programmes im großen Stil, von einigen laienhaften Versuchen abgesehen, den Systementwicklern des späten 22. Jahrhunderts vorbehalten. Wie bei jeder großen Entdeckung dauert es seine Zeit, bis selbstmodifizierende Systeme den Durchbruch schafften - seit dem 23. Jahrhundert haben sie jedoch vor allem den Bereich der lernenden Systeme wie Agentensysteme, Wissensbasen oder Entscheidungssysteme grundlegend erneuert und verbessert.

Agentensysteme

Menschen bedienen inzwischen Computersysteme nur noch in seltenen Fällen direkt; in der Regel nutzt man eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, welche optimal auf den individuellen Nutzer angepasst ist. Diese Schnittstelle wird häufig in ein sogenanntes Agentensystem integriert. Zur Nutzerseite benimmt sich dieses wie eine Persönlichkeit, wodurch selbst unbedarfte Menschen keine Probleme mit der Bedienung von Computern haben, da man den Computer wie einen Menschen behandeln kann. Zur Aktionssseite der anderen Programme besitzt es volle Handlungsfreiheit zur Kommunikation mit anderen Computersystemen. Dabei kann man sich die entsprechenden Dialoge zwischen den verschiedenen Maschinen durch sein Agentensystem erklären lassen oder diese Funktion ausschalten, wodurch diese Kommunikation verdeckt durchgeführt wird.

Zur Kommunikation mit Menschen nutzen Agentensysteme in der Regel holografische Anzeigen zur Darstellung einer virtuellen Persönlichkeit (es gibt Agentensysteme von beiden Geschlechtern) sowie Lautsprechersysteme für eine akustische Verständigung. Mikrofone und stereoskopische Kameras werden im kompletten Einflussbereich des Agentensystems installiert und bzw. oder in einer mobilen Roboter-Einheit, einem so genannten Servomodul, untergebracht, welche Funkkontakt mit dem in der Regel stationären Agentensystem hat. Diese Systeme können sich auch durch die Informationsnetze einer Kolonie bewegen und sind damit recht beweglich. Bei Bedarf können sie auch eine Datenkopie von sich anlegen, um sich über transportierbaren Speichermedien auf ein anderes Netz übertragen zu können. Bei diesem Prozess geht jedoch bei Neuronal- oder Nanitenrechnern wegen der Aufhebung der Prozessor-Speicher-Trennung ein gewisser Teil verloren oder es kann wegen begrenzter Ressourcen nur ein Teil übertragen werden, weswegen diese Maßnahme nur als Notlösung gedacht ist. Der abgetrennte Teil kann unabhängig vom Hauptsystem lernen, und beide Teile können bei einem verlustfreien Kontakt miteinander wieder verschmelzen und ihre Erfahrungen zusammenführen.

Neben dem Haupteinsatzgebiet, der Kommunikation mit verschiedenen Arbeitsprogrammen und Schnittstellenprogrammen, werden Agentensysteme noch für die Haushaltsführung von automatischer Bestellung des täglichen Bedarfs oder besonderer Anschaffungen, der Steuerung der Einrichtung wie z.B. Küche, Luftaufbereitung und -temperierung oder Bad, und zur Kommunikation mit Wissensbasen zur Datenbeschaffung und Informationssuche. Teilweise werden sie auch als Alarmsystem zur Wohnungsüberwachung und zum Abhören von Räumen genutzt, wobei letzteres außerhalb der eigenen vier Wände zwar unter Überwindung einiger Sicherheitssperren theoretisch möglich, jedoch selbstverständlich illegal ist.

Arbeitsprogramme

Reine Arbeits- und Anwendungsprogramme sind die ersten aller Computerprogramme gewesen und besitzen immer noch einen großen Anteil an den am häufigsten genutzten Computerprogrammen. Ihre Programmierung ist im Vergleich zu anderen Systemen zwar nicht minder umfangreich, jedoch wesentlich weniger anspruchsvoll. Einzelne Komponenten dieser Systeme könnten auch anderen Softwaregattungen zugerechnet werden - vor allem im Bereich der Benutzerschnittstellen, falls die Bedienung dieser Programme nicht über Agentensysteme läuft. Beispiele für Überschneidungen sind Sprach- und Schrifterkennung von solchen Programmen. Die integrierten Benutzerschnittstellen von Arbeitsprogrammen arbeiten in der Regel sprach- und gestengesteuert, wobei als Eingabemedien Mikrophone und stereoskopische Kameras dienen. Als Ausgabemedien werden meistens holografische Anzeigen oder 2D-Schirme sowie Lautsprechersysteme genutzt.

Typische Beispiele für Arbeitsprogramme sind Mediasysteme für die Erfassung, Bearbeitung und

Präsentation verschiedener Medientypen (Texte, Bilder, Videos, Klänge, Gerüche, Neurostimulationen), Kommunikationssysteme für die Abwicklung von Ferngesprächen, Informationsnetzsysteme für die Kontrolle der Netze z.B. einer Kolonie, und die klassische Datenverarbeitung. Ein weiterer wichtiger Bereich der Arbeitsprogramme liegt im Unterhaltungssektor - Spielprogramme fallen ebenfalls unter diese Kategorie.

Die ungeheure Vielschichtigkeit des Marktes an Arbeitsprogrammen macht Aussagen über Verfügbarkeit und Legalität von Programmen dieser Kategorie sehr schwer. Tendenziell sind aber Arbeitsprogramme, von den besten, neusten und teuersten Modellen abgesehen, überall leicht erhältlich. Im Unterhaltungssektor gibt es einige Spiele, die jedoch als verboten gelten und auf deren Besitz oder Weitergabe hohe Geldstrafen stehen. Außerdem existieren auch andere Arbeits- und Anwendungsprogramme, die gegen gültiges Recht verstoßen und verboten sind.

Entscheidungssysteme

Die fortschreitende Entwicklung, Computer nicht nur zur Entscheidungshilfe für Menschen zu nutzen, sondern selbstständig Entscheidungen fällen zu lassen, wurde über lange Zeit durch die juristische Fragestellung, wer im Falle einer Fehlentscheidung haftbar gemacht werden kann, aufgehalten oder verzögert. Nachdem die Softwareunternehmen ihren Haftungsausschluss bei Entscheidungssystemen durchsetzen konnten, wurde in der nächsten Phase der Entwicklung eine Unmenge an Programmen veröffentlicht, aus denen sich erst mit der Zeit die qualitativ hochwertigen Systeme heutiger Jahre hervorhoben und durchsetzten. Trotzdem existiert gerade in diesem Bereich eine Vielzahl von selbstgestrickten Systemen, denen man besser nicht sein Leben anvertrauen sollte.

Entscheidungssysteme existieren in vielen Lebensbereichen und werden aufgrund der Ausübung eines Berufs oftmals als „VP's“, virtuelle Personen, bezeichnet. Weit verbreitete VP's sind virtuelle Vermögensverwalter zur Erstellung von Anlageempfehlungen, Arztsysteme unter anderem zur Diagnostik von Infektionen oder für mikro- und nanochirurgische Eingriffe, Analyseprogramme in Technik und Forschung bis hin zu taktischen Programmen für Verteidigungs- und Angriffssysteme eines Kriegsschiffes oder einer Station. Genauso findet man solches Systeme im Bereich der Verkehrssteuerung, in Lebenserhaltungssystemen oder der Steuerung von Datenflüssen. Entgegen möglicher Vermutungen über die Entstehung des Begriffs VP besitzen diese Systeme weder ein eigenes Bewusstsein noch über eine ausgefeilte Mensch-Maschine-Schnittstelle. Wenn überhaupt, so kommunizieren diese Systeme tendenziell eher mit dem Agentensystem eines Menschen statt mit ihm selbst. Entscheidungssysteme, die zusätzlich manipulative Fähigkeiten benötigen, werden manchmal zusammen mit verschiedenen Hardwarekomponenten und entsprechenden Schnittstellenprogrammen auf einer mobilen Einheit untergebracht, um eine höhere Beweglichkeit zu ermöglichen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist der „Blecharzt“, ein chirurgische Roboter in der Medizin.

Da Entscheidungssysteme in der Regel teuer und schwer zu beschaffen sind, sind viele potentielle Käufer dazu geneigt, sich kleine Lösungen für wenig Geld programmieren zu lassen. Diese Systeme haben jedoch häufig schwerwiegende Fehler, welche das eine oder andere Unternehmen, welches bei der Anschaffung eines solchen Systems zu sehr gespart hat, schon einmal in den Ruin getrieben hat. Außerdem ist es verboten, nicht auf Sicherheit geprüfte Entscheidungssysteme an Positionen laufen zu lassen, wo Fehlentscheidungen zu Todesfällen führen können. Trotzdem findet man immer wieder solche Systeme illegalerweise in lebenskritischen Umgebungen eingesetzt - es ist unerklärlich, warum zum Beispiel so viele Weltraumkolonien gerade am Bereich Lebenserhaltung sparen. Auf dem Schwarzmarkt sind außerdem viele der Systeme zu günstigeren Preisen zu haben, welche die Sicherheitsprüfung nicht bestanden haben, jedoch trotzdem illegal verkauft werden.

Schnittstellenprogramme

Da nahezu jedes elektronische Gerät inzwischen mit programmierbaren Prozessoren ausgestattet ist, dient diese Programmattung ausschließlich dazu, um einen fehlerfreien Betrieb dieser Geräte zu gewährleisten. Programme dieser eher unspektakulären Kategorie finden sich so gut wie in jedem technischen Gerät und steuern dort Datenerfassung, Datenaufarbeitung, Bewegungen von mobilen Einheiten oder andere Eigenschaften und Funktionen der Geräte.

Durch die Programmierbarkeit der technischen Einrichtungen vor allem in den Bereichen Medizin, Verkehr, Datenübertragung und kolonialer Kontrollsysteme z.B. für Lebenserhaltung existiert im Bereich der Schnittstellenprogramme ein harter Wettbewerb statt. Damit durch die niedrigen Preise die Qualität der Programme nicht leidet, existieren wie auch bei den Entscheidungssystemen

Sicherheitsprüfungen für Programme in lebensentscheidenden Bereichen. Leider kommt es auch hier nur allzu häufig vor, dass zum Beispiel irgendwelche selbsternannten Chefindenieure von Kleinstkolonien eigene, ungeprüfte Programme für die Datenauswertung von Kälteschlafkammern nutzen, welche dann nicht genau genug arbeiten oder ausfallen - mit tödlichen Folgen für die Insassen der Kammer.

Standardversionen von Schnittstellenprogrammen sind fast überall und zu günstigen Preisen erhältlich, während die wesentlich teureren Spezialanfertigungen, welche auf einzelne technische Geräte maßgeschneidert sind, nur selten außerhalb der Hauptwelten der Union überhaupt erhältlich sind. Bei sensiblen Anwendungsgebieten kann man legal nur die Software erstellen, welche entsprechende Sicherheitsüberprüfungen erfolgreich bestanden hat.

Wissensbasen

Die heutigen Arbeitstiere der Computersoftware sind eindeutig die Wissensbasen, welche sich im Laufe der Zeit aus den Arbeitsprogrammen entwickelt haben, aufgrund ihrer Bedeutung jedoch inzwischen eine eigenständige Kategorie bilden. In einer Gesellschaft, in der die richtigen Informationen weitaus mehr Wert besitzen als Dienstleistungen oder produzierte Güter, hat die Pflege von Datenbeständen diese zum Dreh- und Angelpunkt der Gesellschaft werden lassen. Durch die Einschränkungen interstellarer Kommunikationstechnik kann man zwar nicht von jedem Punkt der Union aus umfangreiche Informationen beziehen; in jeder größeren Kolonie existiert jedoch von den meisten Wissensbasen eine lokale Kopie, welche von den entsprechenden Betreibern mit Hilfe von Kurierschiffen regelmäßig gewartet wird. Die Wissensbasen sind mit intelligenten Suchsystemen ausgestattet, dessen Ergebnisse durch Zusammenarbeit mit dem Agentensystem eines Anfragenden zusätzlich verbessert werden können.

