

Verkehr via Internet: Webtraf und Matweb

Dipl.-Phys. Dr. Richard Woesler

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Verkehrsforschung
Rutherfordstr. 2, 12489 Berlin

E-mail: Richard.Woesler@dlr.de

DLR-IB 917-2002/2

Verkehr via Internet: Webtraf und Matweb

Schlüsselwörter: Internet, Webtraf, Matweb, Materienetz, Quantenteleportation

Zusammenfassung

Die Grundidee ist die Schaffung einer neuen Methode des Verkehrs, insbesondere für weite Strecken auf der Erde, zum Mond, Mars und darüber hinaus, ferner in Zukunft gegebenenfalls auch interstellar. Personenverkehr findet z.Zt. statt, indem eine Person von einem Ort zu einem anderen befördert wird oder sich selbst dorthin bewegt. Güterverkehr findet z.Zt. statt, indem ein Gut von einem Ort zu einem anderen transportiert wird. Herkömmlicher Güter- und Personenverkehr geht mit einer deutlichen Belastung für Personen und Umwelt einher, verursacht relativ hohe Kosten und verbraucht relativ viel Energie, weil jeweils die gesamte Masse des Gutes bzw. der Person transportiert werden muss, d.h. insbesondere beschleunigt und abgebremst werden muss. Es besteht ein relativ hohes Risiko für Unfälle. Es gibt bisher kein System zur Durchführung von Güter- oder Personenverkehr mithilfe des Internets. Ferner ist ein Nachteil des herkömmlichen Verkehrs, dass es vermutlich auf lange Sicht unmöglich sein wird, makroskopische Güter oder Personen auf herkömmliche Weise, d.h. durch Transport ihrer Materie als Ganzes, mit nahezu Lichtgeschwindigkeit zu transportieren. Die Alternative ist das Versenden der zum Bau des jeweiligen Gutes/Roboters/Computers etc. nötigen Daten statt des Gutes/Roboters/Computers selbst und den Bau des Gutes/Roboters/Computers vor Ort bzw. bei Robotern/Computern optional auch durch Übertragung des Speicherinhaltes in einen bereits vor Ort befindlichen entsprechenden geeigneten Roboter/Computer. Abschließend wird auf die Frage eingegangen, was wann für die Gesellschaft erstrebenswert ist.

1 Einführung

Das Internet und Mobilfunk sind Technologien, die das Versenden großer Datenmengen in kurzer Zeit ermöglichen. In der Physik werden Quantencomputer erdacht, die in Zukunft einige Rechenaufgaben wesentlich schneller lösen könnten als herkömmliche Computer. Wie die Zukunft des Verkehrs aussehen könnte gemäß den aktuellen Erkenntnissen in den verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen soll im folgenden Text erörtert werden. Zudem wird die Frage diskutiert, ob bzw. wann welche dieser Entwicklungen gesellschaftlich vorteilhaft sein könnten.

2 Denkbare zukünftige alternative Form des Verkehrs:

Webtraf und Matweb

Der Bau eines Gutes etc. kann im Prinzip am Zielort mit Materie durchgeführt werden, die optional vor Ort aus der Umgebung gewonnen wird bzw. mit Hilfe eines neuartigen Materieverteilungsnetzes, im folgenden als **Matweb** (= matter web) bezeichnet, mit dem Materie u.a. mit nahezu Lichtgeschwindigkeit versendet werden kann, indem nur die benötigten Atome bzw. Moleküle geeignet beschleunigt bzw. transportiert werden.

Im Matweb können die zur Konstruktion der Güter benötigten Atome bzw. einfachen Moleküle optional mittels Ionisierungen, Beschleunigungen und Rekombinationen versendet werden, optional mit nahezu Lichtgeschwindigkeit, über extreme Distanzen und zu extrem geringen Kosten, weil keine Fahrzeuge beschleunigt werden müssen, sondern nur die wirklich benötigte Materie. Optional können Atomlaser [1] mithilfe der Bose-Einstein-Kondensation verwendet werden. Zudem kann dadurch, dass ein Kunde bei sich ein Materiereservoir bereithält, die Zeit zwischen Bestellung und Erhalt der Ware minimiert werden, indem das Gut mithilfe der vor Ort vorhandenen Materialien sofort gebaut werden kann, und nur nachträglich die Speicher optional durch Gewinnung der Rohstoffe vor Ort und/oder mithilfe des Matweb aufgefüllt werden.

Die Durchführung des Recyclings vor Ort zum Auffüllen der Materiespeicher erspart das bisherige Transportieren in Fahrzeugen zu einer Zentrale.

Insbesondere bei weiten Strecken ist die beschriebene Art des Verkehrs mit nahezu Lichtgeschwindigkeit interessant und sie ist möglich bei extrem geringem Materietransport, extrem geringer Lärmemission und Umweltbelastung, extrem geringem Energiebedarf und bei extrem geringen Kosten sowie sehr hoher Sicherheit. Diese neue Art des Verkehrs wird im folgenden als **Webtraf** (= web traffic) bezeichnet. Dies könnte den größten Fortschritt in der Geschichte des Verkehrs darstellen.

