Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin
Heilbronner Str. 10, D-10711 Berlin - Wilmersdorf

M. Grötschel, J. Lügger

Neue Produkte für die digitale Bibliothek:

die Rolle der Wissenschaften

Technical Report TR 96-05 (März 1996)

Neue Produkte für die digitale Bibliothek: die Rolle der Wissenschaften

M. Grötschel, J. Lügger
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB)
Heilbronner Str. 10, 10711 Berlin-Wilmersdorf

Vorbemerkung

Bücher und Zeitschriften stellen in der Form, wie wir sie heute kennen, für traditionelle Texte ideale "Träger" dar. Sie sind kompakt und leicht. Wir können sie überall hin mitnehmen und fast zu jeder Zeit und an jedem Ort lesen. Sie haben, im Informatik-Jargon ausgedrückt, eine fantastisch einfache "Benutzerschnittstelle", wir können sie ohne "elektrischen Anschluß" und ohne "Systemaufbau" sofort "verarbeiten". Ihre lineare Form ist leicht zu verstehen. Wichtige Bücher möchten wir jederzeit und auf immer in einer Bibliothek zur Verfügung haben. Bücher sind vergleichsweise beständig, sie bilden und erzeugen Geschichte. Das Herumstöbern in Buchregalen erfüllt uns mit Vorfreude und Entdeckerlust. Das Blättern in einem Buch hat sinnliche Qualität. Gemessen an der Zeit, die wir selbst zum Lesen aufwenden, ist ein Buch meistens recht preiswert.

Andererseits, Bücher sind statisch und nicht interaktiv. Man kann nicht in ihnen "clicken" oder entlang ihrer Verweise "durch die ganze Welt reisen". Für die Darstellung dynamischer Verhältnisse sind sie nicht geeignet. Ihre Bilder sind fixiert. Ihr Inhalt und ihre Form können sich nicht den Bedürfnissen und Interessen des Lesers anpassen. Ihre lineare Form ist zwar leicht zu verfolgen, aber die Korrespondenz zur komplex verzweigten Struktur des Wissens ist nur schwach ausgeprägt. Dauerhaftes Wissen schlägt sich heute nicht nur in druckbaren Texten und Bildern nieder, sondern in Algorithmen, in sich dynamisch weiterentwickelnden Softwaresystemen, in komplexen Datensammlungen und ihren Visualisierungen, in Animationen dynamischer Verhältnisse, in technischen Dokumentationen, die kaum ausgedruckt werden können, weil sie sich zu oft ändern oder weil sie zu umfangreich sind. Dies geschieht an vielen Orten der Welt und nicht nur im Bereich der Wissenschaften. Der materielle Transport und die Archivierung von Büchern und Zeitschriften sind sehr teuer, oft teurer als diese selbst. Obendrein ist der Prozeß ihrer Produktion zeitaufwendig. Und, man kann ein aktuelles Buch oder Teile davon nicht einfach kopieren und per elektronischer Post verteilen, ohne das Copyright zu verletzen. Hinzu kommt die Tatsache, daß der Umfang wissenschaftlicher Erkenntnisse explosionsartig wächst, während gleichzeitig die Budgets zum Literaturerwerb stagnieren oder sogar sinken.

Im wissenschaftlichen Publikationswesen besteht also offensichtlich Handlungsbedarf. Wir skizzieren in diesem Artikel die gegenwärtige Situation aus der Sicht der Wissenschaft, wobei wir uns auf Beispielmaterial aus der Mathematik (unserem eigenen Fachgebiet), der Physik, Chemie und Informatik stützen und insbesondere die Bedürfnisse dieser und verwandter Disziplinen im Blickfeld haben. Die Situation ist nicht so hoffnungslos, wie es zunächst erscheinen mag. Leistungsfähige Rechner, digitale Speichermedien, elektronische Netze und neue Such- und Verwaltungssoftware lassen einen Ausweg aus der "Krise" möglich erscheinen. Die globale digitale Bibliothek, benutzbar von jedem und zu vernünftigen Preisen, ist keine Fiktion mehr. Die Produkte, die in diese Bibliothek führen und aus denen sie besteht, befinden sich derzeit in der Entstehung. Zur Verwirklichung dieser Utopie ist allerdings die koordinierte Zusammenarbeit aller Beteiligten notwendig.

1. Informationsflut und Informationsmangel

Bücher und Zeitschriften können längst nicht mehr alle unsere Informationsbedürfnisse befriedigen, vor allem nicht im wissenschaftlichen Bereich, selbst dann nicht, wenn unsere Instituts- oder Universitätsbibliothek alles[1] vor Ort zu Verfügung hätte, was heute aus vielen Gründen unmöglich ist. Das zentrale Problem des wissenschaftlichen Informationswesens ist derzeit:

"Wie können Informationsflut und gleichzeitiger Informationsmangel bewältigt werden?"

Über beide Phänomene ist viel geschrieben worden. Wir geben einige Hinweise. Statistische Untersuchungen zeigen, daß sich die Menge wissenschaftlicher Publikationen alle 10 bis 16 Jahre (abhängig von der Dymanik der einzelnen Disziplinen) verdoppelt. Dieser Trend hält seit über 100 Jahren an und scheint derzeit ungebrochen, siehe hierzu [CummingsWBLE 92], [EFI 95], [Odlyzko 95], [Wiiërs 94].