Wissensbasen werden nach ihrer öffentlichen Zugänglichkeit in vier Klassen aufgeteilt. Kostenlos abrufbare, allgemeine Wissensbasen der öffentlichen Hand wie die Forschungsreferenz ARCHIMEDES, das galaktische Lexikon GALAXIKON, der Nachrichtendienst DAILYNEWS oder das öffentliche Personenregister PEOPLEX werden zur Klasse I zugeordnet, bei der keinerlei Sicherheitssperren zum Lesen der Informationen existieren. Im PEOPLEX steht es übrigens jeder Person frei, zum Einen Standardinformationen über sich zu veröffentlichen und zum Anderen sich, seine Interessen oder beliebig anderes nach Lust und Laune präsentieren und veröffentlichen kann. Dementsprechend anarchisch geht es teilweise auch im PEOPLEX zu. Schreibzugriffe sind bei Klasse I-Wissensbasen zwar geschützt, aber für einen geschickten Hacker kein ernsthaftes Hindernis. Es existieren auch zugangsbeschränkte Wissensbasen der Klasse I. Hierbei handelt es sich um gebührenpflichtige Informationsdienste jeglicher Art, allen voran Unterhaltungssender. Es existieren zwar häufig auch werbefinanzierte Versionen dieser Dienste, jedoch sollte man hierbei Vorsicht walten lassen, da einige Werbepraktiken äußerst aggressiv sind und auch vor der (illegalen) Umprogrammierung persönlicher Agentensysteme nicht Halt machen.

Der standardmäßige Schutz von Wissensbasen entspricht der Klasse II. Da durch die komplette Vernetzung nahezu sämtlicher Rechner einer Kolonie alles theoretisch von überall aus zugänglich ist, werden mit dieser Klasse schützenswerte Daten von unbefugten Personen ferngehalten. Die typischen Beispiele sind persönliche Datenbanken von Privatpersonen sowie Wissensbasen in der öffentlichen Verwaltung wie Einwohnermeldung, Finanzdaten, Verkehrszulassungen bis hin zu Entsorgungsdaten und der Belastung von Lebenserhaltungssystemen. Auch die im Datennetz erstellten Protokolle der geführten Kommunikationen werden auf diese Art und Weise geschützt. Greift ein Hacker mit ungeeigneten Werkzeugen an, verrät dieser sich beim Fehlschlag des Angriffes sofort und die Spur kann zu seiner Person zurückverfolgt werden. Entsprechende Werkzeuge, um die Spur eines Angriffes verwischen zu können, existieren zwar, sind aber selbstverständlich illegal.

Wissensbasen mit erhöhtem Schutz werden zur Klasse III zusammengefasst. Bei diesen Basen ist es nicht nur noch schwerer, sich illegal Zutritt zu verschaffen, sondern diese Basen sind auch in der Lage, bei einem Angriff eine Gegenattacke auszuführen, um die Identität der Angreifers trotz Verschleierungsmechanismus zu entlarven. Aber auch hier gibt es entsprechende (illegale) Täuschsysteme, welche vor der Entlarvung schützen sollen. Typische Anwendungsbeispiele für Klasse III-Wissensbasen sind entsprechende Informationsdienste und Datenbanken in den Bereichen Militär und den oberen beiden Ebenen der Regierung (Union und Kolonien). Auch schützen viele Unternehmen ihre internen Daten durch Klasse III-Wissensbasen vor der Konkurrenz.

Die vierte Sicherheitsstufe von Wissensbasen wird nur in relativ eingeschränkten Bereichen genutzt.

Die Behörde für Innere Sicherheit ISA, der Terranische Nachrichtendienst TES, der militärische Nachrichtendienst der Raumflotte SIS sowie weitere besonders sensitive Bereiche des Militärs schützen ihre Informationen und Kommunikationen durch Klasse IV-Wissensbasen. Ein weiterer Nutznießer sind außenpolitische Missionen und Arbeiten, auch wenn befürchtet wird, dass zumindest die Arnesh in der Lage sind, diesen Schutz zu umgehen. Außerdem sollen einige multistellare Großunternehmen wie Graysoft und Telesoft einige Konzerninformationen durch Klasse IV-Wissensbasen schützen. Es ist unnötig zu erwähnen, dass man als Privatperson so gut wie keine Chance hat, einmal hinter die Kulissen dieser Sicherheitssperren zu schauen. Aber es soll auch in diesem Bereich Programme geben, die diese Wissensbasen relativ risikolos angreifen können.

Kommunikation

Leider ist es immer noch Utopie, zum Beispiel ein Gespräch von der Erde aus mit einem Gesprächspartner in einer entfernten Kolonie zu führen. Dies liegt an den unterschiedlichen Kommunikationsmedien, welche die gewaltigen Entfernungen überbrücken müssen. Während die planetare Kommunikation schon bereits zum Anfang des 23. Jahrhunderts bis zur Perfektion getrieben wurde, haben die stellare Kommunikation innerhalb eines Systems und die interstellare Kommunikation zwischen zwei Sonnensystemen noch einen weiten Weg bis zur kostengünstigen und schnellen Übertragung. So ist vor allem in der interstellaren Kommunikation ein Kurierschiff immer noch der häufigste und günstigste Weg der Übertragung großer Informationsmengen.

Radiowellenkommunikation

Radiowellenkommunikation ist eigentlich ein veraltetes Prinzip. Sie wird nur noch gelegentlich eingesetzt, unter anderem bei Situationen, wo aufgrund fehlender Infrastruktur keine Laserkommunikation möglich ist, sowie manchmal bei der Kommunikation zwischen Planetenoberfläche und Orbitalstationen. Durch die begrenzte Übertragungsraten sind bei Gesprächen lediglich zweidimensionale und keine holografischen Ansichten möglich. Da sich die Signale mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, eignet sich Radiowellenkommunikation auch nicht zur interplanetaren oder gar interstellaren Kommunikation. Gleichzeitig verursacht der Sonnenwind auch nicht zu vernachlässigende Störungen in der Radiowellenkommunikation im Weltraum.

Einen Vorteil bieten jedoch Radiowellen im Vergleich zu Lasern und Quanten: Während die letzten beiden Verfahren ausschließlich Direktverbindungen zwischen zwei Gesprächspartnern sind, sofern die Signale nicht anderweitig weitergeleitet werden, ist mit Radiowellen ein echter Rundfunkbetrieb möglich, da das Signal sowohl gerichtet als auch in alle Richtungen abgestrahlt werden kann.

Laserkommunikation

Auch wenn Laserkommunikation inzwischen von der Technik ziemlich in die Tage gekommen ist, erweist sie sich mit Abstand als kostengünstigstes Kommunikationsmedium. Da in der Regel Atomlaser genutzt werden, die sich durch eine äußerst kurze Wellenlänge auszeichnen, lassen sich Übertragungsraten von einigen Exabyte (Milliarden Gigabytes) pro Sekunde realisieren, was sich für jede Form der Kommunikation als vollständig ausreichend erwiesen hat. Selbst holografische Daten lassen sich so für eine Kommunikation leicht übertragen. Somit ist Kommunikation über Laser auf planetarer Basis schnell und effizient. Da Atomlaser jedoch nur in Vakuum funktionieren, läuft die Kommunikationsverbindung zwischen der Planetenoberfläche und im Orbit befindlichen Zielen mit langwelligeren Lasern bei einer Rate von einigen hundert Gigabyte pro Sekunde, bei besonders störenden Atmosphären bedient man sich manchmal auch noch der Radiowellen.

Der entscheidende Nachteil der Laserkommunikation besteht jedoch darin, dass sich die Informationen nur mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten können. Somit wird bei Signallaufzeiten von mehreren Minuten bis Stunden eine interaktive Kommunikation zwischen Gesprächspartnern auf zwei verschiedenen Planeten eines Sonnensystems unmöglich. Genauso sind Daten, bei denen es auf eine schnellstmögliche Verbreitung ankommt, im Bereich der interplanetaren Kommunikation bei dem Verfahren der Quantenkommunikation besser aufgehoben. Im Bereich interstellarer Kommunikation zwischen zwei Planeten von unterschiedlichen Sonnensystemen sorgen die jahrelangen Signallaufzeiten dafür, dass Laserkommunikation vollkommen nutzlos wäre. Zusätzlich wären die genutzten Laser nicht für die Übertragung auf solche große Strecken hinweg ausgelegt.

Quantenkommunikation

Diese Technologie existiert seit etwa hundert Jahren, während das Prinzip bereits im späten 20. Jahrhundert diskutiert wurde. Die Grundlage dieser Kommunikation bilden sogenannte verschränkte Quantenpaare. Ändert man an einem der Quanten durch eine Messung den Zustand des Quants, so wird auch vom anderen Quant dieser Zustand ohne Zeitverlust angenommen, unabhängig von der Entfernung zwischen den beiden Quanten. Dadurch eignet sich dieses Verfahren trotz seiner relativ geringen maximalen Übertragungsrates im Gigabytebereich (pro Sekunde) sehr gut für Übertragungen über große Distanzen hinweg. Leider musste festgestellt werden, dass Quanten in der Nähe eines größeren Stromraumportals ihre Verschränkung verlieren, wodurch sich diese nicht mit Überlicht transportieren lassen und außerdem in der Nähe (ungefähr 3,5 Lichtminuten) von Kommunikationszentralen auf Quantenbasis keine Überlichtsprünge gemacht werden dürfen. Die einzige Möglichkeit, Quanten vor der Trennung der Verschränkung zu schützen, besteht in einem dicken Mantel der Kommunikationseinheit aus Grastatium - was sich nur die Erde und wenige der reichsten Kolonien leisten können. Ansonsten ist auch aus diesem Grund das direkte Anspringen von Zielplaneten nicht erlaubt, sondern die Sicherheitsdistanz von 5 Lichtminuten ist zu wahren.

Im Bereich der interplanetaren Kommunikation innerhalb eines Systems wird die Quantentechnologie häufig genutzt und ist dort Garant für den sofortigen Informationsaustausch zwischen Planeten. Im interstellaren Bereich konnten bisher erst in wenigen Systemen Quantenkommunikatoren installiert werden, da diese mit Unterlicht zu den entsprechenden Systemen gebracht werden müssen. Vollständige interstellare Kommunikationsverbindungen auf Quantenbasis existieren daher nur zwischen Sol, Epsilon Eridani, Barnards Stern, Epsilon Indi, Tau Ceti, Sirius und dem Strafvollzugssystem Ross 154. Diese Systeme sind vollständig untereinander vernetzt, während zusätzlich noch einige andere Systeme untereinander Quantenverbindungen haben. Abgesehen vom obigen vollständigen Verbindungsnetz im Terranischen Gürtel existieren momentan noch 33 andere Quantenverbindungen, davon 16 im Kernbereich der UTC, 5 im Westen der Union und 10 im militärischen Sperrgebiet; die restlichen zwei Verbindungen werden von der Raumflotte im oberen Teil der Union genutzt.

Tachyonenkommunikation

Dieses Verfahren macht sich zunutze, dass überlichtschnelle Teilchen aus dem Stromraum an einem Portal durch Neutrinos in ihrem Zustand verändert werden können bzw. Neutrinos einer bestimmten Art in eine andere Art umwandeln können. Dieser Effekt, der Tachyonneutrinooszillation genannt wird und 2173 erstmals rudimentär genutzt werden konnte, liefert die Grundlage der beinahe gesamten Überlichtkommunikation der Union, von den einzelnen Quantenverbindungen der Hauptwelten abgesehen. Leider existiert immer noch eine gewisse Trägheit bei der Übertragung, da die Oszillation nicht schnell genug für eine hohe Übertragungsdichte nachgewiesen werden kann und sich Tachyonen scheinbar nur widerwillig in ihrem Zustand ändern lassen. Dadurch kommt es zu einer relativ geringen Übertragungsrates von nur 220 Bit pro Sekunde, womit sich Tachyonenkommunikation nur zur Übertragung von kurzen Textnachrichten und Bestätigungen eignet. Trotzdem ist, abgesehen von Kurierschiffen, dies häufig die einzige Möglichkeit für kleinere Kolonien, den Kontakt zum Rest der Union aufrecht zu erhalten. Die Übertragungsrates wird dabei durch verschiedene Kodierungstechniken, bei denen Wörter und teilweise ganze Sätze durch eine Codierung ersetzt werden, und durch Komprimierung bei normalem Text auf bis das Zehnfache gesteigert. Leider sind die entsprechenden Kommunikationssysteme groß und teuer; dies liegt daran, dass Tachyonkommunikatoren in der Lage sein müssen, ein zumindest mikroskopisch großes Stromraumportal zu öffnen. Zusätzlich benötigen die Systeme bei Verwendung von Wortcodierung umfangreiche Sprachdatenbanken der verschiedenen Sprachen der Erde und bei Verwendung von Verschlüsselung entsprechende Chiffrieralgorithmen. Da sich Tachyonen scheinbar unabhängig von den Strömungen im Stromraum bewegen können, kann man unabhängig von der Position des Schiffes oder der Funkstation in jede beliebige Richtung der Galaxis „senden“.