Es stellt eine Alternative zum herkömmlichen Güterverkehr dar, gegebenenfalls in Zukunft auch zum Personenverkehr. Im Webtraf werden die zum Bau des Gutes benötigten Daten per Internet versendet und das Gut wird vor Ort hergestellt. Es werden dazu gegebenenfalls vor Ort die benötigten Atom- bzw. Molekülsorten aus der Materie der Umgebung gewonnen bzw. über ein neuartiges Übertragungs-, Leitungs-, Schienen-, Transportbänder- und/oder Fahrstuhlnetz, hier als Matweb bezeichnet, zum Kunden befördert. Zur Minimierung des Zeitverzuges zwischen Bestellung und Erhalt einer Ware kann ein Reservoir der üblich benötigten Atom- bzw. Molekülsorten vor Ort vorgehalten und während bzw. nach Herstellung der Ware automatisiert wieder aufgefüllt werden.

Rechner und Roboter können ebenfalls inklusive ihres aktuellen Speicherinhalts über das Webtraf ‚versendet‘ werden und somit, wenn man es denn so bezeichnen möchte, ‚reisen‘. Güter, Rechnerzustände und Roboter inklusive aktueller Speicherinhalte können durch Angabe mehrerer Empfängeradressen auch an mehrere Orte zugleich transportiert werden.

In dem Falle, dass denkende Roboter gebaut werden würden, und man diese dann als Personen bezeichnet, wäre das Reisen von Personen über das Internet, sowie als optionale neue Möglichkeit, das Reisen bei gleichzeitiger Vervielfältigung einer Person pro Reise möglich. Diese neue Art des Reisens von Personen hätte die bereits beschriebenen Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Reisen, insbesondere bei weit entfernten Zielen.

3 Beschreibung der technischen Grundlagen

Über das Internet lassen sich seit einigen Jahren immer schneller Daten versenden. Fast täglich gibt es neue Rekorde in der übertragenen Datenmenge [2]. Im Januar 2001 konnten z.B. 7 Tbit/s über eine einzelne Glasfaser übertragen werden über eine Distanz von 50 km (Siemens). Auch über wesentlich größere Distanzen wurde von anderen bereits eine ähnliche Größenordnung der Datenrate erreicht. Insbesondere durch Verwendung von Glasfaserbündeln sowie Miniaturisierung und Parallelisierung der Rechnerarchitekturen und Verwendung von immer mehr optischen Rechnerkomponenten lässt sich die Übertragungsrate in Zukunft weiter stark erhöhen.

Die Datenmenge, die in einem menschlichen Gehirn gespeichert ist, beträgt gemäß Experten vermutlich etwa $10^{17\pm 2}$ Bits [3], u.a. weil anzunehmen ist, dass die Informationen im wesentlichen in den Synapsen der Neuronen gespeichert sind und weil das Gehirn größenordnungsmäßig etwa 10^{15} Synapsen enthält.

Weiter ist gemäß Experten davon auszugehen, dass die Leistung von Rechnern und Robotern in den nächsten Jahrzehnten weiter stark ansteigen wird [4].

Gemäß Experten der Robotik ist ferner denkbar, dass in den nächsten Jahrzehnten Computer und/oder Roboter, die denken und fühlen, gebaut werden können [4-5]. Es gibt bereits zahlreiche Vorschläge und Projekte zum Bau eines denkfähigen künstlichen Systems [4-8], so dass nicht ganz ausgeschlossen werden kann, dass auch schon in wesentlich kürzerer Zeit ein derartiges System vorhanden sein wird. Einen solchen Computer/Roboter könnte oder müsste man dann – je nach Definition, wie sie in zukünftigen Gesetzen durchgeführt werden mag – als Person bezeichnen. Aus Gründen der Einfachheit werden wir dies im folgenden tun. Es sei angemerkt, dass der Bau eines denkfähigen künstlichen Systems bekanntermaßen automatisch auch extreme Risiken für die Menschheit beinhalten würde und daher entsprechende Vorsicht nötig ist.

Zumindest solange ein derartiger denkender Roboter nicht existiert, kann man anzweifeln, ob er je gebaut werden kann oder werden wird. Demgemäß wird im vorliegenden Text nicht zwingend auf diese denkbare Möglichkeit Bezug genommen, sondern nur auf bereits realisierten Dingen. Realisiert sind Computer und einfachere Roboter, die zumindest bisher nicht die Komplexität aufweisen, als dass man sie als ‚Personen‘ bezeichnen könnte. Ein Computer, der gerade aktiv ist, kann durch eine endliche Menge von Informationen eindeutig charakterisiert werden: Sein Bauplan, eventuell Bedienungshinweise und der Speicherinhalt all seiner Komponenten wie Harddisk, Floppy Disk, Wechselplatte, CD/DVD-ROM/RW, diverse Cache, ROM, FPGA, RAM etc., optional seine Funktionsweise und Fehlerbehebungsmöglichkeiten. Ähnliches gilt für einen herkömmlichen Roboter, der gerade aktiv ist. Ferner kann man optional die Informationsliste durch Informationen, wo die Rohmaterialien für die Bauteile bezogen werden können bzw. wie die Rohmaterialien gewonnen werden können, erweitern etc.

Aus Gründen der Einfachheit wird im folgenden der Begriff ‚Roboter‘ verwendet statt ‚Roboter bzw. Computer‘ zu schreiben.

Vorzugsweise kann ein Roboter aus- oder in einen entsprechenden Sleep-Modus geschaltet werden, so dass ein Versenden seiner Daten z.B. über das Internet möglich wird. Man kann die Daten des Roboters als File speichern und über das Internet übertragen. Optional kann beim Empfänger eine Person die Umsetzung durchführen und/oder eine Dekodierungsmaschine für derartige Files und/oder eine entsprechende Fabrik zum Bau des Roboters.