Ein konkretes Beispiel aus der Chemie: Die American Chemical Society (ACS), mit über 150.000 Mitgliedern die zur Zeit größte wissenschaftliche Gesellschaft der Welt, hat im Jahre 1900 in einer einzigen Zeitschrift 135 Seiten Forschungsliteratur veröffentlicht, 1935 waren es bereits 4.500 Seiten in drei Journalen, 1995 publizierte die ACS 24 Journale, 4 Magazine sowie die Advanced ACS Abstracts, die zusammen 125.000 Seiten mit Forschungsaufsätzen und 80.000 weitere Seiten mit "supporting material" veröffentlichten. Der Chemical Abstract Service (CAS) hat in den ersten 30 Jahren seines Bestehens eine Million Artikel bearbeitet, allein 1995 waren es 500.000; siehe [ACS 95].

Die Existenz einer Informationsflut in den Wissenschaften ist unbestreitbar. Auch wenn nicht alle Artikel wissenschaftlich erstrangig sind und einige Ergebnisse vielleicht mehrfach publiziert werden – das war auch früher so – geht hiermit auch ein explosionsartiges Anwachsen von wissenschaftlich relevantem Wissen einher.

Der gleichzeitige Informationsmangel stellt sich dadurch ein, daß der einzelne auf immer weniger Information direkten Zugriff hat. Dies wird verursacht durch steigende Kosten von Büchern und Zeitschriften bei gleichzeitig stagnierenden Etats der Bibliotheken; [AAU/ARL 94], [Stix 95]. Informationsmangel hat aber auch damit zu tun, daß Papiermedien eine geringe Verfügbarkeit haben und "schwerfällig" sind. Die schwierige finanzielle Situation der wissenschaftlichen Bibliotheken in Deutschland ist ausführlich in einem Artikel des DFG-Bibliotheksausschusses (ZfBB 42/1995, 427–430) beschrieben; siehe auch [GriebelT 95]. Drei Schlaglichter aus unserem eigenen Umfeld sollen die Lage beleuchten. Der Bibliotheksetat der Technischen Universität Berlin ist von DM 8 Mio. im Jahre 1988 auf DM 6 Mio. im Jahre 1995 gesunken. Der Etat der Fachbereichsbibliothek Mathematik der TU Berlin betrug 1978 DM 152.000, im Jahre 1995 belief er sich auf DM 154.000.

[1] Darunter verstehen wir Journale, Reihen, Dissertationen, Surveys, Referate, Newsletter, Tagungsberichte, Lexika, Formelsammlungen und andere Nachschlagewerke, etc.

Der Durchschnittspreis eines Abonnement-Jahrgangs wissenschaftlicher Zeitschriften an der Fachbereichsbibliothek Mathematik der Universität Bielefeld lag 1980 bei DM 224,–, im Jahre 1995 bei DM 940,–. Dies entspricht einer Steigerung von 319% in 14 Jahren; siehe [Rehmann 95].

Die Wissenschaft muß ohne Frage um eine adäquate finanzielle Ausstattung ihrer Bibliotheken kämpfen. Aber sie muß sich auch genau überlegen, wofür sie die verfügbaren Mittel verwenden will; [Hoffmann 95]. Selbst wenn die Budgetsteigerungen mit der Inflationsrate Schritt hielten, mehr können wir kaum erwarten, so ist doch auch klar, daß eine "Vollversorgung" mit den herkömmlichen Mitteln ausgeschlossen ist. Würde die gesamte neue wissenschaftliche Literatur gedruckt und könnten wir den Ankauf bezahlen, so wüßten wir nicht "wohin mit dem Papier". Eine Verdoppelung der gedruckten Literatur in einem bestimmten Zeitraum impliziert auch eine Verdoppelung der Lagerkapazitäten der Bibliotheken, die alles verfügbar haben wollen. Wer soll diese bereitstellen? Wir würden uns außerdem in den Papierbergen kaum noch zurechtfinden. In diesem Sinne gilt:

Papier hat seine "Systemgrenzen" erreicht.

Wir haben diese Problematik in [GrötschelL 95b] ausführlich disktutiert. Es ist klar, daß wir nach neuen Wegen der Informationsversorgung suchen müssen – und zwar rasch.

2. Veränderungen der Kommunikationsstrukturen

Das wissenschaftliche Publizieren hat eine historische Wasserscheide erreicht. Überall verfügbare digitale Netze, preiswerte Server mit Speichern im Giga- und Terabytebereich, Laserdrucker und hochleistungsfähige Lichtsatz- und Grafiksoftware transformieren unsere Welt von einer, in der nur einige wenige Verlage wissenschaftliche Arbeiten drucken und vertreiben konnten, in eine, in der praktisch jeder selbst drucken oder auch die Verteilung von Artikeln, Büchern, Software etc. zu geringen Kosten, über große Entfernungen hinweg offerieren kann – "blitzschnell" und effizient. Verleger und Bibliotheken sehen sich dadurch vor große Herausforderungen gestellt, ebenso die Wissenschaften mit ihrer Standardpraxis des Begutachtens und des Referierens; siehe [DenningR 95]. Viele Fragen bleiben noch unbeantwortet. Viele Probleme sind ungelöst.

Der Strukturwandel bringt aber auch völlig neue Formen der wissenschaftlichen Kommunikation mit sich. Er öffnet uns bisher unbekannte Chancen der effektiveren Zusammenarbeit über große Entfernungen hinweg.