Tachyonenkommunikation besitzt eine beschränkte Reichweite, da die beeinflussten Tachyonen bei zunehmender zurückgelegter Entfernung ihren Zustand verlieren, sich verstreuen und außerdem kontinuierlich beschleunigen, wodurch sie ab einer bestimmten Geschwindigkeit nicht mehr registriert werden können. Mit Standardsensoren in der Kommunikationseinheit sind damit bis zu 50 Lichtjahre in guter Qualität möglich, während bei Spezialstationen durch besondere Sensortechniken und Tachyonmanipulation Entfernungen bis zu 100 Lichtjahren überbrückt werden können. Darüber hinaus

nimmt jedoch die Übertragungskapazität drastisch ab. Die genannten Entfernungen beziehen sich auf gerichtete Kommunikation; im Streufunkbetrieb kann nur ein Fünftel dieser Entfernung erreicht werden und stört damit außerdem sämtliche Kommunikation im umliegenden Bereich.

Kurierschiffe

Als einzige Möglichkeit für die kleinsten Kolonien, den Kontakt zur Außenwelt nicht zu verlieren, bieten sich natürlich Kurierschiffe an. In der Regel handelt es sich dabei um kleinere stromraumtaugliche Schiffe, welche die kleinen Kolonien ein- oder zweimal in der Woche anfliegen und dabei aktuelle Nachrichten übermitteln, Post verteilen und aufnehmen sowie auch in stark beschränktem Maße Güter transportieren. Die Schiffe sind häufig klein und wendig gehalten, damit die Unterlichtzeiten dieser Schiffe so kurz wie möglich sind. Transportieren die Schiffe ausschließlich Informationen, docken diese Schiffe häufig nicht einmal an und übertragen ihre Daten häufig auf Laserbasis an die Empfangsstation. Meistens werden diese Schiffe aber ebenfalls zur Versendung von kleineren Frachtmengen und Personen genutzt, damit zu den entlegenen und häufig auch schwerer erreichbaren Kolonien nicht zusätzliche Frachtschiffe fliegen müssen. In der Regel werden solche Kurierschiffe von Privatpersonen oder kleinen Unternehmen betrieben, wobei die Schiffe in der Mehrzahl der Fälle im Besitz von Konzernen oder Handelsgilden sind.

Datenerfassung

Die gesamte Informationstechnologie baut natürlich auf Systemen auf, welche die entsprechenden Daten liefert oder bereitstellt, damit diese verarbeitet oder übertragen werden. Die üblichen Eingabemedien, mit denen Menschen ihre Gespräche, Nachrichten, Berichte oder andere multimediale Informationen direkt in ein System einspeisen können, sind dabei nur ein Aspekt der Sensortechnologien, welche für die Erfassung von Daten genutzt werden. Die entsprechenden Grundlagen dafür werden zwar bis auf die Stromraumsensoren seit mehreren hundert Jahren genutzt, können aber natürlich durch die Zuhilfenahme der Computertechnologie sowie systemeigener Verfeinerungen erheblich bessere und genauere Daten liefern als ihre Vorgänger. Auch wenn zum Beispiel das Beobachten einzelner Personen anhand von bioelektrischen Signalen aus dem Orbit weiterhin unmöglich bleibt, so ist in gewissem Rahmen eine optische Beobachtung auf diese Entfernung möglich.

Eine solche Überwachungsmöglichkeit sorgt natürlich auch für sozialen Zündstoff. Leider haben Gesetze und Vorschriften aufgrund der schlechten Überprüfbarkeit der Durchsetzung an einigen Orten in der Union nur geringen Erfolg, wodurch man sich dort vor einer Überwachung kaum schützen kann. Da viele Sensoren mit ihrer Datenerfassung außerdem in den Datennetzen einer Kolonie oder Station integriert sind, lässt sich so eine nahezu vollständige Überwachung einer Person einrichten, sofern man die entsprechenden Sicherheitsschranken umgehen kann.

Eingabemedien

Das am häufigsten verwendete Eingabemedium von Computern ist inzwischen die Spracherkennung. Computer sind inzwischen problemlos in der Lage, selbst von verschiedensten menschlichen Stimmen ohne Lernphase Kommandos zu akzeptieren und auszuführen. Hierzu genügt es, vor der Aktivierung der Spracherkennung ein entsprechendes Sprachmodul zu initialisieren. Als zweites häufig genutztes Eingabemedium existieren noch Eingabetabletts, die in der Lage sind, in gewissen Rahmen Handschriften zu lesen und zu erkennen. Die entsprechenden Systeme benötigen allerdings ein relativ sauberes Schriftbild zum Lesen.

Ältere Eingabemedien wie Tastaturen oder mechanische Regler sind allerdings ebenfalls noch häufig im Einsatz, vor allem an Stellen, wo mehrere Personen gleichzeitig verschiedene Systeme bedienen müssen oder andere Kommunikation zum Beispiel zwischen mehreren Menschen vorherrscht. Auch wenn die Spracherkennung selbst in solchen Fällen nur selten versagt, wird sie bei sicherheitsrelevanten Systemen nur selten eingesetzt. In einigen Bereichen sind über Regler und Schalter auch schneller eingegeben als über Sprachkommandos. Hier finden sich auch noch herkömmliche Eingabegeräte.

Die Eingabe von Daten und Befehlen direkt aus dem Gehirn ist relativ neu und existiert in zwei Varianten. Bei einem System werden die Gehirnströme gemessen und versucht zu interpretieren. Dieses Verfahren ist momentan noch sehr fehleranfällig, hat aber den Vorteil, dass man solche Systeme bedienen kann, ohne chirurgische Eingriffe an sich vornehmen lassen zu müssen. Es müssen lediglich

mehrere Sensoren in Kopfnähe existieren, was am bequemsten durch Aufsetzen eines entsprechenden Helmes geschieht. Ein anderes Verfahren besteht darin, sich eine neuronale Kontrollschnittstelle in dem Kopf zu implantieren, die mit Hilfe von Glasfaserleitern oder einem kleinen Funksender die Kontrollsignale an den Rechner schickt. Dieses Verfahren ist inzwischen ausgereift und wird vor allem von Piloten gern genutzt.

Häufig ist nicht nur die reine Eingabe notwendig, sondern die Auswahl von etwas Dargestelltem, wofür ein Zeigeinstrument notwendig ist. Wofür früher Computermäuse oder berührungsempfindliche Anzeigen genutzt wurden, tasten inzwischen Miniaturkameras die Augenposition des Anwenders ab und ermitteln so seine Auswahl. Das Verfahren funktioniert mit mehreren Kameras auch stereoskopisch bei 3D-Anzeigen. Diese Verfahren haben alternative Zeigetechniken fast vollständig verdrängt.

Passive Sensoren

Passive Sensorsysteme bauen darauf auf, dass ein abzutastender Körper entweder selbständig erfassbare Strahlung aussendet, hinter ihm liegende Strahlungsquellen absorbiert oder an entsprechenden Testobjekten wahrnehmbare Kräfte oder Reaktionen durchführt. In diese Kategorie fallen Systeme wie Kameras, Mikrophone, Geigerzähler, Schwerkraftmesser sowie Detektoren zum Nachweis von Infrarotstrahlen, Radiowellen, aber auch Neutrinos, Chemikalien wie Giftstoffen und sogar Krankheitserreger. Soll die Absorptionsstärke eines Testobjekts gemessen werden, ist es natürlich noch nötig, eine entsprechende Strahlungsquelle hinter das Objekt zu platzieren. Wenn ein Objekt je nach genutzter Sensortechnik keinerlei eigene Strahlung aussendet oder für Strahlung durchlässig ist, kann es mit passiven Sensoren auch nicht erfasst werden.

Vier besonders wichtige Einsatzgebiete für passive Sensoren sind das Kommunikationswesen, die Medizin, mobile Sensorenteknik und stationäre Sensorenteknik für Stationen und Raumschiffe. So sind bei der Kommunikation Empfangsstationen als passive Sensoren unverzichtbar, in der Medizin werden Passivsensoren in vielen Variationen zur Diagnose eines Patienten genutzt: Lebensfunktionen werden überprüft, das Blut oder die Gewebeprobe eines Patienten auf eine vermutete Infektion oder einen Giftstoff untersucht oder ein Knochenbruch geröntgt. Anstelle der Entnahme von Blut- oder Gewebeproben werden gerade bei unzugänglichen Stellen wie im Gehirn manchmal auch mit Sensoren ausgerüstete Naniten genutzt, welche die Sensoranalysen vor Ort vornehmen können.

Im Rahmen der mobilen und stationären Sensortechnik werden passive Sensorsysteme vor allem zur Erfassung von elektromagnetischer Strahlung genutzt, wo mit Hilfe von teilweise mächtiger Software die Daten aufbereitet und analysiert werden. Dabei ist natürlich ein tragbarer Handscanner in Bezug auf Empfindlichkeit und Analysefunktionen bei Weitem nicht so leistungsfähig wie die Sensoren eines Schiffes. Haupteinsatzgebiete für Handgeräte sind beim Einsatz vor Ort geeignet und können häufig auch Materialproben analysieren, was aus dem Orbit nur schwer möglich ist. Außerdem kann die stark verkürzte Reichweite zu besseren Sensordaten führen: Während man mit Schiffssensoren zum Beispiel nur generell aufgrund von Bioelektrizität Lebensformen und deren Aufenthaltsort ausfindig machen kann, können Handscanner auf Entfernungen bis 200 m sogar Einzelindividuen verfolgen, sofern die Signale nicht abgeschirmt werden. Ähnliches gilt für Energieemissionen von technischen Geräten, wobei sich diese aber vom Orbit aus leichter lokalisieren und notfalls verfolgen lassen als die bioelektrischen Signale einzelner Lebewesen.

Stromraumsensoren stellen eine besondere Form von passiver Sensortechnik dar. Die einzige Möglichkeit, vom Stromraum Daten sammeln oder interstellare Kommunikationssignale empfangen zu können, besteht in der Beobachtung der durch Tachyonen entsprechend oszillierten Neutrinos. Dies geschieht am besten in der Analyse der Zerfallsvorgänge von Grastatium, da Neutrinos mit anderer Materie zu selten reagieren. Da bei diesem Vorgang jedoch Grastatium verbraucht wird, muss man diese Komponente regelmäßig austauschen, um die Funktionstüchtigkeit von Stromraumsensoren bzw. Tachyonempfangsgeräten zu gewährleisten. Bei Ausfall dieser Komponenten ist beispielsweise ein Raumschiff nicht mehr in der Lage, aus eigener Kraft unmarkierte Absprungstellen zu überlichtschnelle Reisen zu finden oder zielgerichtete Überlichtkommunikation zu betreiben, da man weder den Empfänger anpeilen noch Übertragungen empfangen kann - lediglich ein im Streufunk abgegebenes Notsignal kann dabei helfen, aus der misslichen Lage wieder zu entkommen.

Aktive Sensoren

Im Gegensatz zu passiven Sensoren senden aktive Sensoren ein Signal aus, welches vom Testobjekt

eventuell leicht verändert reflektiert wird. Somit lassen sich zum Einen die Existenz und Position sowie aufgrund möglicher Veränderungen des Signals auch zusätzliche Informationen über das abgetastete Objekt in Erfahrung bringen. Ein typisches Beispiel dieser Technik ist der Radar, der als Multifrequenzradar zur Ortung und teilweise zur Identifikation von Raumschiffen genutzt wird. Dieser sendet in mehreren Frequenzbändern Signale aus, um so zusätzliche Information über die Umgebung sammeln zu können. Da aktive Sensoren jedoch doppelt so lange Signallaufzeiten besitzen wie passive Sensoren, ist der Multifrequenzradar nur für Entfernungen bis etwa einer Lichtminute brauchbar, wo zwischen Aussenden des Signals und Empfangen der Reflexion ganze zwei Minuten verstreichen.