Sofern zukünftig denkende Roboter existieren und verwendet würden, wären gegebenenfalls natürlich Gesetze zu erlassen, die dies bei denkenden Robotern erlauben, verbieten oder einschränken würden.

Beim Empfänger könnte sich einerseits ein noch ausgeschalteter Roboter desselben Typs befinden, oder aber man übertrüge die Daten zum Bau eines Roboters gleichen Typs ebenfalls über das Internet zum Empfänger, wo in einer entsprechenden Fabrik ein Roboter dieses Typs hergestellt werden könnte. Ein Empfänger könnte dann theoretisch das Datenfile in den noch ausgeschalteten Roboter überspielen und diesen aktivieren. Wenn man den neuen Roboter anschaltet, wäre sein Dateninhalt gleich dem des am Startort aus- bzw. in den geeigneten Sleep-Modus geschalteten Roboters.

Optional kann bei zukünftigen Robotern, die verschiedenste Sensoren besitzen würden, auch leicht abweichender Dateninhalt verwendet werden, denn insbesondere Daten, die in den Sensoren gespeichert sind, können am Zielort andere Werte besitzen als am Startort – man denke z.B. an Schwerkräftensensoren – bzw. Beschleunigungssensoren –, wenn der Startort Erde und der Zielort Mond wäre, auf denen unterschiedliche Schwerkraft herrscht.

Somit wäre der Roboter über das Internet zum Zielort gelangt. Die Datenübertragung wäre vorzugsweise auf Korrektheit zu überprüfen, bevor man den Roboter anschaltet.

Auch eine Übertragung in verwandte Typen von Robotern ist möglich, wenn eine entsprechende Software vorhanden ist. Dies ist vergleichbar damit, dass Software auf verschiedenen Rechnertypen laufen kann, wenn das Betriebssystem gleich ist; mithilfe von Konvertierungsprogrammen ist zudem eine Lauffähigkeit eines Programms auf verschiedenen Betriebssystemen möglich.

Wenn Quantencomputer mit genügender Anzahl Qubits realisiert sind, ist weiter folgendes möglich: Der Speicherinhalt eines Roboters kann teilweise in Form von Qubits eines Quantencomputers gespeichert sein. Qubits lassen sich z.B. mithilfe der sogenannten Quantenteleportation [9-11] übertragen. Sofern auf dieser Technologie basierende denkende Roboter gebaut werden würden, ließe sich ein Reisen einer Roboterperson u.a. mithilfe der Quantenteleportation durchführen, indem sein Gedächtnisinhalte, d.h. die Bits und Qubits, in einen entsprechenden Roboter übertragen würden. Bei dieser Form des Reisens würden beim Reisen automatisch die Qubits am Startort verändert, vgl. [9], d.h. dabei würde am Startort die Information über die Person zerstört. Die Person würde am Zielort erst auftauchen können, nachdem die zum Zielort teleportierten Qubits entsprechenden Transformationen unterzogen worden wären, vgl. [9]. Die Information, welche Transformationen durchzuführen wären, kann am Startort ermittelt werden und über einen klassischen Kanal an den Zielort übermittelt werden [11]. Die Zerstörung der Person am Ursprungsort wäre gemäß der Theorie der Quantenteleportation, vgl. [9], unvermeidlich. Auch hier würden daher zukünftige Gesetze entscheiden müssen, ob diese Form des Reisens erlaubt werden würde.

Eine Person, deren Gehirn eine Kombination aus Computer und Quantencomputer wäre, ist denkbar, und eine Übertragung einer entsprechenden Person wäre mithilfe der Übertragung der entsprechenden Bits und Qubits möglich.

Als Reisedauer kann definiert werden: Übertragungsdauer der Daten plus die Zeit bis zur Aktivierung des Roboters am Zielort.

Die Vorteile gegenüber dem Stand der Technik wären: Es würde kein materieller Verkehr erzeugt, d.h. es träte praktisch keine Belastung für Personen und Umwelt

auf sowie – abgesehen von den anfänglichen Investitionskosten – geringer Aufwand an Kosten und Energie.

Im Falle, dass denkende Roboter gebaut werden würden: Eine Roboterperson könnte per Mausklick seine Daten via Internet versenden. Sobald bei der Übertragung einer so großen Datenmenge wesentlich seltener Fehler auftreten würden als beim Reisen mit herkömmlichen Verkehrsmitteln, wäre das Unfallrisiko wesentlich geringer als beim herkömmlichen Verkehr.

Zudem gäbe es im Falle eines Roboters auf der Basis von Bits, d.h. ohne zu übertragende Qubits, immer das Original am Startort, das im Notfall wieder aktiviert werden kann. Bei einem tödlichen Unfall eines Menschen hingegen wäre so etwas nicht möglich. Dies ist ein qualitativer Sicherheitsvorteil von großem Wert.

Diese quantitativen und qualitativen Sicherheitsvorteile könnten den Ausschlag geben, dass sich diese Art des Reisens zumindest bei Reisen zu entfernten Zielen, wie von der Erde zum Mond etc., durchsetzen würde.

Die Reisegeschwindigkeit würde bei weiten Reisen die Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit erreichen – ein wie erwähnt mit anderen Transportmitteln auf lange Sicht unerreichbares Ziel.

