Hauptseminar

Informatik und Gesellschaft

Prof. Dr. K.Lagally, S. Schimpf
Universität Stuttgart
Institut für Informatik
Abt. Betriebssoftware

Wie zukunftsfähig ist die “Informations- und Kommunikationsgesellschaft” ?

Mark Breitenbücher
mkbreite@tick.informatik.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

"Weiter, schneller, mehr – dieses Credo treibt die Industriegesellschaft voran. Produktion und Konsum werden angekurbelt. Wegstrecken schneller überwunden, Kommunikation beschleunigt. Doch immer mehr Menschen spüren, daß ein ungebremstes Wachstum in einer begrenzten Welt nicht möglich ist. Klimaeffekt, Ozonloch und Waldsterben sind nur einige Anzeichen. Ein "Weiter so" funktioniert nicht mehr: Unsere Art zu leben und zu wirtschaften ist schon heute nicht mehr tragfähig, geschweige denn ein Modell für die Welt von morgen und die Länder des Südens."[1]

Der Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen durch Vermeidung und

Reparatur von Umweltschäden und dem Schutz von Pflanzen, Tieren und letztendlich ganzen Ökosystemen wird gerade im Hinblick auf die Lebensmöglichkeiten zukünftiger Generationen eine hohe Bedeutung beigemessen. Die ethische Notwendigkeit des Umweltschutzes wird als gegeben vorausgesetzt und soll hier nicht diskutiert werden. Darüber hinaus sind es vor allem ökonomische Betrachtungen, die uns mittel- bis langfristig dazu zwingen technische und gesellschaftliche Entwicklungen auf ihre Umweltverträglichkeit hin zu überprüfen. Beispielsweise verursacht die Schadstoffbelastung mit Benzol und Rußpartikel durch die (wachsende) Automobilität in Deutschland heute schon Gesundheitskosten von 28 Mrd. DM pro Jahr. Die meisten Kosten werden jedoch auf nachkommende Generationen, in Form von Umweltkatastrophen, abgewälzt.

Seit September 1994 ist der Umweltschutz auch als Staatsziel im Grundgesetz verankert:

"Der Staat schützt auch in Verantwortung für die zukünftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung." (Artikel 20a des Grundgesetzes zitiert in [19])

Wenn die Informationsgesellschaft als Zukunftsperspektive Bestand haben will, muß sie zeigen, wie sie die großen Probleme unserer Zeit – wie z.B. den Umweltschutz – lösen kann. Die Frage ist nun, wie effektiver Umweltschutz betrieben werden kann und wie das Leitbild Informationsgesellschaft dieses Problem angeht.

1.1 Eine kurze Geschichte des Umweltschutzes...

Die Anforderungen an die Umweltpolitik haben sich in den letzten Jahren wesentlich verändert: Als Mitte der siebziger Jahren die direkten Folgen unserer "unsauberen" industriellen Produktion immer offensichtlicher wurden (vergiftete Menschen und Tiere, tote Gewässer, verschmutzte Luft), versuchte man zunächst das Problem mit Immissionsindikatoren in den Griff zu bekommen. Von dem immissionsbezogenen Ansatz, der zu hohen Schornsteinen statt zu weniger Umweltbelastung führte, ging man nach und nach dazu über Emmissionsindikatoren zu betrachten. Daraufhin wurde sehr viel materieller, finanzieller, und intellektueller Aufwand in die Identifizierung von gefährlichen Einzelstoffen gesteckt, um sie sodann vom Markt zu nehmen, aus Abgasen herauszufiltern oder als Rückstände zu verbrennen. Schadstoff-Indikatoren, wie z.B. SO_2 und Schwermetallkonzentrationen, wurden entwickelt.

Parallel zu diesem sogenannten *"end of pipe"-Ansatz*, entwickelte sich eine Industrie der nachsorgenden Umwelttechnik, in der Deutschland, wie führende Politiker nicht müde werden zu betonen, eine Spitzenstellung einnimmt. So erfolgreich und wichtig sie auch in Bezug auf Einzelstoffe sein mag, kann sie doch nicht darüber hinwegtäuschen, daß globale Umweltprobleme, wie z.B. die drohende Klimaveränderung durch anthropogene CO_2- und Methan- Einträge in die Atmosphäre oder der steigende Meeresspiegel, mit diesem Ansatz nicht zu lösen sind. Dies liegt nicht zuletzt daran, daß die Wirkung von Einzelstoffen auf ein hinreichend komplexes Ökosystem nie ganz erforscht werden kann und zudem jährlich Tausende von neuen Stoffen entdeckt bzw. hergestellt werden.[13]

Aus diesem Dilemma heraus hat sich in den letzten Jahren die Idee des *"sustainable development"* (oft mit *nachhaltige-* oder *zukunftsfähige Entwicklung* ins Deutsche übersetzt) herausgebildet. Darunter versteht man eine Entwicklung, in der die Bedürfnisse heutiger Generation befriedigt werden sollen, ohne die Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden.[1] Mit diesen Leitbegriffen verbindet sich auch die Erkenntnis, daß umweltpolitische Probleme nicht unabhängig von wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen gesehen werden können. Die alte Entwicklungsmaxime, zunächst ökonomischen Wohlstand zu erreichen und danach die Umweltschäden zu reparieren, muß heute durch einen im Wirtschaftssystem und in den Produktionsprozessen integrierten Umweltschutz ersetzt werden. Führende Umweltschutz-Experten, wie z.B. Ernst Ulrich von Weizsäcker, sprechen sich dafür aus, externe Umweltkosten in die betriebswirtschaftliche Rechnung von Produkten und Dienstleistungen mit aufzunehmen. Preise sollen die "ökologische Wahrheit" sprechen.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit von Umweltindikatoren, die außer wissenschaftlich vertretbar, vor allem politisch und ökonomisch handhabbar sein müssen. Sie können dann z.B. als Berechnungsgrundlage für eine ökologische Steuerreform benutzt werden.[1] Wichtigstes Ziel eines vorsorgeorientierten Umweltschutzes ist es, die anthropogenen Stoffströme auf ein risikoarmes Niveau zu reduzieren. Diese Einsicht stammt unter anderem aus der Erfahrung, daß CO_2 in großen Mengen – ein an sich nicht gesundheitsschädlicher Stoff – unser Klima nachhaltig aus dem Gleichgewicht bringen kann. Die Menschheit bewegt heute mehr Masse als die Geosphäre. Das ist ziemlich sicher nicht risikoarm! Deshalb wird in [2] MIPS (Material-Intensität pro Serviceeinheit) als ein geeignetes Maß für die Umweltbelastung eines Produkts oder einer Dienstleistung vorgeschlagen (ergänzt durch bekannte Schadstoffindikatoren). Der Material-Input(MI)-Wert muß dabei alle Stoffströme – vom Abbau der Rohmaterialien bis zur Rückgabe in die Natur (Abfall, Abgas, Abwasser...) – berücksichtigen. Also auch die Massen, die nur zur Gewinnung der Rohstoffe bewegt werden und dabei als Abfall wieder der