Aber dieser Strukturwandel löst auch Ängste aus. Viele Menschen, vor allem im Bereich der Bibliotheken, in Verlagen und Zentren der Fachinformation, empfinden die Zukunft eher als Bedrohung. Das gesamte System der wissenschaftlichen Veröffentlichung in Journalen droht zusammenzubrechen. Dies gilt nicht nur in finanzieller, sondern auch in organisatorischer Hinsicht. In der Mathematik ist es nicht selten, daß ein Artikel erst zwei bis drei Jahre nach seiner Fertigstellung in einem Journal erscheint. Häufig dauert es ein weiteres Jahr, bis dieser Artikel in Bibliotheken sauber archiviert aufgestellt und damit zugreifbar ist. Dieser Prozeß ist eindeutig zu lang. Die Mathematik behilft sich daher mit Preprints, die heute über das Internet auch auf elektronischem Wege verteilt werden. Welche Bibliothek aber archiviert Preprints?

Ein enorm wichtiger, aber von Verlagen und Bibliotheken fast vollständig ignorierter Bereich ist die Dokumentation und Archivierung wissenschaftlicher Software und Daten.

Wer sichert die Ergebnisse aus mathematischen Experimenten (z.B. in Algebra oder Zahlentheorie), die sich in umfangreichen und oft in langwieriger "Handarbeit" errechneten Datensammlungen niederschlagen? Wie kann man sich gegen den Verlust von digitalisierter Information schützen, die zusammen mit ihren Datenträgern "veraltet". In aufwendigen und teuren Verfahren erhobene Daten, z.B. aus Erdbeobachtungen und Raumfahrtmissionen, oder aus statistischen Erhebungen, drohen verloren zu gehen, weil der technologische Wandel "zu schnell" vonstatten geht und die Dokumentation hinterherhinkt. Das Internet und das Web bringen obendrein im Bibliotheksbereich bisher unbekannte und hochgradig dynamische Formen der Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse hervor: über die ganze Welt verstreute Multimedia-Information.

3. Wissenschaftler als Verleger?

Die engen finanziellen Rahmenbedingungen und die neuen technischen Möglichkeiten führen zu erheblichen Reibungen zwischen den am Publikationsprozeß beteiligten Gruppen. Das Rollenspiel wird neu definiert. Darüber sind sich alle im klaren: die Wissenschaftler, die Verleger, die Buchhändler und die Bibliothekare. Verleger werfen insbesondere den Wissenschaftlern vor, daß sie – staatlich subventioniert – ihre Rolle übernehmen wollen und damit einen ganzen Wirtschaftszweig gefährden. Gleichzeitig haben Buchhändler Angst, durch elektronische Direktlieferung von Verlagen an Bibliotheken ausgeschaltet zu werden. Bibliotheken fürchten, daß Verlage eigene elektronische Bibliotheken anbieten und damit die klassischen Bibliotheken überflüssig machen werden. Wir wollen kurz das Verhältnis zwischen Verlagen und Wissenschaftlern diskutieren.

In der "guten alten Zeit" hat ein Wissenschaftler bei einem Verlag ein handschriftliches Manuskript abgeliefert. Der hat dieses in einem langen, mehrstufigen Produktionsprozeß in ein ansehnliches Produkt verwandelt und dieses vertrieben. Heute sind die Wissenschaftler in der Mathematik, Physik, Informatik und vielen anderen Bereichen gezwungen, ganz andere Vorleistungen zu erbringen. Wissenschaftliche Verlage haben, Zug um Zug, viele Teile des Produktionsprozesses auf die Wissenschaftler verlagert. Wissenschaftler liefern heute die Texte in Lichtsatzqualität ab (in Formaten wie TEX, LATEX, Postscript); [Lamport 86]. Auch die gesamte wissenschaftliche Qualitätskontrolle (durch ein von wissenschaftlichen Herausgebern gesteuertes Gutachtersystem) wird durch Wissenschaftler übernommen. Verlage erhalten somit kostenlos, abgesehen von marginalen Honoraren für Hauptherausgeber von Zeitschriften, druckfertiges und qualitätsgeprüftes "Material" aus dem Wissenschaftsbereich. Gerade jetzt, wo aufgrund von Finanzengpässen die Abbestellung von Zeitschriften die Regel ist und nicht der Neuerwerb, beginnen Wissenschaftler sich zu fragen, warum die Zeitschriften so teuer sind und warum die Lastenverschiebung zu ihren Ungunsten keine Kostenreduktionen mit sich gebracht hat. Hinzu kommt, daß viele Verlage den Weg in die elektronische Welt scheuen. Sie behaupten, daß elektronische Zeitschriften teurer seien als gedruckte. Von Kostensteigerungen von 20% bis 30% ist zu hören.

Diese “Berechnungen” sind aus der Sicht der Wissenschaftler nicht nachvollziehbar. Gegenrechnungen liegen vor; siehe [Rehmann 95] oder [GrötschelL 95c]. Dies führt dazu, daß einzelne Wissenschaftler oder wissenschaftliche Gesellschaften elektronische Journale gründen und diese kostenlos im Internet anbieten, wobei die dabei entstehenden, nach Rechnung der Wissenschaftler relativ geringen Zusatzkosten vielfach durch wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden. Gerade letzteres wird heftig kritisiert.