Die Sicherheit kann z.B. durch zweifaches Senden der Daten zur Kontrolle, und gegebenenfalls erneutes Senden abweichender, d.h. fehlerhafter Bits, drastisch erhöht werden, optional kann natürlich direkt ein dreimaliges Senden stattfinden, oder zur weiteren Verringerung der effektiven Fehlerrate ein noch häufigeres Senden.

3.1 Zukünftige Erweiterung des herkömmlichen Internets

Die Erweiterung des herkömmlichen Internets um Verbindungen zum Mond, Mars und ferner – wenn es der Zivilisation in Zukunft gelingen sollte, andere Sternensysteme zu besiedeln – zu den jeweils erreichten Planetensystemen, könnte vorzugsweise durch eine Verbindung mittels starkem modulierten Laserstrahl am jeweiligen Startort hergestellt werden. Der Laserstrahl würde mit der zu übertragenden Information moduliert. Der Strahl könnte z. B. so justiert werden, dass er den zu erreichenden Himmelskörper mehr als ganz überdeckt. Dann ließe sich mit entsprechenden Empfangsteleskopen die Information am Zielort direkt extrahieren. Alternativ könnte ein Laserstrahl stärker fokussiert werden, wie es zum Mond schon heute kein technisches Problem darstellt, so dass die Daten nur von einem Empfangsgerät in einem eingegrenzteren Ortsbereich empfangen werden könnten. Ferner sind damit Verbindungen zwischen Orten, die sich mit relativ hoher Relativgeschwindigkeit bewegen, möglich.

Der Empfang eines wie beschrieben örtlich begrenzteren Strahls ist bei großen Distanzen auf verschiedene Weise möglich. Zunächst existiert das prinzipielle Problem, dass die Richtung des Strahls nicht aufgrund etwaiger Informationen vom Empfangsgerät geändert werden kann, wenn es zu weit entfernt ist – aufgrund der Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit für die Rücksendung von Informationen zum Startort. Das Problem kann auf folgende Arten umgangen werden. Zum einen: Wenn im erweiterten Zielortgebiet eine entsprechend dichte Verteilung von Empfangsgeräten vorhanden ist, können diese ermitteln, wo der Strahl vom Startort jeweils die etwa höchste Intensität aufweist und die am entsprechenden Empfangsgerät ankommenden Signale können verwendet werden, optional kann die Qualität weiter erhöht werden, indem die Signale bei Empfängern mit schwächeren Signalintensitäten mit berücksichtigt werden. Zum anderen: Es kann gleichzeitig ein schärfer gebündelter zweiter Strahl – z.B. etwa in der Mitte des ersten Strahls – vom Startort zur Lokalisierung zum Zielort gesendet werden und das Empfangsgerät würde sich immer so bewegen, dass der schärfere Strahl in seinem mittleren und nicht in einem seiner äußeren Bereiche detektiert würde. Dies wäre vergleichsweise einfach, wenn das Empfangsgerät sich im All befände, weil der Strahl dort keine oder i.allg. nur eine relativ *gleichmäßige* ‚Bewegung‘ ausführen würde, der das Empfangsgerät mit entsprechendem Raketenantrieb folgen könnte.

Vorzugsweise sind Laserstrahlen bis zum UV zu verwenden, weil sie im Gegensatz zu höheren Frequenzen praktisch keine Schäden am Zielort anrichten, sofern man die Intensität des Strahls geeignet wählt, und weil sie im Vergleich zu niedrigeren Frequenzen eine höhere Datenrate erlauben. Die Intensität muss so groß sein, dass die Bit Error Rate niedrig genug ist. Die effektive Fehlerrate kann – wie auf Seite 9 im letzten Absatz beschrieben – durch mehrmaliges Senden der Daten und entsprechendem Test auf abweichende Bits drastisch reduziert werden.

Das Versenden von 10^{17} Bits, das wie beschrieben möglicherweise der Kapazität des menschlichen Gehirns entspricht [3], mit einer Rate von 10 Tbits pro Sekunde würde von der Erde zum Mond bzw. zum Mars ca. 3 Stunden dauern – bei einmaligem Senden der Daten. Es wäre mithin wesentlich schneller, preiswerter und bequemer als ein Transport der entsprechenden Materie.

Während ein Roboter am Empfangsort aktiviert würde, wären zwei Möglichkeiten für den Roboter beim Sender von Bedeutung. Der Roboter am Startort bliebe vorläufig ausgeschaltet oder würde wieder aktiviert. Ferner könnte der Roboter vom Zielort aus auf die beschriebene Weise per Internet weiter und/oder wieder zurückgesendet werden.

Für den Fall, dass denkende Roboter gebaut würden: Falls der ursprüngliche Roboter im Ruhezustand bleiben würde, könnte man ihn je nach seinem vorher dokumentierten Wunsch, wenn das Gesetz es erlauben sollte, im Ruhezustand belassen oder z.B. (nach Erstellung eines Sicherheitsbackups) mit den zurückübertragenden Daten überspielen und wieder aktivieren. Dies wäre vergleichbar mit einer herkömmlichen Reise, weil die Anzahl der Personen sich durch das Reisen im Endeffekt nicht erhöhen würde. In anderen Fällen würde sich die Anzahl der aktiven Roboter durch dieses Reisen über das Internet jeweils erhöhen.