Auch aktive Sensoren lassen sich jedoch gerade im Weltraum relativ leicht täuschen. Kann nämlich an einem Objekt die Reflexion des Signals zurück zum Sender verhindert werden, so ist dieses Objekt für den Radar nicht sichtbar. Daher werden für die Ortung in der Regel aktive und passive Sensoren kombiniert, um Objekte zu erkennen, für die eine einzelne Sensorenteknologie blind ist.

Nanotechnologie

In den Augen vieler Sciencefiction-Autoren des späten 20. und frühen 21. Jahrhunderts entwickelte sich Nanotechnologie (*lat. nanus: Zwerg*) vom Steckenpferd zum Schreckgespenst. Winzige, mit den Augen nicht wahrnehmbare Maschinen sollten dabei das Leben der Menschen so revolutionieren wie nie eine Technologie zuvor. Ihre militärische Nutzung schien jeden Feind niederstrecken zu können, und mit der leichtfertig hinzugedichteten Fähigkeit der Selbstreproduktion sollten aus Nanorobotern bestehende Waffen in der Lage sein, binnen Stunden ganze Planetenoberflächen oder gar Planeten zu vernichten und Kolonien auszulöschen.

Die Nanotechnologie des anfangenden 24. Jahrhunderts hat mit solchen Hirngespinnsten hingegen nicht viel zu tun. Im Grunde genommen verdient sie (und die als Naniten oder Nanoroboter bezeichneten Miniaturroboter) kaum ihren Namen, da alle Miniaturroboter, die heutzutage erzeugt und genutzt werden, mindestens einen halben Mikrometer groß sind und somit die Größenordnung von Nanometern kaum erreichen. Diese Grenze hat sich als maximale Verkleinerungsstufe für einen autonom agierenden, sich in seiner Umgebung bewegenden Roboter herausgestellt. Bei noch kleineren Einheiten hat es sich als unlösbares Problem erwiesen, alle für einen Roboter notwendigen Systeme so auf dem begrenzten Raum unterzubringen, dass der Nanoroboter funktionstüchtig bleibt.

Nachdem es über drei Jahrhunderte lang nicht gelungen ist, die übertriebenen Erwartungen und Träume enthusiastischer Futurologen vollständig zu erfüllen, bleibt aber immer noch festzustellen, dass Nanoroboter sehr effiziente Werkzeuge geworden sind, die gerade im Bereich der Medizin nicht mehr wegzudenken sind. Auch in der Waffentechnik sind sie zu gefährlichen Gegnern geworden, wenn auch nicht auf so naive Weise, wie es ursprünglich angedacht war.

Bauelemente

Nanoroboter bestehen wie auch ihre größeren Kollegen aus verschiedenen Komponenten, mit denen sie in die Lage gebracht werden, sich fortbewegen, Informationen sammeln und autonom handeln zu können.

Antriebssysteme

Die Fortbewegungsmöglichkeiten eines Nanoroboters machen den größten Anteil seiner Konstruktion aus. Aus diesem Grund sind die meisten Nanoroboter auf ein einzelnes Medium wie Vakuum, Gase oder Flüssigkeiten sowie die Fortbewegung auf der Oberfläche von Festkörpern spezialisiert. Als Ausnahme besitzen größere Modelle manchmal Hybridsysteme, mit denen sie sich dann beispielsweise durch Luft und Wasser oder durch Luft und an Festkörpern entlang fortbewegen können.

Für das Vakuum sind Naniten prinzipiell am schlechtesten geeignet. Um einem Nanoroboter innerhalb eines Vakuums Bewegungsfreiheit zu ermöglichen, verwendet man in der Regel Miniaturausgaben von einfachen Ionentriebwerken. Hierbei erweist es sich als ernsthaftes Problem, dass der notwendige Treibstoffvorrat eines Nanoroboters die Möglichkeiten der Miniaturisierung sehr erschwert. Aus diesem Grund zählen Vakuumnaniten zu den größten Nanorobotern überhaupt; sie erreichen selten Größen unter 100 Mikrometern, wobei der größte Teil des Roboters von seinem Antriebssystem in Anspruch genommen wird. Diese Größe entspricht etwa der Breite einer Haarspitze.

In gasförmigen Trägermedien wie einer Atmosphäre kommen in der Regel Strahltriebwerke zum Einsatz, wo die Luft aufgeheizt und für einen Rückstoß genutzt wird. Um den Einfluss der Schwerkraft

auszugleichen, unter dem sich Naniten dieses Typs zusätzlich häufig zeitgleich befinden, wird dieser Typ meistens mit Tragflächen ausgestattet. Auch dies wirkt sich natürlich auf die minimal mögliche Größe dieser Naniten aus: Naniten dieses Typs sind in der Regel mindestens 20 Mikrometer groß. Es gibt auch Nanoroboter mit insektenartigen Flügeln, die dann allerdings mindestens 150 Mikrometer groß sind.

Bei medizinischen Anwendungen bewegt sich der Roboter meistens innerhalb des Blutkreislaufs oder anderer Gewebeflüssigkeiten. Daher kommen hier, wie auch bei allen anderen Nanitentypen, die für den Einsatz in Flüssigkeiten ausgerüstet sind, vor allem miniaturisierte Schrauben- und Strahltriebwerke zum Einsatz. Naniten mit dieser Antriebsart zählen zu den kleinsten möglichen Naniten und können bis auf eine Größe von 5 Mikrometern verkleinert werden, wodurch sie von ihrer Größe her in etwa mit roten Blutkörperchen vergleichbar sind. Noch kleinere Nanoroboter können nur dadurch konstruiert werden, indem man auf einen Eigenantrieb verzichtet.

Gerade beim Einsatz in einem Organismus besitzen Nanoroboter zusätzlich noch eine Art Stachelwalze, mit der sie sich an Zellwänden entlangbewegen können. Dieses Verfahren kommt auch häufig zur Anwendung, wenn sich Naniten entlang von Festkörpern bewegen müssen. Diese sind zusätzlich mit Miniaturfräsen und -bohrköpfen ausgestattet, um sich durch Festkörper hindurchzubewegen. Da allerdings das gewaltsame Durchbrechen eines Festkörpers auch für einen Naniten eine energieaufwändige Angelegenheit ist, müssen Nanoroboter dieses Typs über leistungsfähige Energiereserven verfügen. Aus diesem Grund können diese Naniten nur eine minimale Größe von etwa 15 Mikrometern erreichen und sind in der Regel stäbchenförmig gestaltet.

Energieversorgung

Nanoroboter sind Weltmeister im sparsamen Umgang mit Energie. Durch ihre geringe Größe besitzen sie in der Regel auch nur wenige Möglichkeiten, Energie zu erzeugen oder zu speichern. Neben Kondensatoren zum Speichern elektrischer Energie kommen häufig Solarzellen oder winzige Mengen radioaktiver Materialien zur Energiegewinnung zum Einsatz. Einige Nanoroboter besitzen auch die Möglichkeit, mit Hilfe von Verbrennung chemischer Substanzen Energie zu erzeugen. Dieses Verfahren wird besonders häufig bei medizinischen Naniten eingesetzt, die sich die dafür notwendigen Brennstoffe und den Sauerstoff aus der Umgebung besorgen können.

Eine andere Möglichkeit, die gelegentlich zur Energiegewinnung verwendet wird, besteht in der Ausnutzung von minimalen Temperaturschwankungen. Hiermit lässt sich zwar die notwendige Energie leicht gewinnen, als Nachteil müssen jedoch die Naniten verhältnismäßig groß (über 100 Mikrometer) sein, da sonst die Temperaturunterschiede für eine Ausnutzung zu gering sind.

Nanoroboter, die in einer geschlossenen Umgebung eingesetzt werden, lassen sich außerdem mit Hilfe von elektromagnetischer Induktion mit notwendiger Energie versorgen, indem in ihnen entsprechende Spulen als Generatoren integriert werden. Dieses Verfahren wird besonders dort eingesetzt, wo Nanoroboter für die Fertigung und Produktion genutzt werden. Aber auch beim Einsatz in Organismen im Rahmen der Medizin wird diese Methode der Energieerzeugung gerne genutzt, da die rotierenden Magnetfelder in der Regel ungefährlich für Lebewesen sind und die Induktionsspulen im Nanoroboter den Bau sehr kleiner Naniten erlaubt.

Datenerfassung

Für die Datenerfassung eines Naniten werden sowohl passive wie auch aktive Sensorsysteme eingebaut. Chemodetektoren sind in der Lage, bestimmte Moleküle zu identifizieren, auf die ein Nanoroboter stoßen kann. Außerdem kann das hochfrequente elektromagnetische Spektrum und damit auch einfallendes Licht in ihrem Umfeld analysiert werden. Hierzu werden in der Regel stereoskopische Systeme eingesetzt, um räumliche Darstellungen zu erhalten. Entsprechende Geräte sind in der Regel sehr empfindlich und können durch zu starke Strahlung leicht beschädigt werden, wodurch die entsprechenden Naniten unbrauchbar werden.

Als aktive Sensorsysteme erhalten Nanoroboter in der Regel irgendeine Möglichkeit, ihre Umgebung elektromagnetisch „auszuleuchten“, beispielsweise mit Licht oder Infrarotstrahlung. Hiermit sind sie in der Lage, ihre direkte Umgebung auch bei fehlenden elektromagnetischen Einflüssen zu untersuchen, um so z.B. Zielobjekte oder andere Naniten zu entdecken. Die maximale Reichweite der Ausleuchtung beträgt wenige Millimeter. Die hierdurch möglichen Daten sind allerdings nicht sehr detailliert, wie auch bei passiven Sensoren. Erst wenn man die Daten von vielen hundert oder tausend Nanorobotern auswertet, kann man beispielsweise größere Bilder oder detaillierte Darstellungen erhalten.

Kommunikation

Zur Kommunikation mit anderen Nanorobotern oder mit einem äußeren System verwenden Naniten ein Bauelement, das einen elektromagnetischen Richtimpuls mit einer Reichweite von mehreren Zentimetern aussendet, sowie entsprechende Empfangseinrichtungen. Die Kommunikation findet auf Basis von Infrarot- oder Lichtimpulsen statt, da wegen ihrer Größe langwellige Kommunikation wie Radiowellen nicht möglich sind. Erreichen die Roboter eine Größe von über einem halben Millimeter, können auch Mikrowellen zur Kommunikation genutzt werden.

Kommunikation und Kooperation unter Nanorobotern ist ein sehr wichtiges Thema, da Naniten häufig in einer Form konstruiert werden, in der sie auf gegenseitige Hilfe angewiesen sind. So spezialisieren sich bestimmte Nanitentypen darauf, andere Nanoroboter mit Energie oder notwendigen Werkstoffen zu versorgen, Nanoroboter ohne eigenen Antrieb im Huckepackverfahren zu ihrem Einsatzort zu transportieren oder als Boten Befehle oder Informationen anderer Nanoroboter oder eines kontrollierenden äußeren Systems zu übermitteln.

Bei weiträumiger Kommunikation werden insbesondere bei Naniten im medizinischen Einsatz auch chemische Botenstoffe eingesetzt. Mit diesem Verfahren können Nanoroboter, die ein spezielles Einsatzziel gefunden haben, andere Naniten anlocken oder vertreiben. Mit diesem Verfahren sind Naniten übrigens außerdem in der Lage, in das Immunsystem eines Organismus aktiv einzugreifen und dieses teilweise zu steuern. Außerdem gibt es (bei der Kommunikation von Naniten untereinander) die Möglichkeit, in den Botenstoffen einige Bit an Information zu kodieren. Eine kompliziertere Kommunikation ist allerdings mit Botenstoffen nicht möglich.

Informationsverarbeitung

Zur Analyse von Sensordaten und zur Steuerung von Fortbewegung, Kommunikation oder Manipulationswerkzeugen verwenden Nanoroboter in der Regel optronische Bauelemente. Hierbei werden bevorzugt diskrete optische Prozessoren eingesetzt, die auch bei Extremtemperaturen zuverlässig arbeiten und gegen die elektromagnetischen Interferenzen, die auch von den anderen Bauelementen stammen und nicht abgeschirmt werden können, unempfindlich sind.

Als Speicherelemente werden in der Regel holografische Speicher verwendet. Da Schreiblesespeicher sich weitaus schlechter verkleinern lassen, sind das Betriebssystem und das Programm eines Nanoroboters in der Regel in Form von Nur-Lesespeichern integriert und damit nicht veränderbar. Lediglich ein relativ kleiner Arbeitsspeicher ist als Schreiblesespeicher gehalten. Gelegentlich erhalten Naniten auch einen zusätzlichen Speicher, der sich nur einmal beschreiben lässt und von der Miniaturisierung zwischen den Nur-Lesespeichern und Schreiblesespeichern liegt. In diesem Speicher werden dann häufig bestimmte unveränderbare Funktionsparameter des integrierten Programms hinterlegt.