Übersehen wird dabei, daß wissenschaftliche Einrichtungen (wie etwa das CERN oder das Konrad-Zuse-Zentrum) in vielen Bereichen ihrer Aktivität sogenannte verlegerische Tätigkeiten übernehmen mußten, weil sich kein kommerzieller Partner dafür finden ließ. Wir erwähnen hier das Angebot von wissenschaftlicher Software, Test- und Meßdaten etc. In diesem Bereich besteht eine steigende Nachfrage, z.B. meßbar durch die Anzahl der täglichen Zugriffe auf die Web-Server. Dem steht derzeit kein kommerzielles Angebot gegenüber. Wer aber einmal gelernt hat, Software und große Datenmengen strukturiert anzubieten und die elektronische Infrastruktur hierfür aufgebaut hat, hat keinerlei Probleme mehr, dies auch mit Preprints oder elektronischen Zeitschriften und Büchern zu tun. Neben dem durch die Verlage “geförderten” Erwerb der Kompetenz in satz- und drucktechnischer Aufbereitung wissenschaftlicher Manuskripte hat der Wissenschaftler nun auch gelernt, die Distribution in die eigenen Hände zu nehmen. Ob wir Bytes verteilen, die mathematische Software repräsentieren, oder mathematische Artikel, ist technisch gesehen kaum ein Unterschied. Heute geschieht dies weltweit effizient, einfach und kostengünstig durch das *World Wide Web* [BernersCGP 92].

Ist diese Entwicklung sinnvoll? Sollen Wissenschaftler ihr fachliches Informationswesen in Eigenregie betreiben? Wir wissen es nicht! Mathematiker wollen Mathematik machen. Sie wollen dabei von fachlich kompetenten Dienstleistern (Verlegern, Bibliothekaren etc.), die auf dem neuesten Stand des technischen Fortschritts stehen, angemessen und zu fairen Preisen unterstützt werden. Nur dann, wenn hier keine Hilfe erfolgt, bleibt den Wissenschaftlern nichts anderes übrig, als das Heft selbst in die Hand zu nehmen.

In naher Zukunft werden sich die neuen Strukturen in der Welt des elektronischen Publizierens herausbilden. Alle Beteiligten müssen die Herausforderungen der digitalen Welt annehmen und mit den neuen Möglichkeiten experimentieren. Für den kommerziellen Bereich gibt es viele Chancen, sich neue Märkte zu erschließen und zu rationalisieren. Das kann aber nicht dadurch geschehen, daß man abwartet und auf einen sanften Übergang hofft. Netze sind eine globale Entwicklung. Geschwindigkeitserhöhungen im Entwicklungsprozeß kommen von vielen Seiten und bedrohen diejenigen, die nicht Schritt halten.

4. Verteilte Elektronische Informationsstrukturen

Zu Bewältigung der Informationsflut und zur Beseitigung des Informationsmangels sehen wir nur einen Weg. Das wissenschaftliche Publikationswesen muß auf elektronische Basis gestellt werden. Der Weg dahin ist gar nicht so weit. Bereits heute liegt fast die gesamte neue Literatur elektronisch (digital) vor. Dadurch können die enormen Vorteile digitaler Speicherung (insbesondere Absuchbarkeit) und elektronischen Transports ausgenutzt werden. Zugegeben, nicht alle Probleme sind geklärt. Es gibt z.B. noch Medienbrüche und Formatprobleme, auch Fragen zur langfristigen Archivierung sind noch offen. Aber wir stehen ja erst am Anfang einer langen Entwicklung. Es geht jetzt darum, Kompetenz für die Zukunft zu erwerben. Hierzu sind Experimente zum Aufbau neuer Informations- und Kommunikationsstrukturen notwendig, die verteilt und nicht zentral organisiert sind. Darüber sind sich z.B. die großen wissenschaftlichen Fachgesellschaften einig. Aus diesem Grunde haben die Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV), die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) und die Gesellschaft für Informatik (GI) Anfang 1995 eine Kooperationsvereinbarung getroffen, siehe [Grötschel 95], um gemeinsam einen vernünftigen Übergang zu finden. Allen Beteiligten ist klar, daß dazu eine intensive Zusammenarbeit nicht nur mit Verlagen, Fachinformationszentren und Bibliotheken notwendig ist, sondern daß auch Rechenzentren und Softwarehäuser einbezogen werden müssen. In der DMV wird derzeit intensiv ein Vorhaben diskutiert und in Teilen bereits realisiert, das zum Ziel hat,

- ein verteiltes elektronisches Informations- und Kommunikationssystem aufzubauen, das am Arbeitsplatz des Mathematikers einen effizienten Zugang zu

  $$\left.\begin{array}{l}\bullet\ \text{Literaturnachweis-}\\ \bullet\ \text{Volltext-}\\ \bullet\ \text{Fakten-}\\ \bullet\ \text{Software-}\end{array}\right\}\ \text{information}$$

  ermöglicht und dabei

  - nutzergesteuert
  - nutzerfreundlich und
  - kostengünstig ist.

Dabei wird besonderer Wert auf hohe Qualität der Information gelegt; siehe [BierstedtGR 95], [DalitzGHLS 95], [GrötschelL 95a]. Der DMV ist klar, daß dies ein langfristiger Plan ist und daß sie die bestehenden Hürden nicht alleine überwinden kann. Wer sich neben DPG, GDCh und GI, die in ähnlichen Kategorien denken, noch und wie an diesem innovativen Vorhaben beteiligen wird, ist noch offen. Die DMV sucht nach weiteren Partnern und Förderern, mit denen diese Pläne verwirklicht werden können.

5. Was ist die digitale Bibliothek?

Das traditionelle Spektrum der wissenschaftlichen Information und Kommunikation besteht aus

- Büchern (Monographien, Lehrbücher, Referateorgane, Tagungsbände, Nachschlagewerke etc.),
- Zeitschriften,
- Preprints,

wobei letztere erst seit etwa 25 Jahren existieren. Sie sind ebenfalls ein Kind einer neuen Technologie, des Fotokopierens.