Eine Möglichkeit wäre es, das Roboter-Webtraf-Internet vom herkömmlichen Internet getrennt zu betreiben, weil es bei einer Übertragung eines benötigten Roboters – bzw. wie erläutert gegebenenfalls zukünftig einer Roboterperson – wichtiger wäre, zu gewährleisten, dass die Daten korrekt überspielt werden. Dazu und um es vor möglichen Anschlägen zu schützen, könnte ein spezielles Überwachungssystem für das Webtraf-Netz installiert werden und man könnte per Gesetzgebung entsprechende Strafen für Anschläge auf derartige Systeme festlegen. Man kann optional eine sogenannte abhörsichere Datenübertragung verwenden, die auf Resultaten der Quantenphysik beruht [12] – letztere ist mit niedriger Bitrate bereits kommerziell erhältlich.

3.2 Güterverkehr mittels Internet und Recycling – optional erweitert um das Matweb

Mit Hilfe des *Webtraf* lässt sich ebenfalls der *Güterverkehr* revolutionieren.

Der Bauplan eines Produktes und die Anweisungen, wie man ein Produkt herstellt, lässt sich über das Internet übertragen. Im einfacheren Falle besteht ein Produkt aus nur einem von wenigen bestimmten verschiedenen Rohstoffen oder aus wenigen bestimmten verschiedenen Rohstoffen, wie z.B. einem bestimmten Kunststoff, eines keramischen Werkstoffes und/oder einem Stahl, und es wären im einfachen Fall nur die Informationen über die 3-d-Formen der Teilobjekte des Objektes, die jeweils aus einem Rohstoff bestünden, zu übertragen. Es können im detaillierteren Fall z.B. Schaltpläne für einen Chip und Anweisungen zu dessen Herstellung übertragen werden. Auch für dieses Webtraf sollte man das oben beschriebene Überwachungssystem einführen, um die Informationen vor Zugriff Unberechtigter zu schützen.

Mit der Rastertunneltechnologie können bereits seit längerem Atome gezielt an vorgegebene Stellen platziert werden. Das Webtraf kann die Daten für ein Produkt optional bis auf Atomgenauigkeit übermitteln und am Zielort kann das Produkt mittels Rastertunneltechnologie (o.ä. [13]) optional atomgenau gefertigt werden. Der herkömmliche materielle Gütertransport kann zumindest teilweise unterbleiben, stattdessen würden die Informationen zum Bau des jeweiligen Produktes übermittelt werden. Selbst in normalen Personenhaushalten könnten dann auf Basis von Rastertunneltechnologie o.ä. [13] die Produkte gefertigt statt nur bestellt werden. Früher fuhr eine Person zu einem Fabrikanten, um ein Produkt zu erstehen, heute kann man Produkte per Internet bestellen; sie können i.allg. innerhalb von Tagen geliefert werden. Mit der vorliegenden Erfindung können Produkte im Internet bestellt werden und im selben Moment kann die Datenübertragung zum Kunden beginnen, und eine Rastertunnelmaschine o.ä. [13] kann direkt im Haus des Kunden mit der Produktion des Gutes beginnen.

Atomgenau hergestellte Produkte [14] können i.allg. relativ klein sein und dennoch vielfältige Funktionen ausführen, wie es z.B. von Proteinen bekannt ist. Daher wird sich schon mit relativ wenig zu übertragender Information eine reichhaltige Produktpalette anbieten lassen, und die Zeit zwischen Bestellung und Erhalt einer Ware könnte z.T. wesentlich unterhalb der beschriebenen heute üblichen Zeit von Tagen liegen. Zudem sind heutige Produkte i.allg. wesentlich weniger genau strukturiert als auf Atomgenauigkeit. Dementsprechend weniger Informationen zur Herstellung eines Produktes sind i.allg. zu versenden. Da wie oben erläutert eventuell zur Übertragung der Informationen sogar eines menschlichen Gehirns nur 3 Stunden benötigt werden würden, könnten die Informationen für eine sehr große Produktpalette in kurzer Zeit übertragen werden. Durch den gleichzeitigen Einsatz einer Vielzahl von miniaturisierten Robotern auch unterschiedlicher Größen kann die Produktionszeit gesenkt werden [13]. Dabei können nicht-atomgenaue Teile eines Produktes, die aus demselben Rohstoff bestehen – heutige künstliche Produkte bestehen praktisch immer nur aus gröberen nicht-atomgenauen Teilstrukturen – durch jeweils entsprechend größere Roboter bzw. Maschinen schnell hergestellt werden.

Die Fertigungsmaschine beim Kunden kann z.B. die dazu benötigten Atomsorten von einer Fabrik zur Herstellung von Atomsorten, optional in Form einfach und sicher zu lagernder Molekülsorten automatisch anfordern.

Die Atom- bzw. Molekülsorten können über ein Netzwerk mit getrennten Leitungen für die verschiedenen Atom- bzw. Molekülsorten vom Hersteller zum

Kunden geleitet werden. Neben der Wasser- und Stromleitung wäre dafür allerdings ein Netz von entsprechenden weiteren Leitungen zu installieren. Man kann vorzugsweise zunächst Produkte anbieten, die mit einer bzw. wenigen Molekülsorten, die z.B. relativ einfach in flüssiger oder gasförmiger - optional auch in superfluider - Form in Leitungen transportiert werden könnten, hergestellt werden könnten.