[1] eine Ausführliche Diskussion über Umweltindikatoren findet sich in [1] und [2]

Natur übereignet werden. Die sogenannten *"ökologischen Rucksäcke"*. Diese um die "vergessenen Tonnen" erweiterte Billanzierung des Ressourcenverbrauchs geht seit kurzem auch in die Umweltökonomische Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes ein (zitiert in [1]). Das *Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie* erstellt auf dieser Grundlage nach und nach Ökobilanzen für wichtige Produkte und Grundstoffe. Unter anderem gibt es bereits Vorab-Veröffentlichungen von Studien über den PC [5] (siehe Abschnitt 2.1)und über das Automobil [17].

Nachhaltiger Umweltschutz muß also heute zwei komplementäre Strategien verfolgen: Schadstoffkontrolle zur Abwehr erkannter Gefahren und Minimierung der Ressourcenentnahme aus der Geosphäre, als vorsorgeorientierte Strategie der Gefahrenvermeidung. Experten des Wuppertal Instituts gehen davon aus, daß langfristig (bis Mitte nächsten Jahrhunderts) eine weltweite Verminderung des MIs um mindestens 50% zukunftsfähig wäre. Geht man davon aus, daß die armen Länder den gleichen Anspruch auf Ressourcen haben, wie wir bedeutet das für Deutschland eine "Dematerialisierung" der Produktion um 80-90%.[2, 1] Dies kann einerseits mit weniger MI pro Serviceeinheit (Effizienz), andererseits mit Verringerung der Serviceeinheiten durch Hinterfragen des Nutzens, Verlängerung der Lebensdauer, Sharing und Kaskadennutzung erreicht werden. Vor allem im zweiten Punkt – dem intelligenten Benutzen von Produkten – liegt ein ungeheueres Potential.

In der aktuellen Umweltpolitik steht der nachsorgende Umweltschutz leider noch immer im Vordergrund. Vorsorgeorientierte Ziele, wie z.B. das auf dem Umweltgipfel in Rio beschlossene globale CO_2-Reduktionsziel, werden zwar aufgestellt aber, zumindest von Deutschland, nicht erreicht.

Positive Effekte bei der Steigerung der Ressourceneffizienz werden, ohne geeignete Steuermechanismen durch höheren Konsum (mehr Service-Einheiten) überkompensiert (sogenannter *Rebound-Effekt*)

1.2 Informations- und Kommunikationsgesellschaft

Der Begriff "IuK-Gesellschaft" wurde bewußt gewählt, da "Kommunikation" im Gegensatz zur "Information" auch eine Verarbeitung derselben und einen Informationsfluß in beide Richtungen impliziert. Leider entwickelt sich die oft propagierte "Informationsgesellschaft" immer mehr in Richtung eines einseitigen Informationsflusses. Durch die enorme Informationsflut sind Menschen oft (noch) gar nicht in der Lage, die ankommenden Informationen zu verarbeiten. Die Interaktivität beschränkt sich meist auf das Auswählen von vorgefertigten Programmen und Ausfüllen von Bestellformularen für das Teleshopping. "IuK-Gesellschaft" und "Informationsgesellschaft" wird im Folgenden synonym verwendet. Betrachtet werden in Bezug auf Umweltschutz vor allem die Formen der Informationsgesellschaft, die heute schon abzusehen sind, wie z.B. Telearbeit in der heutigen Form. Aber auch die Visionen der Informationsgesellschaft, wie sie von verschiedenen Vertretern aus Wirtschaft und Politik vorgestellt werden, sollen, soweit wie heute schon möglich, auf ihre Umweltverträglichkeit hin überprüft werden.

1.3 Überblick

In den Nachfolgenden Betrachtungen werden die Auswirkungen der IuK-Technologie in Bezug auf Ressourcenverbrauch und Ressourcenschonung, also Vergrößerung oder Verringerung von anthropogenen Stoffströmen – soweit das bereits möglich ist – betrachtet. Als wichtigste Studien zur Umweltverträglichkeit wurden Untersuchungen des *Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie* (zitiert in [5] und [17] und die Studie "Umweltschutz im Cyberspace" [10] des *Öko-Instituts e.V.* herangezogen. Leider ist mir von Seiten der öffentlich geförderten Projekte zur Informationsgesellschaft, wie sie in [20] vorgestellt werden (z.B. Teleworking und Verkehrsleitsysteme), bez. ihrer Ökobilanz nichts bekannt.[2] Im Gegenteil gehen die Visionäre der Informationsgesellschaft davon aus, daß sich eine nachhaltige Entwicklung durch die Informationsgesellschaft automatisch einstellt. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, daß dies nicht der Fall ist. Im Gegenteil ist ein enormer gestalterischer Aufwand notwendig, um die beiden Leitbilder *Informationsgesellschaft* und *"sustainable development"* in Einklang zu bringen und damit als echte Zukunftsperspektive zu etablieren.