In der elektronischen Welt ist dieses Spektrum deutlich größer. Zu elektronischen Büchern, Zeitschriften und Preprints kommen

- Forschungssoftware,
- Datensammlungen in elektronischer Form,
- Visualisierungen,
- Animationen,
- Multimedia- und Hypermedia-Produkte,
- elektronische Newsletter und Diskussionsforen,
- globale Hypertexte und verteilte Informationssysteme.

Diese Medien scheinen auf den ersten Blick völlig unterschiedlich zu sein. Sie sind jedoch letztlich nichts anderes als digital codierte Information.

These: *Die digitale Bibliothek ist eine digital strukturierte Sammlung digitaler Information, die über digitale Netze bereitgestellt und abgerufen wird, heute in – weltweit – verteilten offenen Informationssystemen, wobei die Kommunikationsschnittstellen des Internet bzw. des World Wide Web (globale digitale Bibliothek) benutzt werden.*

Wir erläutern die in dieser These, die gleichzeitig unsere Definition der zukünftigen digitalen Bibliothek darstellt, auftretenden Begriffe.

Digitale Information

* beruht in der elektronischen Welt auf Bits und Bytes, ist "geschrieben" in einem flexiblen "Alphabet", in einer universellen "Sprache", gleichermaßen geeignet für die Darstellung und Verarbeitung (durch Computer) von Texten und Grafiken, Visualisierungen und Animationen, Sprache und Musik, Videos und Filmen.

* ist von Natur aus verteilt, schon wegen ihrer Vielfalt und ihres Umfangs. Sie entsteht an vielen Orten und in vielen Institutionen. Andere verarbeiten und speichern sie in weiter aufbereiteten Formen und transferieren sie an wiederum andere Orte, Institutionen oder Personen.

* ist fast beliebig zu neuartigen Dokumenten und Publikationsformen mischbar, mittels Hyperlinks vernetzt und integriert in Hypermediasystemen, z.B. Texte mit Grafiken und Fotos, Ton und Musik, Sprache und Videoinformation, oder wissenschaftliche Dokumente mit ablauffähigen Algorithmen und dynamischen Simulationen, oder Verdichtungen großer und komplexer Datenmengen zu leicht erfaßbaren Bildern (z.B. aus der Wetterbeobachtung oder der Geoinformation).

* ist auf den verschiedensten Kommunikationskanälen übertragbar, in digitalen Netzen oder auch per Funk (Rund- und Satellitenfunk), selbst in analogen Netzen (Telefon und Modem), synchron (zur sofortigen Verwendung) oder auch asynchron ("losgelöst" von der Zeit).

* kann – unter Beibehaltung der Identität – auf den unterschiedlichsten Trägern existieren, z.B. auf Plattenspeicher, CD-ROM, oder in Silizium gebrannt, als perma-

nenter Ausdruck oder auch "nur" flüchtig, auf dem Bildschirm und simultan als Ton (auch vorgelesener Text), oder auch abgespielt (Video).

* existiert im Internet in den unterschiedlichsten Speicherformen und -formaten, "griffbereit" für jeden, dessen PC oder Workstation nur am Internet angeschlossen ist. Früher waren dazu noch Spezialkenntnisse notwendig. Das Web hat jedoch den Zugriff auf die unterschiedlichsten Ressourcen digitaler Information so einfach gemacht wie die Bedienung eines Computers mit der Maus; [AndreessenB 94].

Digitale Strukturinfomation

* ist das Mittel zur inhaltlichen Ordnung (in Datenbanken und Hypertexten), Erschließung (Retrieval oder Browsen), Übertragung (Kommunikationsverfahren) und Interpretation (Präsentation, Ausdruck, Abspiel) digitaler Information.

* ist entweder implizit vorgegeben (Schnittstelle, Datenformat, Standard) oder wird explizit ausgehandelt (Kommunikationsprotokoll); immer ist sie – explizit oder implizit – integraler "Bestandteil" digitaler Information.

* hat durch das *World Wide Web* eine völlig neue Dimension gewonnen. Informationsressourcen lassen sich jetzt weltweit in eindeutiger Weise benennen und miteinander assoziieren. Ohne es besonders zu bemerken, "bewegt" sich der Internet-Anwender heute von Rechner zu Rechner, von Dokument zu Dokument – über alle nationalen Grenzen hinweg.

* läßt sich (damit) auch unabhängig von der eigentlichen Information übertragen, als Zeichenkette und asynchron (per E-mail). Man kann nun gleichsam ein ganzes Netz von Informationen "verschicken", indem man einen Zeiger (die URL) auf das Netz übermittelt.

Offene Systeme

* sind Hardware- und Softwaresysteme, die sich an weltweit gültige Standards zum Austausch von Information halten, über Computer- und Netzgrenzen hinweg.

* erlauben damit sowohl die Verarbeitung und Speicherung digitaler Information nach örtlichen oder systembedingten Gegebenheiten (die konkrete Form der Information kann, aus Effizienzgründen, systemabhängig sein), als auch den jederzeitigen "Übergang" zu anderen offenen Systemen (Systemunabhängigkeit der Information bzw. Interoperabilität der Systeme).

* sind deshalb – und (nur) bei weltweiter Akzeptanz des jeweiligen Standards – auch für die langfristige Archivierung digitaler Information geeignet, sofern der Austausch von Information nicht durch andere Randbedingungen eingeschränkt ist, z.B. durch rechtliche.