Ist es bei einem Naniten gewünscht, dass sein Programm verändert werden kann, wirkt sich das negativ auf seine Größe aus. Frei programmierbare Nanoroboter sind je nach Komplexität der gewünschten möglichen Programmierung doppelt bis hundertmal so groß wie die vorprogrammierten Modelle. Abgesehen davon existieren für den Markt der frei programmierbaren Nanoroboter starke Einschränkungen, um den Missbrauch dieser Technologie zu vermeiden.

Manipulation

Die Manipulationsmöglichkeiten eines Nanoroboters konzentrieren sich darauf, Atome, Moleküle und insbesondere kleinere Atomgruppen und Molekülketten zu isolieren oder neu zu formieren. Mit Spezialwerkzeugen sind sie sogar in der Lage, einzelne Moleküle gezielt zu konstruieren oder die Bindungen zwischen den Atomen eines Moleküls aufzulösen. Dabei handelt es sich allerdings nicht um Universalwerkzeuge, die beliebige Änderungen an den Anordnungen von Atomen und Molekülen durchführen können, sondern jedes dieser Werkzeuge erlaubt nur sehr wenige Möglichkeiten, wie z.B. ausschließlich das Konstruieren von Diamantkristallen oder ausschließlich die Veränderung von Kohlenwasserstoffen zur Erzeugung von Polymeren.

Auch wenn sich diese Maßnahmen eher unscheinbar anhören, bieten sich damit Möglichkeiten, die mit keinem anderen Feinwerkzeug ähnlich effizient erreicht werden können. So ist die Produktion von reinsten Werkstoffen wie reinem Silizium oder Kohlenstoff ebenso möglich wie die gezielte Änderung der Erbmasse einer Zelle.

Ihren Einsatzgebieten entsprechend können Nanoroboter auch zusätzlich mit extrem feinen Nadeln oder ähnlichen Werkzeugen ausgestattet sein. Solche Werkzeuge werden insbesondere bei

Nanorobotern verwendet, die im menschlichen Körper oder anderen Organismen zum Einsatz kommen.

Anwendungsgebiete

Medizin

Mit Sicherheit der bedeutendste Anwendungsbereich von Naniten liegt in der modernen Medizin. Hierbei sind vor allem drei Hauptaufgaben von Nanorobotern zu erkennen: Erstens die Stärkung der körpereigenen Immunsystems, zweitens die beschleunigte Regeneration des Körpers und drittens die lokal angewendete Mikro- und Nanochirurgie.

Nanoroboter, die zur Stärkung des körpereigenen Immunsystems dienen, existieren in vielen verschiedenen Typen, die alle jeweils auf eine einzelne Aufgabe wie das Finden und Eliminieren eines bestimmten Virentyps spezialisiert sind. Neben der Bekämpfung von Viren und Bakterien übernehmen die Nanoroboter auch Aufgaben, die das körpereigene Immunsystem nicht selbst erfüllen kann, wie die Bekämpfung von schädlichen Naniten oder aber auch von degenerierten Prionen. Hiermit gelingt es beispielsweise den Medizinern, Krankheiten wie Creutzfeld-Jakob oder Alzheimer zu behandeln oder rechtzeitig vorzubeugen. Nahezu alle besseren Präparate, die zur Stärkung des Immunsystems angewendet werden, bauen auf Naniten auf, und entsprechende Therapien sind sehr erfolgreich, aber leider auch sehr teuer.

In einem zweiten Anwendungsgebiet der Medizin werden Nanoroboter dazu eingesetzt, um Verletzungen und Schäden am Körper zu behandeln und zu reparieren. Hierbei stechen vor allem die so genannten Neuronenheraus, ein spezieller Typ von Nanorobotern, die für die Verheilung durchtrennter Nervenbahnen spezialisiert sind. Hierdurch können selbst Querschnittslähmungen wieder geheilt werden, sofern die entsprechenden Verletzungen noch nicht zu alt sind. Falls sich die abgetrennten Nervenbahnen bereits zurückgebildet haben, ist aber durch eine Rekonstruktion der Nerven immer noch eine Heilung möglich, wenn auch ungleich komplizierter und teurer.

Neben diesen Möglichkeiten muten die anderen Nanorobotertypen, die zur beschleunigten Regeneration genutzt werden, geradezu simpel an. So sind spezielle Naniten in der Lage, Zellgewebe zu produzieren und somit den Heilungsprozess von schweren Verletzungen wie Stich- und Schnittwunden oder Verbrennungen zu beschleunigen. In der Regel werden sie dabei mit anderen Verfahren kombiniert, um die Heilungsgeschwindigkeit bei einem Patienten auf das Hundertfache zu beschleunigen. So sind selbst großflächige Verbrennungen innerhalb weniger Tage verheilt, oder abgetrennte und wieder angenähte Gliedmaßen bereits nach ein paar Stunden wieder voll einsatzfähig. Rehabilitation und physiotherapeutische Maßnahmen können in einem Bruchteil der normal notwendigen Zeit durchgeführt werden, sofern man sich eine Behandlung mit Naniten leisten kann.

Der dritte Anwendungsbereich von Nanorobotern im Gebiet der Medizin besteht in der lokal angewendeten Mikro- und Nanochirurgie. Dies bedeutet nichts anderes, als dass Nanoroboter im menschlichen Körper „vor Ort“ chirurgische Aufgaben erfüllen, die ihnen einprogrammiert wurden. Hierzu gehören insbesondere das Finden und Zerstören von Krebs- oder Tumorzellen, was beispielsweise eine besonders schonende und gefahrlose Gehirnochirurgie oder Zellauffrischungen (und damit eine Verjüngungskur) ermöglicht. Auch werden teilweise kosmetische Operationen mit Naniten durchgeführt, wo andere Werkzeuge nicht fein oder präzise genug sind. All diese Anwendungen werden auch als Mikrochirurgie bezeichnet. Als Nanochirurgie werden hingegen Gentherapien bezeichnet, bei denen Naniten in Kombination mit Euviren das genetische Material einer Person aufbessern oder verändern. In der Regel werden solche Maßnahmen bereits vorher am Embryo einer Person durchgeführt, wo verhältnismäßig wenige Zellen verändert werden müssen. Eine nachträgliche Veränderung des eigenen Erbguts zählt zu den teuersten Therapien, die es überhaupt gibt.

Da Nanoroboter nur eine begrenzte Funktionsdauer besitzen, bevor sie ausfallen, muss gewährleistet werden, dass sie nach Beendigung ihrer Aufgabe aus dem Körper ausgeschieden werden können. Hierfür sind die meisten in einem Organismus eingesetzten Nanoroboter in der Lage sich in so kleine Teile zu zerlegen, dass sie über die normalen Ausscheidungssysteme wie Leber und Nieren den Körper verlassen können. Medizinische Nanoroboter zerstören sich also in der Regel selbst, damit sie später die Blutgefäße nicht verstopfen und es sonst zu lebensgefährlichen Embolien kommen kann. Aus diesem Grund dürfen auch Nanoroboter je nach Einsatzgebiet im menschlichen Körper nur eine gewisse Maximalgröße aufweisen. Für im Blut schwimmende Nanoroboter, dem geläufigsten medizinischen Nanitentyp, gilt beispielsweise eine maximale Größe von 5 Mikrometern.

Es gibt verschiedene Methoden, Naniten in einen Organismus einzuführen. Neben einer Injektion mit herkömmlichen Spritzen besteht auch die Möglichkeit der Inhalation nanitendurchsetzter Dämpfe. Hierbei gelangen die Nanoroboter über die Lunge in den Körper. Eine dritte Methode besteht darin, die Naniten über Schleimhäute oder direkt über offene Wunden dem Körper zuzuführen.

Lifestyle

Auch im täglichen Leben hat die Nanotechnologie ihre Spuren hinterlassen. Insbesondere im Bereich der Kosmetik und der Hygiene befinden sich in den besseren Produkten häufig Nanoroboter, um die gewünschten Effekte zu erzielen.

In der Hygiene werden Naniten häufig zur Desinfizierung genutzt. Die hierbei genutzten Nanoroboter suchen und töten hierbei eigenständig verschiedene schädliche Bakterientypen. Neben herkömmlichen Desinfektionsmitteln findet dieses Verfahren noch bei Zahnpflegemitteln statt, in der sich Nanoroboter befinden, die auf die Abtötung der im Mundraum vorkommenden Bakterientypen spezialisiert sind. Häufig erzeugen diese Naniten zusätzlich Duftstoffe; ein Verfahren, das auch in der Körperhygiene bei Deodorants angewendet wird

Der wesentlich bedeutendere Beitrag der Nanotechnologie zum täglichen Leben wird aber im Bereich der Kosmetik erzielt. Hier werden Nanoroboter gezielt dafür eingesetzt, um Farbeffekte zu erzielen. Der besondere Vorteil in diesem Sektor besteht darin, dass die hier eingesetzten Naniten in der Lage sind, auf speziell codierte Signale zu reagieren und so auf Befehl die Farbe wechseln zu können.

Insbesondere im Bereich der Färbung von Haaren, wo Nanoroboter mit Hilfe von Shampoos auf das Haar aufgetragen werden und sich dort festsetzen, kann so in Sekundenschnelle auf Wunsch die Haarfarbe gewechselt werden. Eine andere Methode zur Färbung von Haaren besteht darin, dass Naniten in die Haarwurzeln eindringen und diese so manipulieren, dass die dort produzierten Haare fortan eine andere Färbung aufweisen. Hiermit ist es auch möglich, komplizierte und lang anhaltende Färbungsmuster für seine Haare zu erstellen, indem die Nanoroboter per Kommunikation untereinander absprechen, welcher Roboter welche Farbe zu erzeugen hat. Dies erlaubt einem Menschen ohne umständliche Färbung der Haare per Hand eine zwei- oder mehrfarbige Frisur. Sogar Lengroah nutzen dieses Verfahren gelegentlich, um ihrem Fell normalerweise nicht natürlich vorkommende Farbmuster zu ermöglichen, wie z.B. Tiger- oder Leopardmuster.

Nanoroboter, die im Bereich der Körperbehaarung eingesetzt werden, können auch die Stärke, Geschwindigkeit und Form der Haare durch Manipulation der Haarwurzeln beeinflussen. So ist es möglich, das Wachstum der Haare auf einige Zentimeter pro Stunde zu beschleunigen oder auf wenige Millimeter pro Jahr zu verlangsamen. Auch die völlige Zerstörung der Haarwurzel als effektive Enthaarungsmethode ist eine Anwendungsmöglichkeit. Durch die Manipulation der Haarstärke und -form kann zusätzlich beeinflusst werden, ob das Haar z.B. glatt ist oder sich kräuselt. Dies wird beispielsweise bei Frisuren wie Dauerwellen genutzt. Auch bei Nägeln (oder Krallen) können Wachstum und Aussehen beeinflusst werden.

Die Möglichkeiten, Nanoroboter zur Färbung einzusetzen, sind nicht nur auf die Haare eingeschränkt. So kann man auch Naniten in die Lippen oder in die Haut einzupflanzen, die dort anschließend ebenfalls Farbstoffe aussenden oder das Licht in nur ganz bestimmten Frequenzen zurückwerfen und so ebenfalls für Farbe sorgen. Das Ergebnis entspricht nicht nur dem einer gewöhnlichen Tätowierung oder Färbung, sondern bietet zusätzlich die Möglichkeit, bei Bedarf die Farbmuster einfach verschwinden zu lassen oder zwischen verschiedenen, in den Naniten vorprogrammierten Farbmustern oder Darstellungen zu wechseln. Selbst automatisch ablaufende Bilderfolgen, quasi animierte Tätowierungen, sind mit dem Verfahren möglich.

Entsprechende dynamische Farbeffekte finden natürlich auch außerhalb der Kosmetikindustrie regen Anklang. Daher produziert auch die Farbindustrie inzwischen verschiedene Anstrichfarben mit vergleichbaren Effekten. Wie auch im Kosmetikbereich wird darauf geachtet, dass die Steuerung des Verhaltens der Nanoroboter auf längeren Aktivierungscodes basiert, sodass mit diesen Verfahren nicht so leicht Missbrauch betrieben werden kann.