2 Ressourcenverbrauch durch IuK-Technologie

In diesem Kapitel sollen die negativen Auswirkungen der IuK-Gesellschaft auf den Umweltraum bilanziert werden. Dazu werden in Abschnitt 2.1 zunächst die Umweltbelastungen untersucht, die aus der Herstellung und Benutzung von Computern an sich resultieren. Diese Belastungen fallen immer an, auch wenn der Computer letztendlich ressourcenschonend eingesetzt wird. Sie können lediglich durch ressourceneffizientere Produktionsverfahren verringert werden. Bei Effizienzsteigerungen stößt man allerdings ziemlich schnell an natürliche Grenzen, da z.B. der Energiegehalt eines Kraftstoffes nicht mehr als zu 100% genutzt werden kann. Dies muß vor allem bei den im Abschnitt 3 behandelten ressourcenschonenden Einsatzgebieten bedacht werden.

[2] Eine entsprechende Anfrage meinerseits blieb bis jetzt unbeantwortet

2.1 Die Computerhardware

Wie erneut eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie gezeigt hat, ist die Herstellung und der Betrieb von Computern extrem ressourcenaufwendig. Die Studie wird deshalb im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt.[5] Angesichts der Ergebnisse erscheinen die Visionen verschiedener Pioniere der Informationsgesellschaft, wie Bill Gates oder Nicholas Negroponte, absurd.

2.1.1 Abschätzung der Materialintensität von IuK-Technologien: Der PC

Nach einer Lebenszyklusabschätzung des Wuppertal Instituts verbraucht ein durchschnittlich ausgestatteter Rechner mit 486er Prozessor, einem 14-Zoll Farbbildschirm und einer Tastatur je nach Art der Nutzung einen Materialinput von mindestens 16 bis 19 Tonnen Rohstoffe. Das ist fast 2/3 soviel wie ein Mittelklasse-PKW ohne Elektronik benötigt. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Ressourcenverbrauch momentan bei ca. 75 Tonnen pro Kopf und Jahr ([1] Seite 99). Eine zukunftsfähige Entwicklung macht eine Reduktion um 80–90% dieses Pro-Kopf-Verbrauchs erforderlich! ([1] Seite 80)

Dabei ist der Hauptverursacher dieses “Ressourcenhungers” nicht etwa der Stromverbrauch während des Betriebs, sondern der gewaltige Energieaufwand bei der Herstellung von Prozessoren und der Gewinnung der hochreinen und seltenen Elemente. Die Wuppertaler haben die “Ökologischen Rucksäcke” der Grundstoffe, soweit sie bekannt sind, mitberücksichtigt. Materialien, die im PC Verwendung finden, für die aber kein MI-Wert vorliegt, wurden nur mit ihrem Eigengewicht in die Bilanz eingerechnet.

Eine andere Studie[6] berechnet den Energiebedarf eines Computers mit Monitor und kommt auf einen Energiebedarf von 5335 kWh über den gesamten Lebenszyklus. Hier wird zum Vergleich der jährlich durchschnittliche Energiebedarf eines Inders angegeben: 2450 kWh. In Deutschland lag der Energieverbrauch 1993 bei 48264 kWh pro Kopf und Jahr.[19] Ähnliches gilt auch für den Wasserverbrauch: Ein auf Madagaskar lebender Mensch kommt mit dem Wasser zur Produktion eines einzigen PCs 16 Jahre lang aus!

Verschärft werden die beschriebenen Umweltbelastungen dadurch, daß Computerhardware besonders schnell veraltet und somit einem sehr kurzen Produktions- und Konsumptionszyklus unterliegen (ca. 3-5 Jahre). Teilweise sogar einem Nullzyklus: In Herstellerkreisen kursieren Zahlen, nach denen im Schnitt pro drei verkauften PCs ein weiterer, fabrikneuer direkt vom Lager des Herstellers ins Recycling wandert.[5]

Software, welche immer größere Rechenleistung benötigt und dazu noch inkompatibel zu Vorversionen ist, unterstützt diesen Trend. Zum Beispiel hat mir das Bundesumweltministerium eine Literaturliste im Word-97-Format übermittelt, welches ich mit meiner Winword-2.0-Version nicht lesen kann. Ich bin also auf Dauer genötigt mir Windows 95 mit der entsprechenden Word-Version zu besorgen. Dazu brauche ich aber einen schnelleren Rechner!

Die von der Computerindustrie in den letzten Jahren angestellten Recyclingbemühungen sind ein unzureichender Ansatz zur Lösung dieses Problems. Zum einen werden bisher nur sehr wertvolle Materialien wie Gold und Platin wiedergewonnen (der Rest wird verbrannt), zum anderen werden die Probleme dadurch nur in den Energiesektor verlagert ([7] Seite 36). Im Bereich Energieeinsparung durch sogenannte "Green-PC" ist anzumerken, daß die Gebrauchsphase nur einen geringen Beitrag zur Umweltbelastung in der Lebenszyklusanalyse leistet (5335 kWh zur Herstellung gegenüber 85 kWh in der Nutzungsphase bei privatem Gebrauch). Die Verminderung des Energieverbrauchs während des Betriebs ist also nur ein kleiner, erster Schritt.

Auch hier würde eine ökologische Steuerreform weiterhelfen: in [6] wird gezeigt, daß ein Computer, der heute 2000 DM kostet, bei einer Einberechnung der externen Kosten rund 5300 DM kosten müßte, also das 2,7 fache!

2.2 Beschleunigung von Stoffströmen

Das eigentliche ökologische Problem der Informationsgesellschaft liegt darin, daß sie mit ihrem Leitbild des "weiter, schneller, mehr" den Kreislauf von Produktion und Verbrauch ständig beschleunigt. Dadurch werden anthropogene Stoffströme ungeahnten Ausmaßes in Gang gesetzt.