Zudem und/oder alternativ kann das Netz auch eine Weiterentwicklung des Schienenverkehrs sein. Dazu kann ein Netz aufgebaut werden, in dem u.a. die vorhandenen Bahnen für den Transport großer Mengen an Atom- bzw. Molekülsorten genutzt würden, und das vorhandene Netz vorzugsweise unterirdisch ausgebaut würde von Bahnhöfen mit immer kleineren Schienen bis hin zum einzelnen Verbraucher. Überwacht werden könnte das Netz mit Kameras etc. und Reparaturen könnten mit entsprechenden Robotern durchgeführt werden.

Des weiteren kann bei weiterer Miniaturisierung der Fabriken mithilfe der Nanotechnologie [13] zur Herstellung von Atom- bzw. Molekülsorten aus der Erde bzw. dem jeweiligen Planeten oder der jeweiligen Umgebung, der Kunde direkt vor Ort selbst durch eine entsprechende Miniaturfabrik bzw. Maschine die benötigten Rohstoffe gewinnen.

Um den Zeitverzug zwischen Bestellung und Erhalt der Ware zu minimieren, wäre beim Kunden vorzugsweise ein Reservoir einer jeden benötigten Atom- bzw. Molekülsorte vorzuhalten, und nur bei Konstruktion einer Ware ein nachträgliches vorzugsweise automatisch veranlassenes Wiederauffüllen der entsprechenden Atom- bzw. Molekülspeicher wie beschrieben durchzuführen.

Der Kunde könnte dem Produkthanbieter zudem mitteilen, welche Atom- bzw. Molekülsorten er in besonders hohem Maße vorrätig hat. Ein Anbieter, der zuvor eine entsprechende Palette verschiedener Baupläne seines Produktes gleicher Funktion aber unterschiedlicher Zusammensetzung entwickelt hätte, könnte für die jeweils beim Kunden vorhandenen Atom/Molekülmengen einen günstigen Bauplan anbieten. Die Übermittlung der Bauplandaten über die beim Kunden vorhandenen Atom/Molekülsorten und -mengen kann vorzugsweise automatisch von einem Computer am Atom/Molekülreservoir beim Kunden statt vom Kunden selbst durchgeführt werden.

Der unberechtigten mehrfachen Erzeugung eines Produktes oder eine unerlaubte Modifikation der Informationen zur Erzeugung eines Produktes durch einen Kunden kann durch entsprechende Gesetzes-, Kontroll- und Kodierungsmaßnahmen begegnet werden. Zur Erschwerung oder Verhinderung der Nutzung derartiger Produktverbreitung für eine illegale Waffenproduktion können ebenfalls derartige Maßnahmen eingeführt werden. Zunächst wäre optimal, nur wenige Atom/Molekülsorten frei anzubieten, nämlich solche, die zur Herstellung von Waffen – zumindest gemäß dem jeweiligen Stand der Wissenschaft - möglichst untauglich wären. Aus Sicherheitsgründen wären zudem vorzugsweise zunächst nur solche Atom/Molekülsorten zu Versenden oder beim Kunden vor Ort zu speichern, die keine bzw. eine möglichst geringe Gefährdung für den Kunden beinhalten würden.

Ein Kunde kann eine Privatperson, eine Firma/Behörde o.ä. sein.

Im interplanetaren oder gegebenenfalls in Zukunft im interstellaren Raum können die Atom/Molekülsorten mittels Frachtraumschiffen ausgetauscht werden.

Eine weitere Möglichkeit zum Versenden von Materie im Raum ist, die Teilchen zunächst zu ionisieren, vorzugsweise durch Abspalten eines oder weniger Elektronen, und die Ionen und Elektronen mit Teilchenbeschleunigern in die gewünschte Richtung auf nahezu Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, dann

diese wieder zusammenzuführen und den rekombinierten Molekül- bzw. Atomstrahl dann zum Materieaustausch zu verwenden. Am Zielort können die Teilchen vorzugsweise in elektrischen/elektromagnetischen Feldern zwischen zahlreichen mindestens im Bereich des Teilchenstrahls verteilten Kondensatorplatten bzw. mit Hilfe von Laserstrahlen geeigneter Frequenzen wieder ionisiert werden, anschließend abgebremst werden und wieder kondensiert werden und somit nutzbar gemacht werden.

Auf der Erde bzw. allgemein in dichter besiedelten Räumen könnten theoretisch entsprechende Leitungen für die Atom/Molekülsorten für bis nahezu Lichtgeschwindigkeit gebaut werden. Die Umlenkung eines Strahls an einer Verzweigung könnte durch die beschriebene Ionisierung, Umlenkung bzw. Aufspaltung und anschließender Rekombination von Ionen und Elektronen durchgeführt werden; die Leitungen wären bei ausreichend geringem Luftdruck zu betreiben. Somit wäre auch in einem derartigen Netz eine Übertragung von Materie u.a. mit nahezu Lichtgeschwindigkeit möglich bei minimalem Energieverbrauch, weil nur die benötigte Materie, d.h. Atome/Moleküle, und keine Fahrzeuge beschleunigt werden würden.