Die immer stärker expandierende digitale Welt löst nicht nur überkommene Publikationsformen ab. Sie ermöglicht ihrerseits die Mischung und erneute Integration von Komponenten der unterschiedlichsten Medien (visuellen und auditiven) zu eigenständigen und neuartigen Formen der Publikation (Hypertext- bzw. Hypermediapublikationen); [Nielsen 95].

Das Internet, das *World Wide Web* und – in naher Zukunft – die globalen Datenautobahnen treiben diesen Prozeß der fortschreitenden Öffnung – über alle nationalen Grenzen hinaus wirkend – mit großer Kraft voran. Sie lassen die globale digitale Bibliothek Wirklichkeit werden. Und, diese Bibliothek enthält bereits heute weltweite Nachrichtensysteme und leistungsfähige Strukturen zur Lokalisierung und Identifizierung der über die ganze Welt verstreuten Information.

Information existiert – unter Beibehaltung ihrer "Identität" – an den verschiedensten Orten, in den unterschiedlichsten technischen Ausprägungen und Kommunikationskanälen, immer auf der Grundlage desselben universellen Codes, dem Bit. Dadurch wird nicht nur die universelle Verarbeitung (durch Computer) möglich, sondern auch die universelle Übertragung (in digitalen Netzen).

6. Bedürfnisse und Interessen der Wissenschaften

These: *Der freie und ungehinderte Austausch wissenschaftlicher Information – effizient und zu fairen Kosten – ist die Voraussetzung aller Wissenschaften.*

* Wissenschaftliche Forschung ist darauf angewiesen, daß ihre Ergebnisse weltweit zugänglich sind. Globale digitale Netze, wie das Internet, bieten hier neue, bisher noch nicht voll ausgelotete Möglichkeiten und Chancen, denn sie sind effizient, kosteneffektiv und weitreichend – und, sie sind heute obendrein sehr einfach zu benutzen.

* Der Übergang in die elektronische Welt ist nicht nur möglich, sondern auch – aus Kostengründen – erforderlich. Die Verteilung von Information in digitaler Form und über globale Netze ist heute um Faktoren 300 bis 1.000 (je nach Art der Daten) kostengünstiger als der Transport von Information in Form von Papier (Bücher, Journale); [Jessen 95], [Lügger 95]. Ohne die Geschwindigkeit der elektronischen Post und ohne Anschluß an das Internet mit seinen hochspezialisierten Software- und Datenarchiven ist Spitzenforschung, zumindest in aktuellen Gebieten der Mathematik, Informatik und der Naturwissenschaften, kaum noch denkbar.

Es ist unbestritten, daß Verlage – selbst in so ideell orientierten Bereichen wie der Mathematik – durch kommerziell-professionelles und marktorientiertes Verhalten einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung wissenschaftlicher Information geleistet haben. Die traditionellen Informationsversorger verhalten sich aber i.a. gegenüber digitalen Netzen und Medien bisher außerordentlich zurückhaltend. Sie befürchten – nicht ganz unbegründet – die finanzielle Basis für ihre Aktivitäten zu verlieren. Denn wie in den Netzen womit Geld verdient werden kann, ist derzeit noch ungeklärt. Wir haben in einer Arbeit über "Bibliotheken im Zeitalter globaler elektronischer Netze" [GrötschelL 95b] aber auch dargelegt, daß die Wahrung der wesentlichen Informationsinteressen der Mathematik nicht mehr zu gewährleisten ist, wenn sie allein Verlegern überlassen wird, die im Rahmen des traditionellen Publizierens verharren möchten. Sie verpassen dadurch nicht nur ihre eigenen Chancen, im immer härter werdenden globalen Wettbewerb zu bestehen, sondern sie geben auch die potentiellen Kostenvorteile nicht an die Wissenschaften zurück – und, sie können die von ihnen eigentlich geforderten Dienste bereits heute nicht mehr leisten.

Wenn eine der führenden mathematischen Fachzeitschriften, die *Mathematischen Annalen*, heute von nicht mehr als 500 Institutionen abonniert wird, weil sie so teuer geworden ist, so ist dies ein deutliches Anzeichen dafür, daß die weltweite Versorgung mit mathematischer Literatur ernsthaft gefährdet ist.

Es ist ein Fehler zu glauben, daß die essentiellen Bedürfnisse einer demokratischen Gesellschaft bereits dadurch geregelt wären, daß man sie vollständig dem Spiel der kommerziellen Interessen überläßt. Der Staat ist mitverantwortlich. Er muß nicht nur geeignete Rahmenbedingungen schaffen, den nationalen und internationalen Verkehr auf der Datenautobahn regeln und sicher auch den Schutz des Bürgers vor Mißbrauch der Netze und vor Computer-Kriminalität organisieren, sondern er muß vor allem den freien und ungehinderten Zugang zu der für uns alle wesentlichen Information sicherstellen.

These: *Die exponentielle Progression in der Leistungsfähigkeit der Computer, der digitalen Speichermedien und Netze bzw. die exponentielle Degression ihrer Kosten läßt die "Informationsexplosion" beherrschbar erscheinen. Dabei sind offene Systeme für den Informationsaustausch besonders geeignet.*

Die Leistungsfähigkeit von Computern verdoppelt sich alle 18 Monate, bei konstanten Kosten für das Gerät. In 10 Jahren werden die Computer also rund 100mal leistungsfähiger sein als heute – und dabei vermutlich noch kleiner. Dieselbe Aussage gilt für digitale Speichermedien. Ein Gigabyte Plattenspeicher kostet heute um die 600 DM. In 10 Jahren werden also 150 Gigabyte Plattenspeicher für etwa 1.000 DM zu haben sein, obendrein in einem wesentlich kleineren Gerät. Dieser Platz reicht aber bereits aus, um die gesamte Weltproduktion an mathematischen Publikationen der nächsten 10 Jahre zu speichern, in Lichtsatzqualität, zusammen mit allen Grafiken; siehe hierzu [Odlyzko 95].