Computersysteme und Computernetze sind die wahrscheinlich wichtigsten Voraussetzungen für die Globalisierung der Wirtschaft. Dies ist u.a. damit zu belegen, daß die Logistik, die dafür erforderlich wird, ohne Computer kaum zu bewerkstelligen wäre. Auch bei der Beschleunigung industrieller Wertschöpfungsprozesse liefert die IuK-Technologie einen wesentlichen Beitrag zur erforderlichen Automatisierung. Die Verbindung zwischen Vernetzung, Globalisierung der Märkte und der Produktion und der dadurch entstehenden Umweltbelastung soll am Beispiel des *Dorfes Aalsmeer*[3] kurz dargestellt werden:

Mitte der sechziger Jahre wurden auf dem Blumenmarkt von Aalsmeer in erster Linie Blumen aus der heimischer Produktion versteigert. Da Blumen besonders zeitkritische Waren sind (Lebensdauer 5–14 Tage), wurde im ersten Schritt das System der sogenannten Distributionslogistik aufgebaut:

[3] Das Beispiel stammt vom Hamburger Hochschullehrer und Stadtökonom Dieter Läpple, zitiert in [7]

Blumen werden direkt nach ihrer Versteigerung in klimatisierten Jumbo-LKWs in die verschiedenen europäischen Regionen, bzw. mit dem Flugzeug nach Großbritannien und in die USA ausgeliefert.

Im zweiten Schritt wurde zusätzlich eine entsprechende Beschaffungslogistik entwickelt: Durch saisonal bedingte Schwankungen war die Blumenauktion nicht immer ausgelastet. Deshalb wurden Blumen aus Nizza, Israel und anderen Produktionsstandorten importiert. Durch Distributions- und Beschaffungslogistik entstand ein weltweites Informationsnetzwerk, welches den in der Nähe von Aalsmeer gelegenen Flugplatz zum internationalen Umschlagplatz für Schnittblumen machte.

In einem dritten Schritt wurde Güter- und Informationsfluß entkoppelt: In Tel Aviv produzierte Blumen können nun direkt nach Tokio transportiert werden.

Im vierten Schritt wurde der "Produktionsprozeß" der Blumen mit in die logistische Kette aufgenommen: Sogenannte Klimatisierungs-Computer sorgen im Gewächshausanbau für die Klimaregulierung und die Dosierung der Nährstoffe. Wenn in Aalsmeer die Kasse klingelt, wird irgendwo auf der Welt die entsprechende Nährstofflösung für die entsprechende Pflanze freigesetzt. Dieses "Electronic Data Interchange Flower-Network" hat dazu geführt, daß sich der grenzüberschreitende Handel von Blumen und Pflanzen von einem Umfang von 100 Mio. DM im Jahre 1965 auf 4,5 Mrd. DM im Jahre 1985 mehr als verzehnfacht hat und heute etwa 9 Mrd. DM beträgt.

Abgesehen vom höheren Konsumkomfort führt das strategische Netzwerk Aalsmeer zu einer starken Steigerung des Transportaufkommens, d.h. mehr Transportmittel müssen bereitgestellt werden, höherer Benzin- und Kerrosinverbrauch, mehr Schadstoffe in der Atmosphäre, mehr Verpackungsmaterial und natürlich mehr Abfall.

Aalsmeer ist kein Einzelfall. Die Entwicklung zur Globalisierung der Produktion, bzw. sogenannter "just-in-time-Produktion" ist in allen Industriezweigen zu erkennen. Unterstützt durch strategische, globale Unternehmensnetzwerke, werden Motoren in Großbritannien produziert um sie in den USA in Automobile einzubauen, die wiederum in Deutschland verkauft werden.

3 Ressourcenschonung durch IuK-Technologie

"Für Realisten ist sie [die Informationsgesellschaft] schlicht die einzig mögliche Antwort auf die großen Zukunftsherausforderungen Umweltschutz, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit." (Dipl.-Ing. Jörg Menno Harms, Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI in [20])

Bei der Lösung von Umweltproblemen durch IuK-Technologie fühlen sich Politiker, Manager und sogar viele IuK-Experten spontan auf der sicheren Seite. Positive Umwelteffekte scheinen sich – glaubt man den entsprechenden Wirtschaftspolitikern oder der Produktinformation der IuK-Unternehmen – durch den Einsatz von Computern und Netzwerken automatisch einzustellen. Daß dies nicht so ist zeigt eine genauere Betrachtung einiger der Musterbeispiele (aus [20]) für "umweltschonenden" Einsatz der IuK-Technologie im ersten Teil dieses Kapitels.

Im zweiten Teil wird dann gezeigt, wie durch sinnvollen Einsatz der Informatik tatsächlich Umweltprobleme erkannt und – entsprechendes Handeln vorausgesetzt – Ressourcen geschont werden könnten.

3.1 Mythen

3.1.1 Papierloses Büro

"Der PC ist der größte Baumkiller seit Erfindung der Axt" (Steve Blanc von Pacific Gas and Electric zitiert in [9])

Der seit vielen Jahren erwartete Rückgang des Papierverbrauchs durch Computereinsatz in der Bürokommunikation hat sich bis jetzt nicht eingestellt und rückt auch in den nächsten Jahren nicht in greifbare Nähe[9]: In den Industriestaaten wächst der Papierverbrauch seit der Einführung des Computers um jährlich bis zu zehn Prozent. In amerikanischen Büros werden täglich rund eine Milliarde Blatt Papier bedruckt. Mehr als die Hälfte durch Computer-Drucker. Dazu kommen noch große Mengen Papier in Form von Benutzungshandbüchern, Werbematerial und Fachzeitschriften.

Wurden 1970 in Deutschland noch 126 kg Papier pro Jahr und Kopf verbraucht sind es heute 232 kg, also fast doppelt so viel. Die Zeitschrift *"Öko-Test"* rechnete aus, daß wenn jeder Chinese den Papierverbrauch eines Deutschen hätte, kein Baum mehr auf der Erde stünde.