Ferner kann die Reinigung von Strahlen bzgl. Atom/Molekülsorten nach einer Ionisierung z.B. mittels Magnetfeld erfolgen, wodurch der gewünschte ionisierte Strahl aufgrund der Masse seiner Teilchen etwa genau eine bestimmte gekrümmte Bahn nähme – der Radius r ist aufgrund dessen, dass Betrag von Zentrifugalkraft und Lorentzkraft übereinstimmen muss, d.h. $m \cdot v^2 / r = q \cdot B \cdot v$, etwa proportional zur Teilchenmasse m bei angenommener gleicher Geschwindigkeit v , Ladung q und konstantem Magnetfeld B –, die anderen Teilstrahlen entsprächen Verunreinigungen, die weiter analysiert und anschließend optional der Leitung für die entsprechenden Teilchen gleicher Sorte zur Verfügung gestellt werden könnten. Optional kann eine Abfalleitung verwendet werden, wenn Verunreinigungen Teilchen enthalten, für die noch keine eigene Leitung o.ä. vorhanden wäre, bzw. ein entsprechendes Schienennetz.

Ferner könnten mithilfe dieses Prozesses auch mehrere Teilchensorten in einer einzelnen Leitung transportiert werden und an Umlenk- oder Endstellen, wie im letzten Absatz beschrieben, in die entsprechenden Teilchensorten aufgespalten werden.

In einem solchen Leitungsnetz könnten optional auch die Ionen selbst umgelenkt werden, d.h. ohne den Vorgang der Rekombination und Ionisierung bei jeder Umlenkung bzw. Verzweigung durchführen zu müssen – mit dem Nachteil der Störanfälligkeit durch eventuelle äußere Felder und durch die gegenseitige Abstoßung im Strahl.

Das beschriebene *Matweb* wird im folgenden als **bidirektional** bezeichnet, wenn auch entsprechende Übertragungen, Leitungen o.ä. zum Transport von beim Kunden überschüssiger Materiesorten oder Güter etc. vorhanden sind bzw. entsprechende Übertragungen stattfinden. Ein Kunde kann zugleich auch Anbieter eigener Produkte sein.

Ferner kann optional statt eines Schienennetzes auch ein zeitlich gut abgestimmtes System aus rotierenden Konstruktionen zum Auffangen und Umlenken der jeweiligen Materie verwendet werden.

Ein Recycling kann durchgeführt werden durch die Destruktion einer Ware vor Ort in ihre Atom- bzw. in geeignete Molekülsorten – entsprechende Fabriken bzw. Maschinen könnten in Zukunft bei Verwendung der Nanotechnologie miniaturisiert werden –, die vor Ort in die Reservoirs gegeben werden können. Alternativ können im bidirektionalen *Matweb* überschüssige Atom/Molekülsorten auch über ein entsprechendes Leitungs- und/oder Schienen- etc. –netz einer

Atom/Moleküllagerstätte und/oder anderen Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

Als Transportdauer einer Ware im Matweb kann definiert werden: Die Zeit für das Versenden der Daten zur Konstruktion des Gutes inklusive der Dauer zur Konstruktion des Gutes vor Ort.

Beide Arten des Webtraf, das beschriebene ‚Versenden eines Roboters‘ und das ‚Versenden einer Ware‘, optional mit dem Matweb oder der beschriebenen Gewinnung des Materials vor Ort, können erweitert werden: Wenn mehrere Zieladressen im Internet angegeben werden, kann mit dem Versenden zugleich eine Vervielfältigung des Roboters bzw. der Ware einhergehen.

Für den Fall, dass zukünftig denkende Roboter konstruiert werden können und diese auf diese Weise vervielfältigt würden, würde dies effektiv eine Vervielfältigung einer Person bedeuten. Die Roboterperson würde dann de facto zugleich – bzw. natürlich unter Berücksichtigung der Reisezeit und optional mit Zeitversetzungen – an *mehrere* Zielorte reisen können. Das Erlauben, Einschränken oder Verbieten des denkbaren ungehemmten Sich-Vervielfältigen der Roboterpersonen wäre eine Frage an die Gesetzgebung.

Für alle beschriebenen neuen Arten des Verkehrs lässt sich die Transport- bzw. Reisedauer weiter vermindern, wenn eine Ware bzw. der jeweilige Roboter eine verbesserte Version eines älteren Typs darstellt, die bzw. der bereits einmal an den jeweiligen Empfänger versendet wurde. Das Empfängergerät kann dies der Firma, Organisation o.ä., bei der/dem die Bestellung gemacht wird, während der Bestellung automatisch mitteilen. Dann reicht es aus, nur die Daten, welche die Änderungen des neuen Typs gegenüber dem älteren Typ charakterisieren, zu übertragen, d.h., die Transport- bzw. gegebenenfalls Reisedauer würde hierdurch z.T. drastisch verkürzt werden.

4 Zusammenfassung der Möglichkeiten gewerblicher Anwendung und der Vorteile

Die Umsetzung der beschriebenen Möglichkeit würde bewirken, dass der Güter-, Rechnerinhalte-, Roboter- und möglicherweise gegebenenfalls der Personenverkehr zumindest zum Teil ersetzt werden könnte durch ein Versenden der jeweiligen Informationen über das Internet und optional den Aufbau des Gutes, Rechners, Roboters am Zielort – optional inklusive eines Versendens von Atomsorten bzw. Molekülsorten, die zum Bau des Gutes, Rechners, Roboters am Zielort und/oder zum Wiederauffüllen der Materialreservoirs am Zielort nötig wären.