Die im Lifestyle-Sektor eingesetzten Naniten zeichnen sich durch eine besonders simple, fest eingebaute Programmierung aus, wodurch ein Missbrauch dieser Technologie am ehesten vermieden werden kann. Dementsprechend gibt es auch keinerlei besonderen Beschränkungen beim Erwerb solcher Produkte. Ungewöhnlich für Nanoroboter ist im Übrigen die extrem hohe Funktionsdauer der hier eingesetzten Systeme: Da die Funktionsdauer in der Kosmetik und der Farbindustrie ein wichtiges Qualitätsmerkmal darstellt, beträgt diese bei aktuellen Qualitätsprodukten ohne weiteres drei bis fünf

Jahre – eine entsprechende Energieversorgung vorausgesetzt. Häufig müssen die Naniten für eine Verwendung zunächst aufgeladen werden, und verbleiben sonst passiv in einem festen Zustand erhalten.

Produktion

Nanoroboter werden insbesondere auch bei Produktionsprozessen eingesetzt. Da die einzige Möglichkeit, Nanoroboter herzustellen, darin besteht, sie mit Nanowerkzeugen (meistens von anderen Nanorobotern) konstruieren zu lassen, entfällt der Löwenanteil der durch Nanoroboter hergestellten Produkte interessanterweise wiederum auf Nanoroboter. Die Produktion von Nanorobotern läuft hierbei extrem arbeitsteilig: Die eigentlichen Konstruktionsroboter werden von anderen Naniten mit Werkstoffen und Energie versorgt, und da jeder Konstrukteur nur in der Lage ist, bestimmte Komponenten eines Naniten zu produzieren, transportieren außerdem andere Naniten die unfertigen Roboter von Konstrukteur zu Konstrukteur oder repariert ein dritter Nanitentyp die abgenutzten Nanowerkzeuge von Produktionsrobotern. Hierdurch fallen für die Produktion eines einzelnen Nanitentyps rund zwanzig verschiedene Tätigkeiten an, die alle von unterschiedlichen Nanorobotern durchgeführt werden.

Während die Arbeit der meisten Naniten im Produktionsprozess von Nanorobotern gleich bleibt, müssen die Konstrukteure für jede Komponente des zu produzierenden Nanitentyps einen entsprechenden Bauplan besitzen. Um auch die Konstruktionsroboter universell zu gestalten, sind diese Roboter daher einige der wenigen frei programmierbaren Exemplare von Naniten. Da solche Roboter aber bei einer fehlerhaften Programmierung durchaus gefährlich werden können, existieren starke Sicherheitsauflagen in der Produktion und Programmierung solcher Roboter. Der Erwerb ist ebenfalls stark eingeschränkt. Als eine zusätzliche Sicherheitsmaßnahme werden solche Nanoroboter außerdem nur mit sehr rudimentären und schwachen Antriebssystem konstruiert.

Neben der Herstellung von anderen Nanorobotern werden Naniten aber auch für die Herstellung anderer Produkte genutzt. Hierbei liegt ihre besondere Fähigkeit darin, Werkstoffe und Materialien von unnachahmlicher Reinheit und Präzision herzustellen. Diese Eigenschaften werden insbesondere in der Computertechnik bei der Konstruktion von elektronischen und optischen Prozessoren mit dreidimensionaler Struktur benötigt. So verwundert es nicht, dass die Produktion von optischen Prozessoren fast ausschließlich von Naniten bewerkstelligt wird, die als einziges Produktionsverfahren die Möglichkeit besitzen, die notwendigen Schaltkreise in einem zeitgleich produzierten hochreinen Diamanten einzubetten. Auch bei der Herstellung von Polymerspeichern weiß man die Präzision der kleinen Roboter zu schätzen, und produziert dort die entsprechenden Speicherelemente nahezu ausschussfrei.

Als ein letztes Einsatzgebiet, welches ebenfalls grob dem Segment „Produktion“ zugeordnet werden kann, werden Nanoroboter auch in der Androidenfertigung eingesetzt. Dies gilt sowohl für die serienreifen Lengroah-Androiden als auch für den Prototyp eines menschlichen Androiden. Für die Funktionstüchtigkeit eines Androiden sorgen hierbei Tausende von verschiedenen Typen von Nanorobotern, die ähnliche Aufgaben übernehmen wie verschiedene spezialisierte Zellen in einem Organismus. Insbesondere die Wartung und Selbstreparatur eines Androiden könnte ohne Nanoroboter nicht funktionieren. Dabei besitzt ein Androide in der Regel ebenso wie ein biologischer Organismus einen „Blutkreislauf“, in dem die Nanoroboter im kompletten Körper des Androiden zirkulieren und verschiedene Wartungs-, Transport- und Reparaturaufgaben erledigen können.

Waffentechnik

In der Waffentechnik werden Naniten in der Regel dazu eingesetzt, um zuerst zielgerichtet den empfindlichsten Punkt eines Gegners anzusteuern, um dort mit aller ihnen zur Verfügung stehenden Macht zuzuschlagen. Diese ist zwar meistens nicht allzu groß, führt aber in vielen Fällen zu einer Kettenreaktion, die zuletzt zur gewünschten Zerstörung führt.

Ein besonders beliebtes Ziel stellen hierbei immer noch Organismen und Lebewesen dar, da sich diese immer noch mit relativ geringem Aufwand töten oder ausschalten lassen, sofern man an den Schwachpunkten zuschlagen kann. Neben der Möglichkeit, mit Hilfe von Nanorobotern das Immunsystem eines Organismus zu steuern und dieses gegen ihn selbst einzusetzen, stellen als geläufigste Variante dieser Form der Kriegsführung die so genannten Nanodetonatoren dar. Hierbei handelt es sich um Naniten, die zunächst mit einem anderen Nanitentyp in einen Organismus transportiert werden. Erfüllt der Organismus bestimmte Eigenschaften, wie beispielsweise eine positive

DNA-Analyse, entlässt der Trägeranant die Nanodetonatoren in die Blutbahn des Organismus oder ein vergleichbares System.

Die Nanodetonatoren, die größtenteils aus einer Sprengkapsel und einigen Haken zum Festhalten an organischer Struktur bestehen, sammeln sich nun im Gehirn des Opfers an. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit seit Beginn der „Infizierung“ explodieren die Nanoroboter und fügen dem Gehirn des Organismus erheblichen Schaden zu. Die Folge sind spontane Epilepsieanfälle, Koma und schließlich der Tod des Organismus.

Insbesondere die Raumflotte verwendet diese ansonsten geächtete Massenvernichtungswaffe im Kampf gegen Tsrit-Kolonien. Manchmal wird diese Methode auch von diversen Spezialkommandos genutzt, um unauffällig und gezielt bestimmte Personen auszuschalten. Sehr selten nutzt auch das organisierte Verbrechen diese Methode. Wie die entsprechenden Kreise allerdings in den Besitz einer solchen Waffe kommen, ist unklar und gibt zu denken. Die Produktion von Nanodetonatoren ist zivilen Einrichtungen selbstverständlich strengstens verboten, aber leider ist dieser Nanitentyp relativ leicht zu produzieren.

Auch empfindliche technische Einrichtungen können durch vergleichbare Nanoroboter geschädigt und unbrauchbar gemacht werden. So existieren beispielsweise Naniten, die auf die Zerstörung von Computerprozessoren oder Kommunikationsverbindungen spezialisiert sind und somit häufig wichtige Kontrollfunktionen eines Systems ausschalten. Ein weiterer Typ ist in der Lage, die Lebenserhaltungssysteme von Raumschiffen in der Form zu manipulieren, dass diese aus verbrauchter Atemluft das sehr giftige Gas Kohlenmonoxid produzieren. Dabei werden meistens auch noch entsprechende Sensor- und Alarmsysteme getäuscht oder ausgeschaltet, um ein Ausbreiten des Gases zu verschleiern. Bis dies an Bord eines Schiffes bemerkt wird, kann es bereits zu schweren Verlusten unter der Besatzung gekommen sein. Das Grundprinzip dieser Nanoroboter ist dabei immer das gleiche: sie sind darauf spezialisiert, eine bestimmte Schwachstelle im gegnerischen System anzusteuern und anschließend auszunutzen.

Militärschiffe sind häufig mit Verteidigungssystemen ausgerüstet, die solche schädlichen Naniten erkennen und bekämpfen. Bei modernen Einrichtungen basieren diese Systeme wiederum zum Teil auf Nanoroboter, die alle Nanoroboter, die nicht über eine gewisse Freund-Feind-Erkennung verfügen, vernichten. Natürlich rüstet auch die andere Seite entsprechend auf und ist ihrerseits bemüht, die Verteidigungseinrichtungen lahm zu legen. Aus diesem Grund läuft ein Angriff mit Naniten fast immer in zwei Wellen: zunächst wird versucht, die Verteidigungseinrichtungen gegen Naniten lahm zu legen, anschließend beginnt erst der eigentliche Angriff.

Sonstige

Ein bisher noch nicht angesprochener, sehr bedeutender Anwendungsbereich von Nanorobotern besteht in der Spionage. So besitzen mit Ausnahme die meisten Hardwaresysteme immer noch Teilkomponenten, in denen kritische Informationen unverschlüsselt transportiert werden. Während für gewöhnlich solche Datenübertragungen nach außen gut abgeschirmt werden und somit unzugänglich sind, stehen für Abhöreinrichtungen ganz andere Methoden zur Verfügung, wenn man einen Spion beispielsweise direkt an die Schaltkreise eines Computerprozessors platzieren kann.

An exakt dieser Stelle greifen Spionagenaniten an. Sie erarbeiten sich möglichst unauffällig den Zugang zu solchen Stellen und horchen dann den Datenverkehr auf den entsprechenden Leitungen ab. Dadurch können sie unter Anderem Autorisationscodes stehlen oder geheime Daten beschaffen.

Natürlich ist die Speicherkapazität eines Spionagenaniten beschränkt; er beträgt in der Regel lediglich 50 Kilobyte. Durch Kooperation mit anderen Spionagenaniten lässt sich allerdings diese Kapazität beliebig erweitern. Sobald eine genügend große Menge an Nanorobotern ein System infiltriert hat, ist der Menge der zu stehlenden Daten kaum eine Grenze gesetzt. Allerdings fällt natürlich eine Armada an Spionagenaniten wesentlich leichter auf als wenige Dutzend diese Exemplare.

Da Spionagenaniten eine Vielzahl von Funktionen ausüben und über eine komplizierte Programmierung verfügen müssen, sind sie im Vergleich zu anderen Nanorobotern relativ groß. Außerdem ist in diesem Segment die Grenze zu den Mikrorobotern am ehesten fließend. So existieren im Bereich der Spionage auch größere Kleinstroboter mit einer Größe im Millimeterbereich, die häufig mit ihren kleineren Kollegen kooperieren.

Als letztes bedeutendes Einsatzgebiet für Naniten sei noch die moderne Rechnerforschung erwähnt. Mit so genannten Nanitenprozesssystemen experimentieren die Wissenschaftler seit einigen Jahren in der Terranischen Union. Inzwischen scheint erwiesen zu sein, dass es sich um ein sehr leistungsfähiges

Rechnermodell handelt, bei dem es aktuellen Forschungsberichten zu Folge noch Probleme mit der Stabilität und der Zuverlässigkeit gibt. *Weitere Informationen zum Thema Nanitenprozesssysteme befinden sich im Kapitel „Informationstechnologie“, Unterkapitel „Hardware“.*

Einschränkungen

Auch wenn Nanotechnologie eine mächtige und faszinierende Technologie darstellt, so besitzt sie wie jede andere Technologie auch ihre Tücken und technischen Einschränkungen. Um ein Gefühl dafür zu bekommen, wo die Grenzen der Nanotechnologie sind und warum bestimmte Ideen nicht realisiert werden konnten, beschäftigt sich dieses Kapitel mit den Grenzen der Nanotechnologie, wie sie in der heutigen Entwicklung in der Terranischen Union gegeben sind.