Hauptverantwortlich sind dafür vor allem bequeme und schnelle Drucker, also IuK-Technologie! Der Wunsch nach dem Papierlosen Büro, der seit Einführung der ersten Arbeitsplatzrechner besteht, ist dadurch in weite Ferne gerückt.

3.1.2 Telearbeit

"Der Mitarbeiter am Telearbeitsplatz braucht weder durch den dichten Verkehr von Ballungszentren noch über lange Strecken ins Büro zu pendeln - das spart Zeit und leistet einen Beitrag zur Umweltschonung." (Dr. Horst Nas-

ko vom Europäische Forschungsinitiative JESSI (THE JOINT EUROPEAN SUBMICRON SILICON PROGRAM) in [20])

Auch hier wird – wie so oft – davon ausgegangen, daß sich eine Umweltentlastung automatisch einstellt. Bei genauerem Hinsehen bewahrheitet sich dies jedoch nicht ([10] Seite 35): Eine oft zitierte Studie des Frauenhofer-Instituts zur Telearbeit prognostiziert nur unter günstigen Bedingungen und gezielter Gestaltung eine Vermeidungspotential von etwa drei Prozent der Personenverkehrsleistung. Das Öko-Institut rechnet mit einer Entlastung von maximal einem Prozent des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Auf der anderen Seite müssen die ökologischen Kosten für die Bereitstellung der doppelten Geräteinfrastruktur und Arbeitsräumen berücksichtigt werden, so daß per Saldo eine höhere Umweltbelastung erwartet wird (und an einigen Beispielen bereits belegt ist). Das hängt damit zusammen, daß es die "reine" Telearbeit nur selten gibt und diese aus sozialen und arbeitstechnischen Gründen auch gar nicht wünschenswert ist. Das führt dazu, daß der Telearbeiter trotzdem ein- bis zweimal die Woche in den Betrieb fahren muß, der dann – durch schließung von Fillialen oder Inkaufnahme weiter entfernt liegender Wohnorte (vergl. Telematik im Verkehr) – unter Umständen wesentlich weiter entfernt ist.

Auch dies ist in erster Linie eine Frage der Rahmenbedingungen. So kommt die Studie des Öko-Instituts[10] zum Schluß:

"Natürlich können Telearbeitsplätze im Einzelfall ökologisch, sozial und arbeitsrechtlich attraktiv sein – aber nur, wenn man sie entsprechend gestaltet."

Sie schlagen folgende ökologische Optimierungen der bisherigen Telearbeitspraxis vor:

- Computer sollen zu Hause auch von Mitbewohnern genutzt werden dürfen
- Wechselfestplatten statt doppelter Geräte
- Verzicht auf das Auto und Verkauf (höhere Zeitflexibilität)
- Verknüpfung mit Car-Sharing oder Monatskarten für ÖPNV
- Telearbeit bevorzugt für weit entfernt wohnende Mitarbeiter (Ein Telearbeite bei IBM wohnt eine Kilometer entfernt ein anderer 55).
- Ressourcenschonende Infrastruktur.

3.1.3 Telematik im Verkehr

"Gleichmäßiger Verkehrsfluß, intelligente Verkehrs- und Parkleitsysteme, Vermeidung von unnötigen Fahrten durch Verkehrsmanagement sowie die Integration von Individualverkehr und Öffentlichem Verkehr können und werden die angespannte Verkehrssituation entlasten." (Dipl.-Ing. Bernd Pischetsrieder, BMW AG in [20])

Begründet wird die Umweltentlastung damit, daß weniger Staus und eine besserer Verkehrsfluß erreicht wird. Zusätzlich Umweltentlastung verspricht man sich durch Verminderung von Suchfahrten und einer besseren Verknüpfung des Individualverkehr mit dem ÖPNV.

Soweit die Realität der Automobilindustrie. In Wirklichkeit müssen aber zwei gegenläufige Entwicklungen gesehen werden ([10] Seite 67)

1. Der Verkehrsfluß kann durch Telematik verbessert werden. Dies führt zu geringeren Fahrzeiten und, falls die Fahrt durch Staus gebremst wurde, auch zu weniger Kraftstoffverbrauch und geringeren Emissionen.

2. Durch Verringerung des Verkehrswiderstandes werden Ziele attraktiver, die nun in kürzerer Zeit und ohne Staugefahr erreicht werden können. Wird ein konstantes Zeitkontingent zugrundegelegt, welches z.B. ein Beschäftigter als Fahrzeit zur Arbeitsstelle akzeptiert, so kann und wird die Distanz zwischen Wohn- und Arbeitsort wachsen.

Ähnliches ist für Parkleitsysteme festzustellen. Beispielsweise hat sich in Aachen nach Einführung eines Parkleitsystems zwar der Parksuchverkehr von 25% auf 21% verringert, dafür stieg die Gesamtzahl der parkenden Autos um 10%.

So führen Verkehrsleitsysteme zwar zunächst zu einem besseren Verkehrsfluß und damit zur weniger Ressourcenverbrauch, auf der anderen Seite führt ihre Produktion und die durch sie zu erwartenden Steigerung der Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs in der Summe zu einem höheren Ressourcenverbrauch. Der letztgenannte Effekt kann natürlich durch entsprechende Rahmenbedingungen (Straßenrückbau, höhere Kraftstoffpreise ...) wieder abgeschwächt werden. Im Endeffekt hat ein starres, generelles Tempolimit in Bezug auf Verkehrsfluß ähnliche positive Auswirkungen wie Verkehrsleitsysteme, mit geringeren ökologischen und ökonomischen Produktionskosten.

Das bedeutet nicht, daß Telematik im Verkehr zwangsläufig zu einer negativen Umweltbilanz führen muß. Zum Beispiel könnten Ampelfreischaltungen und Fahrgastinformationen die ressourceneffizienteren Verkehrsmittel des ÖPNVs durchaus begünstigen, allerdings fehlt hier meistens das nötige Geld und der politische Wille. Und auch der öffentliche Verkehr ist nicht zu ökologischen Nulltarif zu haben!