Für die Leistungssteigerung von Netzen nehmen Fachleute noch höhere Faktoren an. Die Netze der Zukunft werden in 10 Jahren bis zu 1.000mal leistungsfähiger als die heutigen sein, ebenfalls zu denselben Kosten; [Jessen 95]. Solche Netze würden dann mit einer (derzeit kaum vorstellbaren) Bandbreite von 154.000 Megagabit pro Sekunde arbeiten. Das entspricht – bei vollem Abzug des Overheads und bei nur halber Auslastung – einer "echten" Transportleistung von 8 Gigabyte pro Sekunde. Der Transfer der gesamten mathematischen Weltproduktion eines Jahres (heute etwa 10 Gigabyte und in 10 Jahren um die 20 Gigabyte; gemäß [Odlyzko 95]) wird solche Netze also für weniger als 3 Sekunden (ihrer Systemzeit) in Anspruch nehmen.

Wir erleben gegenwärtig den Siegeszug der offenen Systeme, sowohl in technologischer als auch in gesellschaftlicher Hinsicht. Der Rückfall der Apple Macintosh Systeme gegenüber PC-orientierten ist nur ein erstes technologisches Beispiel. Hier haben ein geschlossenes Design, obwohl es sehr "schön" und zukunftsträchtig war, und eine isolierte Firmenpolitik dem kommerziellen Erfolg entgegengearbeitet. Der PC hingegen war technologisch rückständig[2], aber er war von Beginn an offen konzipiert – er "gehört" niemandem allein, nicht einmal IBM. Das Internet ist selbst ein Musterbeispiel für den Erfolg offener Systeme. Sie zeichnen sich vielleicht weniger durch ihre technologische Brillianz aus[3], als vielmehr durch ihre Universalität und die daraus resultierende Akzeptanz – mit erheblichen Folgen auch für den kommerziellen Erfolg. Wir verstehen "Offenheit" weniger in einem technologischen Sinne, als vielmehr in einem gesellschaftlichen.

Die Mathematik und die Naturwissenschaften sind in diesem Sinne die allerersten Beispiele offener "Systeme". Ihre Universalität und weltweite Gültigkeit beruhen nicht nur auf den Leistungen einzelner "Geistesriesen", sondern vor allem auf ihrer (langfristigen) der Wahrheit verpflichteten Tradition, einem weltweiten und freizügigen Austausch von Information, der ihre Ergebnisse einer ständigen Kritik und Überprüfung aussetzt. In der Physik, der Chemie und in vielen Bereichen der Ingenieurwissenschaften geht es um die weltweite Nachvollziehbarkeit der Experimente und Verfahrensweisen. Unbestritten ist, daß die mathematische Grundlagenforschung zu den Voraussetzungen für die Fortschritte in Technologie und Wirtschaft zu zählen ist. Der freizügige Zugang und der Austausch von Information wird mehr und mehr als ein Grundrecht erkannt, dessen Grad der Realisierung nicht nur den Fortschritt der Demokratie kennzeichnet, sondern auch ihren Erfolg in einem kommerziellen Sinne.

7. Neue Produkte für die digitale Bibliothek

Als man vor etwa zwanzig Jahren an die Konstruktion der ersten Supercomputer ging, glaubte man, daß sich weltweit etwa 10 dieser Maschinen würden absetzen lassen (in den USA etwa 6), denn sie galten als sehr teuer[4] (um die 20 Millionen DM). Die Ironie dieser Geschichte ist, daß die Workstations von heute, und neuerdings auch PCs, in derselben Leistungsklasse liegen, wie die damaligen "Größtrechner". Als die ersten Entwickler der Netze Anfang der 80er Jahre die teuren Maschinen vernetzten (um deren hohe Kosten auf verschiedene Institutionen verteilen zu können) und sie für den Versand von elektronischer Post "mißbrauchten", hätte niemand auch nur geahnt, daß E-mail einmal eines der Hauptmotive für die Verbreitung der Netze sein würde. Noch vor etwas mehr als drei Jahren galten die Entwickler des *World Wide Web* beim CERN und dem NCSA und eine handvoll Anwender als Exoten. Wir müssen zugeben, daß es uns kaum möglich ist, die Auswirkungen der neuen Technologien und ihrer *spinoffs* (und Produkte) realistisch einzuschätzen. Bisher ist – in dieser durch extreme Miniaturisierung gekennzeichneten Welt – noch fast jede Vorhersage von der dann eintretenden Wirklichkeit weit überholt worden.

These: *Die neuen Technologien transformieren das Kommunikationsverhalten in Naturwissenschaft und Mathematik. Institute und auch Einzelpersonen können im Internet autonom publizieren und annoncieren, unabhängig vom Verlagswesen, vom Buchhandel und von Zentren der Fachinformation.*

---

[2] Der PC hat erst heute, nach über zehn Jahren, den softwaretechnischen Vorsprung des Macintosh aufgeholt.

[3] Die OSI-Dienste der Postverwaltungen galten einige Zeit lang als technisch "besser".