Selbstreproduktion

Experimente, in denen versucht wurde, Naniten die Fähigkeit zur Selbstreproduktion zu geben, wurden bereits sehr früh in der Nanitenforschung durchgeführt. Der Anreiz hierfür war klar: Zu Beginn war es sehr schwierig und kostspielig, einzelne Naniten zu produzieren, sobald sich aber ein Nanoroboter auf Befehl selbstständig reproduziert, hat dies eine erhebliche Kostenersparnis zur Folge. Neben diesem Effekt war auch die Idee einer Nanoroboter-Bombe zunächst nicht abwegig, die aus einfachen Nanorobotern bestehen sollte, die nichts anderes machen sollten, als sich zu vervielfältigen. Das hierdurch theoretisch entstehende exponentielle Wachstum schien die Möglichkeit zu bieten, eine unaufhaltsame, alles vernichtende Waffe zu produzieren, die alle Materie, mit der sie in Kontakt kommt, in Naniten umwandelt.

Leider (oder zum Glück) mussten die Wissenschaftler und Entwickler feststellen, dass die Selbstreproduktion schwieriger erschien als ursprünglich angenommen. Erst nach jahrzehntelanger Forschung konnte zu Beginn des 22. Jahrhunderts zum ersten Mal ein sich selbst reproduzierender Nanoroboter der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Es stellte sich aber heraus, dass sämtliche anderen funktionalen Möglichkeiten des Roboters dem Zweck der Reproduktion geopfert werden mussten. Vergrößerte man den Datenspeicher eines Naniten, um Platz für ein zusätzliches Programm schaffen zu wollen, so wurde dieser zusätzliche Platz größtenteils vom komplizierter werdenden Bauplan des Nanoroboters beansprucht, der für die Reproduktion benötigt wurde. Damit wurden sich selbst reproduzierende Naniten in den meisten Fällen nutzlos, da sie keine anderen Funktionen erfüllen konnten.

So verblieb als einzige mögliche Nutzung selbstreproduzierender Naniten das Konzept einer Nanoroboter-Bombe als Massenvernichtungswaffe. Aber auch diese Idee mussten die Waffenentwickler bald verwerfen. So führen die gleichen Gründe, die auch das organische Äquivalent der Naniten, die Bakterien, daran hindern, eine ganze Welt in ihresgleichen umzuwandeln, auch dazu, dass eine Bombe aus selbstreproduzierenden Nanorobotern nicht funktionieren kann.

Die Gründe gegen eine Bombe aus selbstreproduzierenden Naniten

Als erster Hinderungsgrund erwies sich die Knappheit an „Nahrung“ beziehungsweise Werkstoffen. Zur Konstruktion benötigen Nanoroboter eine Vielzahl unterschiedlicher chemischer Elemente, die in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen müssen, um daraus vollständige und funktionstüchtige Nanoroboter herstellen zu können. Auch wenn manchmal behauptet wird, Naniten lassen sich aus Dreck herstellen, so muss dieser „Dreck“ eine sehr komplizierte Mischung verschiedener Elemente aufweisen, damit Naniten daraus ihresgleichen produzieren können. Nanoroboter, die in ihrer Umgebung bestimmte Elemente nicht finden, wie sie zur Reproduktion benötigt werden, sind zur Untätigkeit verdammt. Durch Isolation der Nanoroboter mit einem für sie ungeeigneten Material lassen sie sich relativ leicht isolieren und werden damit harmlos. So bestehen z.B. organische Lebewesen mit ihren hohen Anteilen an Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Kalzium aus für die Reproduktion von Naniten in diesen Mengen völlig ungeeigneten Stoffen.

Der zweite Hinderungsgrund war die Knappheit an Energie. Selbst, wenn den Naniten eine entsprechende „Nährlösung“ aus Materialien zur Verfügung gestellt wurde und die Reproduktion anlief, schnitten sich die Naniten gegenseitig von den Ressourcen ab. Wurde beispielsweise Lichtenergie als Basis genommen, so besaßen die Naniten, die im Verlauf des Experiments „oben“ waren, zwar die nötige Energie, um sich reproduzieren zu können, aber in ihrer Umgebung keine freien Werkstoffe mehr, die sie verbauen konnten. Im Gegenzug waren die Naniten, die im Experiment „unten“ an den Materialien saßen, von der Energiezufuhr abgeschnitten und zur Untätigkeit verdammt.

Mechanismen, die eine Kooperation unter den Naniten erreichen sollten, machten die Naniten überverhältnismäßig größer; für eine erfolgreiche Kooperation mussten die Roboter bereits auf die Größe von knapp einem Millimeter anwachsen. Trotzdem war dies noch eines der kleineren Probleme, auch wenn hierdurch bereits das exponentielle Wachstum unmöglich wurde.

Der dritte Hinderungsgrund war die Dauer der Reproduktion. Obwohl Naniten nur winzig große Objekte sind, verfügen sie über eine sehr hohe innere Komplexität. Hierdurch ist die Reproduktionsrate eines Nanoroboters selbst bei genügend vorhandenen Ressourcen nicht sehr hoch und beträgt im Minimalfall zwei Stunden, was gleichzeitig die Verdopplungsrate bei einem exponentiellen Wachstum darstellen würde. Selbst wenn man eine exponentielle Wachstumsrate für eine Nanoroboter-Bombe gewährleisten könnte, würde zwischen der Entdeckung entsprechender Nanoroboter in der Nähe des Einschlagsgebiets und der vollständigen Vernichtung einer Kolonie oder eines Planeten genügend Zeit ergeben, um geeignete Abwehrmaßnahmen einzurichten. Außerdem führt die lange Reproduktionsdauer in Verbindung mit der relativ geringen Funktionsdauer eines Nanoroboters bei nicht optimalen Umgebungsverhältnissen dazu, dass ein Roboter nur eine begrenzte Anzahl von anderen Robotern produzieren kann, bevor er ausfällt, was sich als weiterer Wachstumshemmer aufweist.

Der vierte Hinderungsgrund bestand in der Empfindlichkeit von Nanorobotern. Selbstreproduzierende Naniten sind sehr empfänglich gegenüber äußeren Einflüssen und Verteidigungsmaßnahmen. So kann man zwar die Nanoroboter eines solchen Angriffs nur schwerlich vollständig eliminieren, aber sobald sie sich an bestimmten lokalen Stellen stark genug vermehrt haben, kann man die dort auftretenden „Epidemien“ leicht durch Bestrahlung oder Hitzeeinwirkung eindämmen. Dieses Problem ließ sich allerdings dadurch vermeiden, indem die Nanoroboter sich nach der Reproduktion voneinander entfernen, bevor sie weitere Nanoroboter erzeugten.

Der fünfte Hinderungsgrund bestand im Entstehen von Kopierfehlern im Reproduktionsprozess. So gelang es außerhalb von Laborbedingungen nicht, dass die Selbstreproduktion im Laufe der verschiedenen Generationen immer fehlerfrei blieb und exakte Kopien hervorbrachte. Was bei organischen Lebewesen zu Mutationen führt, die nicht unbedingt größere Auswirkungen für den Organismus haben, führt hingegen bei Nanorobotern schnell dazu, dass die „Nachkommen“ funktionsuntüchtig sind. Da ein Nanoroboter aber nur eine begrenzte Lebenszeit aufweist, werden ab einem bestimmten Zeitpunkt nur noch defekte Nanoroboter erzeugt, wodurch die Population ausstirbt. Im statistischen Mittel war selbst der beste selbstreproduzierende Typus von Nanorobotern nur in der Lage, knapp 100 Generationen lang fortzubestehen, bevor die „Nachfahren“ funktionsuntüchtig wurden. Dieses Problem, das sich nie richtig in den Griff bekommen ließ, versetzte dann der Nanoroboter-Bombenforschung endgültig den Todesstoß.

Funktionsdauer

Nanoroboter sind in ihrer Funktionsdauer meistens auf wenige Stunden beschränkt. Dies liegt einerseits an der begrenzten Energieversorgung der Roboter, andererseits auch daran, dass sich im Betrieb wichtige Komponenten wie Manipulationswerkzeuge oder Antriebssysteme abnutzen und diese mit der Zeit ausfallen.

Je simpler die Werkzeuge sind, mit denen Naniten ausgestattet sind, und desto weniger sie von ihnen Gebrauch machen, desto länger bleiben sie intakt. So kommt es, dass Nanoroboter in der Farben- und Lifestyleindustrie durchaus mehrere Wochen oder Jahre halten können, bevor sie defekt werden. Kritisch ist hier eher die Energieversorgung, die über solche Zeiträume meistens nicht zur Verfügung steht. Aus diesem Grund müssen solch langlebige Naniten vor einer Wiederverwendung zunächst irgendwie extern aufgeladen werden oder aber regenerative Energiequellen nutzen.

Im Produktionsbereich hingegen reduziert sich die garantierte Funktionstüchtigkeit trotz gegebener Energieversorgung auf etwa 20 Stunden; im Durchschnitt beträgt die Funktionstüchtigkeit in etwa 30 Stunden. Dies liegt daran, dass bei diesen Systemen die Manipulationswerkzeuge und Antriebe im ständigen Gebrauch sind und daher stark abnutzen und unbrauchbar werden. Um den Produktionsprozess in Gang zu halten, müssen spezialisierte Reparaturaniten eingesetzt werden, die fortlaufend andere Naniten reparieren. Hierdurch lassen sich Naniten immerhin zwei bis drei Monate lang in der Produktion nutzen, bevor sie endgültig unbrauchbar werden.

Wichtig für die Funktionsdauer von Naniten sind natürlich auch die äußeren Einflüsse, die auf einen Nanoroboter einwirken. Viele Roboter sind relativ empfindlich und verlieren in einer ungünstigen Umgebung schnell ihre Manipulationsmöglichkeiten. Aus diesem Grund werden gerade bei

Produktionsprozessen immer gleichbleibende Umgebungsbedingungen erzeugt, damit die Nanoroboter so wenig Schaden wie möglich nehmen. Auch beim Transport oder der Lagerung von Naniten werden besondere Schutzmaßnahmen ergriffen. Unter optimalen Bedingungen können Naniten mehrere Jahre im deaktivierten Zustand verbringen, bevor sie sich nicht mehr aktivieren lassen.

Empfindlichkeit

Nanoroboter sind relativ empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen. Hitze oder radioaktive Strahlung kann sie durch Entladung ihrer Energiereserven schnell deaktivieren oder durch Beschädigung ihrer Feinwerkzeuge funktionsunfähig machen. Bei Naniten, die sich in Gasen bewegen, können extrem feine Staubpartikel oder Nanoschrott die Antriebssysteme beschädigen und so ebenfalls für einen Ausfall sorgen.

Zuletzt reagieren Nanoroboter relativ empfindlich auf verschiedene chemische Reaktionen. Durch ihre kompakte Bauweise reicht es in der Regel, nur die äußersten Atomschichten eines Roboters anzugreifen oder zusätzlich mit weiteren Lagen zu beschichten, um wichtige Funktionen wie Sensoren, Kommunikationssysteme oder Manipulationswerkzeuge funktionsunfähig zu machen. So verwundert es nicht, dass viele, besonders sicherheitskritische Systeme inzwischen auf chemische Art und Weise geschützt sind, um Angriffs- oder Spionageversuche mit Naniten abzuwehren.

Auch wenn es vor allem beim Militär Nanitentypen gibt, die resistent gegenüber vielen schädigenden Einwirkungen sind, so haben selbst die stabilsten und robustesten Naniten große Probleme, wenn sie mit zusätzlichen Atomlagen „eingewickelt“ oder „festgeklebt“ werden.

Größe

Naniten erreichen in der Regel nur selten die Größenordnung von Nanometern, sondern sind meistens erheblich größer. Die kleinsten Naniten, die technisch möglich sind und noch eine Funktion erfüllen, sind die Nanodetonatoren mit einer Größe von mindestens 500 Nanometern oder einem halben Mikrometer. Als Höchstgrenze gelten 1.000 μm (Mikrometer) beziehungsweise ein Millimeter. Roboter, die größer als 1 mm sind, werden nicht mehr als Naniten oder Nanoroboter bezeichnet, sondern als Mikroroboter. Solche Roboter besitzen in der Regel ähnliche Komponenten wie Naniten, können aber meistens erheblich einfacher produziert werden.

Wie bereits in anderen Kapiteln erwähnt, beeinflussen insbesondere die Antriebsart und die Fähigkeit zur freien Programmierung die Größe eines Roboters. In bestimmten Anwendungsgebieten dürfen Naniten eine bestimmte Größe nicht überschreiten. So gilt für Nanoroboter, sie innerhalb des menschlichen Körpers innerhalb der Blutbahnen eingesetzt werden, eine maximale Größe von 5 μm , da sie sonst in den Blutkapillaren hängen bleiben und diese verstopfen könnten.