Die Studie des "Öko-Instituts" schlägt folgende Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung mit Telematik vor:

- Verkehrsleitsysteme müssen vorrangig im Bereich des öffentlichen Verkehrs eingesetzt werden.
- wichtiger als die Beschleunigung zwischen den Zentren muß die Verbesserung des öffentlichen Verkehrs in der Fläche sein.
- Regional- und Stadtplanung müssen echt nachhaltige Verkehrsformen wie Radfahren und "zu Fuß gehen" systematisch fördern.
- Im Bereich des MIV müssen begleitende Maßnahmen – wie z.B. Tempolimit, Erhöhung der Mineralölsteuer, Reduktion des Parkraumangebotes und der Straßenflächen – der verkehrsverlagernden und verkehrsinduzierenden Wirkung der Telematik entgegenwirken.

Die meisten vorgeschlagenen Maßnahmen zeichnen sich gerade durch Verzicht auf Informationstechnik aus und legen die Akzente auf strategische Konzepte und verbesserte Rahmenbedingungen.

3.2 Umweltinformatik – Informationen über die Umwelt

Aus den vielseitigen Entwicklungsrichtungen der Informatik hat sich ein Bereich herausentwickelt, der versucht die Umweltprobleme offensiv anzugehen: die Umweltinformatik. Ziel ist es, anthropogene Umelteinflüsse transparent zu machen und den Zustand der Umwelt zu visualisieren. Dabei werden folgende Informationssysteme unterschieden:[4]:

- **Überwachungs- und Kontrollsysteme**

  Dies sind zum einen Systeme die dem *Umweltmonitoring* (Überwachung der Belastung von Wasser, Luft, Boden und Vegetation sowie Lärm und Strahlungsüberwachung mittels Fernüberwachung oder Fernerkundung) und zum anderen Systeme zur Steuerung und Regelung technischer Abläufe im Rahmen der Computergestützten Prozeßführung. Beispiel für die Fernüberwachung ist die in [15] beschriebene Emissionsdatenfernübertragung: Seit zwei Jahren müssen die 90

[4]Klassifikation aus [4] Seite 19

wichtigsten Großemittenten in Baden-Württemberg die Daten Ihrer Meßwertrechner direkt an den Computer der Überwachungsbehörde übertragen. Das Gewerbeausichtsamt kann so Umweltsünder schnell aufspüren und auf eventuelle Störungen im Filtersystem der Anlagen reagieren.

Überwachungssysteme liefern außerdem einen Teil der Ausgangsdaten für die im nächsten Punkt beschriebenen Informationssysteme.

- **Konventionelle Informationssysteme** In der Umweltinformatik sind meist heterogene Daten zu verarbeiten. Konventionelle Informationssysteme werden dazu eingesetzt Daten unterschiedlicher Herkunft und Struktur zu speichern, organisieren, integrieren und wiederzugeben. z.B.

  - *Meßwerte* aus Überwachungssystemen,
  - *Formatierte* Faktendaten, wie z.B. Toxizitätsfaktoren und andere stoffbezogene Daten, Emmissionsfaktoren, Daten zu Abfallmengen und -arten, oder
  - *unformatierte* Dokumente, wie z.B. Umweltgesetze und -verordnungen oder Angaben zur umweltrelevanten Fachliteratur.

  Diese Daten sind meistens zeit- und raumbezogen. Solche Informationssysteme können z.B. für Umweltbeauftragte und andere Entscheidungsträger von entscheidender Wichtigkeit sein. Aber auch die Öffentlichkeit kann mit Hilfe von Umweltinformationssystemen Zugang zu umweltrelevanten Daten ermöglicht werden.

  So speisen die meisten Bundesländer Ozon- und Immissions-Meßdaten in das Internet bzw. in BTX ein (z.B. Baden-Württemberg in [23]). Dieser positiven Entwicklung stehen enorme Einschränkungen bei den Informations- und Partizipationsrechten der Bürger in Deutschland gegenüber (im Gensatz zu anderen Ländern wie Niederland oder Dänemark). Im Rahmen der "Beschleunigungsgesetzgebung" wurden, insbesondere in den Bereichen des Immissionsschutz- und des Verkehrplanungsrechts sowie in den Bereichen Gentechnologie und Atomenergienutzung, die Einspruchsmöglichkeiten des Einzelnen stark eingeschränkt.[10]

- **Auswertungs- und Analysesysteme**

  Mit Hilfe komplexer mathematisch-statistischer Auswertungsmethoden und Modellrechnungen unterstützen Auswertungs- und Analysesysteme die Verarbeitung von Umweltdaten. In diesen Bereich gehören u.a. Ausbreitung- und Prognoserechnungen, Bildinterpretationsverfahren und Simulationen. Ergebnisse sind z.B. mögliche Auswirkung verschiedener Planungsalternativen bei Unternehmensplanungen.

- **Entscheidungsunterstützende Systeme** Entscheidungsunterstützende Systeme geben Entscheidungsträgern Methoden zur Bewertung von Alternativen oder zur Begründung von Entscheidungen z.B. beim Vergleich von Standortalternativen in der Umweltverträglichkeitsprüfung oder beim Umgang mit gefährlichen Stoffen. Dies sind insbesondere Expertensysteme.