Im beschriebenen Matweb könnten die zur Konstruktion der Güter benötigten Atome bzw. einfachen Moleküle optional mittels Ionisierung, Beschleunigung und Rekombination versendet werden, optional mit nahezu Lichtgeschwindigkeit, über extreme Distanzen und mit extrem geringen Kosten, weil keine Fahrzeuge beschleunigt werden müssten, sondern nur die benötigte Materie. Zudem kann durch die Reservoirs beim Kunden die Zeit zwischen Bestellung und Erhalt der Ware reduziert werden, indem das Gut mithilfe der vor Ort vorhandenen Materialien sofort gebaut werden kann und nur nachträglich die Speicher optional durch Gewinnung der Rohstoffe vor Ort und/oder mithilfe des Matweb aufgefüllt werden. Nach einmaligem Senden reicht es zudem beim Senden einer neueren Version eines Gutes bzw. Roboters aus, nur die entsprechenden Neuerungs- bzw. Update-Informationen zu senden.

Die Durchführung des Recyclings vor Ort zum Auffüllen der Materiespeicher und/oder die Rückeinspeisung in das Matweb würde das bisherige Transportieren des Abfalls in Fahrzeugen zu einer Zentrale ersparen.

Insbesondere bei weiten Strecken ist die beschriebene Art des Verkehrs bei extrem geringem Materietransport, extrem geringer Lärmemission und Umweltbelastung, extrem geringem Energiebedarf und bei extrem geringen Kosten und hoher Sicherheit sowie optional mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durchführbar.

Es ist denkbar, dass der Großteil des Verkehrs in Zukunft aufgrund der beschriebenen überdeutlichen Vorteile insbesondere bei der Sicherheit auf diese neue Art des Verkehrs umgestellt werden wird.

5 Die Frage der Bedeutung für die Gesellschaft und was wann erstrebenswert erscheint

Das ‚Reisen‘ von Computerspeicherinhalten und Robotercomputerinhalten ist bereits heute relevant, man denke z.B. an die manchmal notwendige Fernumprogrammierung von Robotersonden z.B. auf dem Mars.

Für den Güterverkehr ist der Aufbau eines Matweb ein Kostenfaktor, daher ist eine größere Bedeutung des Matweb in den nächsten Jahren nicht zu erwarten. Ein automatisierter Aufbau eines solchen Netzes durch entsprechende Roboter ist in späterer Zeit denkbar.

Der Kleingüterverkehr kann zukünftig wie beschrieben bereits ohne ein Matweb mit Hilfe der Übertragung der Daten optional mit einem Güterrecycling vor Ort durchgeführt werden.

Die spezielle Frage, ob denkende Roboterpersonen gebaut werden sollten, wenn dies einmal möglich sein sollte, ist eine Frage, welche die Gesellschaft entscheiden muss. Der Autor des vorliegenden Berichtes hält es für nicht erstrebenswert, denkende Roboter zu früh zu bauen, weil diese die potenzielle Fähigkeit hätten, den Menschen zu schaden.

Literatur

- [1] Physikalische Blätter, 2/47, 2000, DPG
- [2] Physikalische Blätter, 1/20, 2001, DPG
- [3] Schwartz, J.T., 1990, The new connectionism: developing relationships between neuroscience and artificial intelligence. In: The artificial intelligence debate. Hrsg. S. R. Graubard, MIT, Cambridge, USA
- [4] Moravec, H., 1999, Robots, MIT University Press
- [5] Dörner, D., 2001, Bauplan für eine Seele, Rowohlt
- [6] Brooks, R.A., and Stein, L.A., 1993, Building Brains for Bodies, Technical Report, MIT AI Lab Memo #1439, USA
- [7] Scasselati, B., Theory of Mind for a Humanoid Robot. First IEEE/RSJ International Conference on Humanoid Robotics, 9.2000
- [8] Sun, R., Accounting for the Computational Basis of Consciousness: A Connectionist Approach, NEC Research Institute, Princeton, 1999
- [9] Bennett, C. H., Brassard, G., and Crepeau, C., *Phys. Rev. Lett.* 70 (1993) 1895.
- [10] Bouwmeester D., Pan J.-W., Mattle K., Eibl M., Weinfurter H. and Zeilinger A., *Nature*, 390 (1997) 575.
- [11] Braunstein S. L. and Kimble H. J., *Nature*, 394 (1998) 840 ; Kwiat P. G. and Weinfurter H., *Phys. Rev. A*, 58 (1998) R2623; Lütkenhaus N., Calsamiglia J. and Suominen K.-A., *Phys. Rev. A*, 59 (1999) 3295; Scully M. O., Englert B.-G. and Bednar C. J., *Phys. Rev. Lett.*, 83 (1999) 4433; Paris M. G., Plenio M. B., Bose S., Jonathan D., D'Ariano G. M., *Phys. Lett. A*, 273 (2000) 153; Vitali D., Fortunato M. and Tombesi P., *Phys. Rev. Lett.*, 85 (2000) 445
- [12] Physik Journal, Quantenkryptographie über 67 km, 7, 2002, DPG
- [13] Drexler, K. E., 1995, Molecular Manufacturing: Perceptions on the ultimate limits of fabrication; Drexler, K. E., 1999, Building molecular machine systems, TIBTECH Januar 1999 Vol 17; VDI, 2001, Vorstudie für eine Innovations- und Technikanalyse Nanotechnologie.
- [14] H. E. Gaub, T. Hugel und M. Seitz, Nanomaschinen: Ein lichtgetriebener Molekülmotor, *Spektrum der Wissenschaft*, 10.2002