In der Spionage kommen Nanoroboter in allen Größen vor. Als untere Schranke für die Größe gelten jedoch in etwa 15-25 μm , da solche Roboter in der Regel über leistungsfähige Antriebssysteme und komplexe Programme verfügen müssen.

In der Waffentechnik werden beim Einsatz gegen technisches Gerät häufig verhältnismäßig große Naniten eingesetzt, ebenso wie im Lifestylebereich bei der Erzeugung von Farben. Die meisten Roboter in diesen Bereichen sind zwischen 100 μm und 400 μm groß.

Legalität

Da mit Naniten leicht schwere Schäden verursacht werden können, muss mit größtmöglichem Aufwand verhindert werden, dass eine solche Technologie in unvorsichtige oder gar kriminelle Hände gerät. Daher unterliegen sämtliche Betriebe, in denen Nanoroboter produziert werden oder frei programmierbare Naniten zum Einsatz kommen, einer besonders strengen Kontrolle. So muss eine lückenlose und detaillierte Protokollierung darüber stattfinden, wann welche Nanoroboter mit welcher Programmierung erschaffen wurden, welche Materialien dabei verbraucht wurden, ob der produzierte Ausschuss ordnungsgemäß entsorgt wurde und dergleichen. Inspektoren, die der Behörde für Innere Sicherheit (ISA) unterstehen, führen in den Unternehmen häufige und unangekündigte Inspektionen durch, um die Korrektheit der Protokolle und die Funktionstüchtigkeit der Sicherheitseinrichtungen zu überprüfen. Kann ein Unternehmen die strengen Auflagen nicht erfüllen oder es kommt zu schwereren Verstößen gegen die Sicherheitsvorschriften, bekommt es sofort die Lizenz entzogen und der Betrieb wird eingestellt.

Ähnlich strenge Kontrollen existieren beim Verkauf von frei programmierbaren Nanorobotern. Da diese bei entsprechenden Manipulationswerkzeugen ebenfalls hochgefährlich werden können, darf

dieser Nanitentyp nur nach ausdrücklicher behördlicher Genehmigung weiterverkauft werden. In der Regel muss dabei der Käufer die gleichen Sicherheitsauflagen erfüllen wie ein Produzent von Nanorobotern.

Unternehmen können die strengen Sicherheitsauflagen erheblich lockern, indem sie bei anderen Nanitenproduzenten fest programmierte Produktionsnaniten kaufen, die sich nur zur Produktion eines einzelnen Nanorobotertyps eignen. Dieser muss dann im Vorfeld von der Behörde zur Regulation von Nanotechnologie, einer Unterbehörde der ISA, als unbedenklich eingestuft wurde. Sehr viele Unternehmen im Lifestylebereich nutzen dieses vereinfachte Verfahren.

Produkte mit Nanorobotern, die von der Kontrollbehörde als unbedenklich eingestuft werden, erhalten ein entsprechendes Gütesiegel. Bei anderen Sicherheitseinstufungen müssen zusammen mit einem anderen Gütesiegel entsprechende Warnhinweise auf dem Produkt platziert werden. Der Verkauf von nanitendurchsetzten Produkten ohne Gütesiegel ist selbstverständlich verboten.

Rohstoffe

Besondere Rohstoffe

Durch die fortgeschrittene Automatisierung des Rohstoffabbaus und den scheinbar unerschöpflichen Reserven des Universums sind die meisten Materialien relativ billig erhältlich. Es existieren jedoch einige Materialien, auf denen die moderne Gesellschaft aufbaut und deren Beschaffung bei weitem nicht so günstig ist wie die Gewinnung von schwerem Wasserstoff. Diese Rohstoffe kommen, wenn überhaupt, nur sehr selten im Universum vor und müssen daher durch aufwändige Verfahren synthetisiert werden.

Grastatium

Hierbei handelt es sich um das stabilste Isotop des Transurans mit der Ordnungszahl 114, woraus sich auch der Name des Elements ableitet (*lat.: graves: schwer; statium: stabil*). Wie man es von einem Transuran erwartet, ist auch Grastatium radioaktiv und hochgiftig. Seine mechanischen und chemischen Eigenschaften entsprechen etwa denen von Blei, von einer höheren Dichte einmal abgesehen. Eine besondere Eigenschaft von Grastatium besteht allerdings darin, dass bei diesem Element die Reaktionsfreudigkeit mit Neutrinos ungewöhnlich hoch ist. Während Neutrinos z.B. die komplette Erdkugel mit großer Wahrscheinlichkeit durchqueren können, ohne mit einem Atom auf ihrem Weg zu reagieren, so genügt schon eine Schicht aus Grastatium von knapp einem Kilometer Dicke, um einen Neutrinostrom nahezu vollständig abzublocken. Bei der Reaktion verwandeln sich allerdings die betroffenen Grastatiumatome je nach Art des Neutrinos in ein anderes Isotop, welches kurz darauf radioaktiv zerfällt. Die dabei freiwerdende radioaktive Energie kann gemessen und so zum Nachweis von Neutrinos genutzt werden. Das Grastatium zerfällt dabei schrittweise, bis es genügend Kernpartikel abgestoßen hat, um zu einem stabilen Atom niedrigerer Ordnungszahl wie z.B. Blei zu werden.

Dieser durch Neutrinos angestoßener Zerfallsvorgang, der in der Vergangenheit für eine starke Fehleinschätzung der Halbwertszeit von Grastatium geführt hat, macht das Material für die moderne Technologie so unentbehrlich. Der Nachweis von verschiedenartigen Neutrinos ist im Rahmen der interstellaren Kommunikation notwendig, da nur so mit Hilfe von Tachyonen übertragene Botschaften auch wieder lesbar gemacht werden können. Gleichzeitig kann so mit Überlichtsensoren eine Abtastung durchgeführt werden, welche ebenfalls auf die Reaktion von Tachyonen auf Neutrinos beruht, welche nachgewiesen werden müssen. Zuletzt kann Grastatium auch dabei helfen, auf Quanten basierte Kommunikationsverbindungen vor zu starken gefährlichen Neutrinogewittern zu schützen, welche durch die Nähe zu Stromraumportalen entstehen und solche Verbindungen zerstören können.

Da bei sämtlichen Einsätzen von Grastatium dieses Material verbraucht wird, besteht ein hoher Bedarf an diesem Rohstoff, welcher nur mühsam gedeckt werden kann. In der Nähe von Sternen existiert Grastatium nur selten, da dies sich häufig tief im Innern von Planeten ansammelt, dort aber mit den durch die dortigen vorherrschen radioaktiven Zerfallsprozesse entstehenden Neutrinos reagiert und in der Regel innerhalb weniger Millionen Jahre vollständig zerstört ist. Die größten Reserven existieren daher lediglich als abgestoßene Reste von Supernovaexplosionen im interstellaren Raum verteilt und sind daher entsprechend selten und schwer zu finden. Neben der kostspieligen synthetischen Gewinnung von Grastatium, welche die Hauptbezugsquelle für Grastatium darstellt, stellen die

regelmäßigen Handelslieferungen der Arnesh eine weitere wichtige Quelle dar.

Antimaterie

Antimaterie versorgt heutzutage den Motor der Gesellschaft mit der notwendigen Energie. Antimaterie ist allerdings ein Sammelbegriff für alles, was mit normaler Materie gemäß der Äquivalenz von Materie und Energie ($E=mc^2$) zerstrahlt. Von praktischem Nutzen sind eher die Elemente Antiwasserstoff, Antideuterium (schwerer Antiwasserstoff mit einem zusätzlichen Antineutron im Atomkern) und Antihelium, welche in großen Mengen zum Einsatz kommen. Da allerdings bis zur Nutzung der Antimaterie ein Kontakt mit gewöhnlicher Materie unbedingt vermieden werden muss, bleibt die Antimaterie in einem ionisierten Zustand, in dem sie durch elektrische Felder berührungsfrei gelagert werden kann. Bei dieser Form der Lagerung ist es jedoch unbedingt notwendig, dass das elektrische Feld aufrecht erhalten wird, da ansonsten die Antimaterie reagieren kann.

Ein mögliches Einsatzgebiet für Antimaterie ist die Energiegewinnung. Da allerdings ein Vielfaches an Energie für die Herstellung von Antimaterie aufgewendet werden muss als bei der anschließenden Zerstrahlung wieder gewonnen werden kann, lohnt sich dieser Prozess nur dann, wenn aufgrund von Platzbeschränkungen Fusionsreaktoren nicht gebaut werden können. Daher spielen Antimateriereaktoren zur reinen Energiegewinnung nur eine geringe Rolle.

Wesentlich interessanter sind die Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Fortbewegung. Durch die Eigenschaft, bei der Zerstrahlung extrem hohe Energiekonzentrationen auf geringem Raum zu erzeugen, kann Antimaterie zum Öffnen von Stromraumportalen genutzt werden. Dabei würde schon die für das Öffnen eines Stromraumportals eines kleinen Frachtschiffes notwendige Energie ausreichen, um die komplette Erde mehrere Stunden lang mit Energie zu versorgen.

Verständlicherweise kann die extrem hohe Energiedichte in Antimaterie auch für destruktive Zwecke genutzt werden. Hierfür werden in der Regel dazu Antimateriebehälter von mehreren Gramm Kapazität in Sprengkörper wie Raketen und Torpedos eingebaut. Die größten in dieser Form eingesetzten Behälter besitzen dabei eine Kapazität von etwa 12 Gramm; dies entspricht der Sprengleistung von 15 Kilogramm Plutonium oder 300 Kilotonnen Trinitrotoluol (TNT), der 24-fachen Sprengleistung der Hiroshima-Bombe. Daneben existieren allerdings noch Antimateriebomben mit mehreren hundert Gramm Kapazität, welche allerdings aufgrund der Produktionskosten für Antimaterie kaum zu bezahlen sind.

Antimaterie kommt in der Natur nur extrem selten und in geringsten Mengen vor. Bei bestimmten Zerfallsprozessen einiger radioaktiver Stoffe werden zum Beispiel Positronen (die Antiteilchen zu den Elektronen) erzeugt, welche aber häufig mit Elektronen in ihrer Umgebung reagieren und in einem Blitz von Gammastrahlung zerstrahlen. Größere Mengen von schwereren Antiteilchen wie Antiprotonen oder Antineutronen müssen ausnahmslos künstlich in einem energetisch wie technisch sehr aufwändigen Prozess erzeugt werden, wobei allerdings gerade die Herstellung von Antineutronen als Grundlage für schwere Antiatome wie Antideuterium oder Antihelium aufgrund der elektrischen Neutralität der Teilchen sehr problematisch ist. Die momentan existierenden Produktionskapazitäten in der Union reichen außerdem noch lange nicht aus, um den Bedarf gerade im Bereich des interstellaren Transports zu decken, was neben dem teuren Erstellungsprozess einer der Hauptgründe für die sündhaft hohen Preise für Antimaterie ist. Besonders gut durch diese Preise verdienen hieran die westlichen Kolonien, welche Antihelium zu wesentlich niedrigeren Preisen von den Arnesh importieren können.

Es existiert bei Antimaterie leicht erkennbar die Gefahr der Nutzung von für Stromraumantriebe gedachter Antimaterie für destruktivere und illegale Zwecke oder die Gefahr der Auslösung von Detonationen atomaren Ausmaßes bei Beschädigungen der Behälter. Daher existieren strenge Zugriffsbeschränkungen für den Erwerb und Transport von Antimaterie sowie vielseitige Sicherheitsmaßnahmen an den für den Transport genutzten Behältnissen, um einen Missbrauch zu verhindern. So sind Antimateriekapseln besonders schwer gepanzert, durch normale Einwirkungen nahezu unzerstörbar und lassen bei einer Beschädigung oder stärkerer Manipulation die Antimaterie kontrolliert entweichen und mit der Materie des Behältnisses zerstrahlen, was zwar zu einer starken Gammastrahlung und dadurch zur radioaktiven Verseuchung der Umgebung führt, aber eine kilotonnenschwere Detonation verhindert. Falls bei einem Transportbehältnis das elektrische Feld nicht regeneriert werden kann oder sich abbaut, wird nach einem Alarm ebenfalls eine vergleichbare Aktion durchgeführt.