- **Integrierte Umweltinformationssysteme** Integrierte Umweltinformationssysteme werden auf allen Ebenen – z.B. Unternehmen , Kommunen Bundesländer, Bund, EU und UNO – aufgebaut. Sie enthalten meist mehrere der o.g. Klassen und lassen sich deshalb nicht eindeutig zuordnen. Sie werden vermehrt als heterogene verteilte Systeme konzipiert (Datenbanksysteme, Graphische Informationssysteme, Simmulationssysteme und wissensbasierte Systeme)

Während sich der praktische Einsatz von Umweltinformationssysteme (UIS) bis vor kurzem noch auf Behörden und staatliche Forschungseinrichtungen konzentrierte, melden seit einiger Zeit auch Unternehmen Bedarf an UIS an. Angespornt durch wachsende Preise bei der Entsorgung und durch zunehmenden Druck durch Verordnungen und Umweltbetriebsprüfungen (Öko-Audit), wächst der Bedarf an sogenannten *Betrieblichen Umweltinformationssystemen* (BUIS). Dies Entwicklung spiegelt auch die Trendwende in der Umweltpolitik wieder: weg vom nachsorgenden Umweltschutz mit Grenzwerten und "end of pipe-Technologien", hin zum produktintegrierten Umweltschutz und Stoffstrommanagementsystemen. Aus der Vielzahl von einzelbetrieblichen und überbetrieblichen Modellansätzen zur Ökobilanzierung möchte ich die in [8] näher beschriebenen *Stoffstromnetze* kurz vorstellen.

3.2.1 Stoffstromnetze

Stoffstromnetze bilden eine vielversprechendes methodisches Konzept, welches die Erfassung und Verarbeitung komplex-vernetzter Stoffströme erlaubt. Auf das Modell der Petrinetze aufbauend, bieten sie ein Universalwerkzeug für das Stoffstrommanagement: Umwandlungsprozesse werden als Transitionen, Stoff- und Energielager als Stellen dargestellt (siehe Bild 1). Die Ressourcen, die in Transitionen eingehen, werden Eingangsstellen entnommen. An Transitionen findet die stoffliche Umwandlung statt (z.B. Produktions- oder Transportprozesse). Produkte und Abfälle, die bei der Stofftransformation entstehen, werden auf den Ausgangskanten abgelegt. Auf dieser Grundlage können hierarchische Netze aufgebaut werden. Teilnetze können zu einzelnen Transitionen zusammengefaßt werden (Vergröberung), einzelne Transitionen lassen sich zu Teilnetzen verfeinern. Auf diese Weise erhält man ein Werkzeug, welches sich in allen Bereichen des Stoffstrommanagement einsetzen läßt: Produktbilanz, Prozeßbilanz, Betriebsbilanz und überbetriebliche Bilanzierung, also Bilanzen entlang der gesamten Produktionskette (und somit auch der ökologischen Rucksäcke).

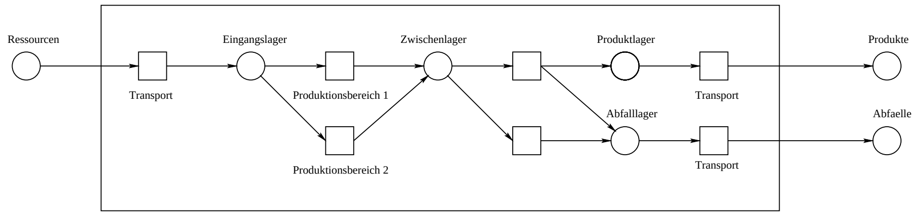

Abbildung 1: Beispiel fr ein Stoffstromnetz (Aus [8])

Ein solches Stoffstromnetz bietet damit eine sehr gute Grundlage für Betriebliche und Überbetrieblich Entscheidungen. Und es könnte auch – Standardisierung vorausgesetzt – eine Grundlage für eine ökologische Besteuerung bieten.

4 Zusammenfassung

Die IuK-Gesellschaft, wie sie von Politik und Industrie bzw. von Negroponte und Gates proklamiert wird, ist nicht zukunftsfähig! Verantwortlich dafür ist weder die Information noch die Technologie mit der sie verarbeitet wird, sondern zum einen die Produkte der IuK-Technologie (siehe Abschnitt 2.1) und zum anderen ihre Anwendungen unter den momentanen wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen.

Des weiteren konnte man in der Vergangenheit beobachten, daß neue Technologien meist zu mehr anstatt zu weniger Umweltbelastung geführt haben, selbst wenn sie speziell zur Umweltentlastung konstruiert wurden. Das liegt daran, daß die Lösung von Umweltproblemen eine ökologische[5] Denkweise voraussetzt. Unsere Wissenschaft ist einer solchen ganzheitlichen Betrachtungsweise immer aus dem Weg gegangen, weil sie sich schwer vorstellen und wissenschaftlich schwer behandeln läßt. Im Gegensatz zum ökologischen Ansatz, die Zusammenhänge zu betrachten, waren unsere neuzeitlichen Leistungen fast immer Erfolge auf Teilgebieten.[3] Dadurch wurden zwar oft lokale Probleme gelöst, die globalen aber nicht bedacht. Sehr gutes Beispiel hierfür ist die Erfindung von FCKW: Nachdem sie jahrzehntelang wegen ihres exzellenten toxikologischen Verhaltens und wegen ihres physikalisch-chemischen Nutzens von Wissenschaftlern gelobt wurden, stellte man erst sehr viel später – vielleicht zu spät – ihre destruktive Wirkung am Rande unserer Erdatmosphäre fest.

[5] Ökologie soll hier als *die Lehre von den Zusammenhängen* betrachtet werden

Genau dieselbe Fehlentwicklung droht auch bei der Informationsgesellschaft: wärend die positiven Eigenschaften – wie z.B. die Steigerung der Ressourcenproduktivität – ständig angepriesen werden, bedenkt man die negativen Wirkungen – z.B. "Rebound-Effekte" und Beschleunigung von Stoffströmen – meist nicht. Dazu fehlt auch die Zeit. Angetrieben durch das Motto "weiter, schneller, mehr" legen die Technokraten eine Entwicklungsgeschwindigkeit vor, die nicht zu beherrschen ist. Kritiker werden mit der "Globalisierungskeule" aus dem Weg geräumt. Gestaltungschancen werden so durch technologische und wirtschaftliche Eigendynamik ersetzt. Der Nutzen für den Menschen tritt in den Hintergrund.

Dabei wird eine wichtige Zukunftsperspektive verschlafen. Durch sinnvollen Einsatz von IuK-Technologie läßt sich die Ressourceneffizienz enorm steigern. Wie IuK-Technologie einen Beitrag zur Dematerialisierung beitragen kann hat sie uns selbst vorgeführt: Bei Rechnern hat sich der Materialintensität in den letzten dreißig Jahren (vom Großrechner zum PC) sicher um den Faktor 1000 vermindert. Nur ist dieser positive Effekt durch eine Vervielfachung der Nutzung – statt 1000-10000 Großrechner gibt es heute Millionen von PCs – um mindestens den Faktor 10 überkompensiert worden. (Aus: Ergebnisse der Arbeitsgruppe "Nachhaltige Entwicklung und Umweltschutz durch Telematik-Anwendung" [21])

Zusätzlich kann die (Umwelt-)Informatik einen wichtigen Beitrag zur Bewußtseinsbildung leisten. Mit ihrer Hilfe könnten Systemtheoretische Verbesserungen erarbeiten und simulieren.

Würde man durch Veränderung der wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen und einer entsprechenden Steuerung der Marktwirtschaftlichen Eigendynamik die zukünftige Entwicklung aktiv und intelligent Gestalten, könnte man die Leitbilder "Informationsgesellschaft" und "sustainable development" durchaus miteinander vereinen. Eine ökologische Steuerreform und eine ernsthafte Beteiligung der Menschen an der Gestaltung zukünftiger Entwicklungen wären z.B. ein erster Schritt in diese Richtung.

So könnten könnte man, außer besseren Bedingungen für die Umwelt, eine große Zahl Zukunftsfähiges Arbeitsplätze und damit insgesamt mehr Wohlstand und Lebensqualität schaffen.

Literatur

[1] Bund, Misereor, Hg. *Zukunftsfähiges Deutschland – Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Berlin [u.a.]: Birkhäuser, 1996.

[2] Schmidt-Bleek, Friedrich *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 – das Maß für ökologisches Wirtschaften.* München: dtv, 1997.

[3] Sachsse, Hans *Ökologische Philosophie Natur-Technik-Gesellschaft.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 1984.

[4] Page, B. und L.M.Hilty, Hg. *Umweltinformatik.* 2. Aufl. Handbuch der Informatik 13.3. München [u.a.]: Oldenbourg 1995.

[5] Grote, Andreas und Dr. Jürgen Malley. "Schwergewicht – Der PC hinterläßt enorme Spuren in der Umwelt". *c't Magazin für Computertechnologie* Mai 1997.

[6] Grote, Andreas. "Grüne Rechnung – Das Produkt Computer in der Ökobilanz". *c't Magazin für Computertechnologie* Dezember 1994.

[7] Rolf, Arno. *Prima Klima für die "Informationsgesellschaft"?.* Mitteilung Nr. 248 Hamburg: Bibliothek des Fachbereichs Informatik, August 1995 (E-Mail: infbib@informatik.uni-hamburg.de)

[8] Rolf, Arno. *Stoffstrommanagement und Informatik.* Bericht Nr. 171. Hamburg: Bibliothek des Fachbereichs Informatik, November 1994 (E-Mail: infbib@informatik.uni-hamburg.de)

[9] Knauer, Sebastian. "Grüne Kiste?". *Spiegel special* Nr.3 1996.

[10] Grießhammer, Rainer [u.a.]. *Umweltschutz im Cyberspace – zur Rolle der Telekommunikation für eine nachhaltige Entwicklung.* Öko-Institut Institut für angewandte Ökologie e.V. Freiburg [u.a.], 1997.

[11] Brune, Dietrich. "Umwelt". *Anwendungen der Informationstechnik – Entwicklungen und Erwartungen.* Berlin[u.a.]: VDE-Verlag, 1993.

[12] Bundesminister für Forschung und Technologie, Bundesminister für Wirtschaft, Hg. *Zukunftskonzept Informationstechnik.* Bonn: SDV, 1989.

[13] Lühr, Hans-Peter. *Umwelt und Technologie – Chancen für die Zukunft.* Hamburg [u.a.]: McGraw-Hill Book Company, 1987.

[14] Grote, Andreas. "Punktgenau – Schweizer Studie präzisiert die Ökobilanz des PC". *c't Magazin für Computertechnologie* Oktober 1996.

[15] Grote, Andreas. "Umweltfühler – Effektiver Umweltschutz durch Fernüberwachung". *c't Magazin für Computertechnologie* März 1997.

[16] Ebeling, Dr. Adolf. "Abgeschreddert – Das Elend mit dem Computerschrott". *c't Magazin für Computertechnologie* April 1996

[17] Grote, Andreas. “Im Schatten des Komforts”. *c't Magazin für Computertechnologie* April 1997.

[18] Grobe, Hans Joachim. “Kommunen Bevorzugt”. *Diebold Management Report* Nr. 11 1993.

[19] Bundesumweltministerium, Hg. *Umweltpolitik in Deutschland* CD-ROM für Windows und Macintosh. Krefeld: Vennekel u. Partner, 1997.

Quellen im WWW: Aufgrund der raschen Entwicklung des Internets sind diese Quellen unter Umständen bereits nach kurzer Zeit nicht mehr Aktuell!

[20] Die Informationsgesellschaft Fakten Analysen Trends
http://www.bmwi-info2000.de/gip/fakten/zeitbild/index.html
Stand Juni 1997

[21] Homepage des Forums Info-2000:
http://www.forum-info2000.de
Stand Juni 1997

[22] Umweltdatenbank ECOBAS:
http://dino.wiz.uni-kassel.de/ecobas.html
Stand Juni 1997.

[23] Umwelt- und Verkehrinformationen Baden Württemberg:
http://www.uis-extern.um.bwl.de
Stand Juni 1997. (Die aktuellen Umweltdaten sind auch auf Südwesttext-Tafel 170 nachzulesen