[4] Die folgende Aussage wird [Lubar 95] zufolge Thomas J. Watson Sen., dem früheren Leiter von IBM, zugeschrieben (etwa in 1947): "I see a world market of about five computers." – Einschätzungen dieser Art haben in der Geschichte der großen Rechner eine lange "Tradition".

Wir schildern zunächst einige fast noch konventionell anmutende Entwicklungen:

* Wissenschaftler schreiben, archivieren und verschicken ihre Texte und Dokumente elektronisch, in Lichtsatzqualität. Sie benutzen globale Netze zur Distribution ihrer Ergebnisse, nicht nur in Form von Artikeln. Dabei verwenden sie sowohl "aktive" Nachrichtensysteme (E-mail-Verteiler) zur Information über Neuigkeiten, als auch "passive" Informationssysteme und Archive, die absuchbar (durch *Browsen*) oder abfragbar (durch *Retrieval*) sind. Diese enthalten neben Artikeln, Software und Datensammlungen auch Informationen allgemeiner Art, wie z.B. über aktuelle Forschungsprojekte.

* Einzelpersonen sind heute in der Lage, mit sehr geringem Aufwand (mit dem Einsatz nur eines Bruchteils ihrer Arbeitszeit) ganze wissenschaftliche Fachgruppen mit aktueller Forschungsliteratur zu versorgen – und sie tun es auch. Der Preprint-Server (eine Workstation) von Paul Ginsparg beim *Los Alamos National Laboratory* versorgt heute die gesamte Gemeinschaft der Hochenergiephysiker mit praktisch der kompletten Forschungsliteratur (E-prints) per E-mail und interaktiv. Dieses Beispiel macht auch in anderen Fächern Schule, auch in der Mathematik. Server vom Ginsparg-Typ versorgen heute mehr als 30.000 Personen mit Nachrichten über neue E-Prints und mit deren Volltexten, täglich und unmittelbar, sobald diese verfügbar sind; [Ginsparg 94].

* M. L. Mauldin, ein Informatiker der *Michigan University*, hat – ebenfalls im Alleingang – große Teile des *World Wide Web* indiziert. Das von ihm entwickelte *Lycos*-System verwendet einen sogenannten "Robot", der in der Lage ist, täglich etwa 50.000 Web-Seiten zu erfassen, zu abstrahieren, mit Schlüsselworten der Netzumgebung des Dokuments zu versehen und in *Lycos* zu integrieren. Das gesamte System enthält heute über 16 Millionen Web-Seiten. Das System "merkt" sehr schnell, ob sich im Web etwas gändert hat, und wo. Es verwendet dazu ein spezielles Verfahren, das nur die Update-Information der Seiten, und nicht die vollständigen Seiten, abfragt. Die Internet-Community nutzt das *Lycos*-System sehr intensiv. Es verarbeitet bis zu 300.000 Anfragen pro Tag[5]. *Lycos* ist sehr nützlich, wenn man nach spezifischen Begriffen oder Schlüsselworten sucht, wie z.B. nach Namen.

Dieses sind nur einige Beispiele für die Art und Weise, in der das "Netz" sich strukturiert. Wir übergehen die hunderte von fachspezifischen und universellen virtuellen Bibliotheken zur Erschließung des Web. Bei der Erstellung der prominentesten, der *World Wide Web Virtual Library* (vormals beim CERN, jetzt betrieben von der *W3-Organization*)[6] kooperieren viele hunderte Personen auf freiwilliger Basis miteinander. Es ist eine bisher fast beispiellose, interdisziplinäre Kollaboration. Inzwischen gibt es obendrein sehr viele Suchmaschinen im Internet, und viele sind auf "Literatur" spezialisiert[7].

* Auch die bibliographische Arbeit, der Nachweis traditioneller Forschungsliteratur, profitiert von den neuen Möglichkeiten. A. Achilles, ein wissenschaftlicher Assistent

[5] http://lycos.cs.cmu.edu – siehe dort FAQ–Information zum *Lycos*-System
[6] http://www.w3.org/hypertext/DataSources/bySubject/Overview.html – WWW Virtual Library
[7] http://elib.zib-berlin.de:88/Math-Net/Links/math-web.pub.html

der Universität Karlsruhe, hat im Internet in BibTEX-Form vorliegende Bibliographien von etwa 600 Spezialisten der *Computer Science* zu einer Datenbank mit jetzt etwa 400.000 Einträgen (Gesamtumfang: etwa 165 Megabyte an BibTEX-Daten) integriert[8], die auch URLs, also Verweise auf Volltexte (über 10.000) und andere Informationssysteme (etwa 1.100) enthält. Weitere 10 Server spiegeln diese Datenbanken, die jeweils etwa 1.000 mal am Tag aufgerufen werden. Achilles benötigt für die "zentrale" Pflege der Daten nur etwa einen Tag in der Woche. Die Spiegelungen erfolgen vollautomatisiert.

* Wissenschaftliche Fachgesellschaften, Institute und Fachgruppen betreiben elektronische, wissenschaftliche Journale; in der Mathematik sind es derzeit bereits über 30. Der technische Aufwand für den Aufbau und den Betrieb ist so gering, daß er (wieder) von einzelnen Personen und zu einem Bruchteil ihrer Zeit vorgenommen werden kann. Das *Electronic Journal of Combinatorics*[9] (ElJC), versehen mit einem hochrangigen Editorial Board, hat sein technischer Editor N. Calkin innerhalb von drei Monaten technisch aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Integration eines neuen Artikels in den Server der ElJC kostet ihn nach eigener Aussage nur wenige Minuten. Das System informiert dann seine heute an die 1.000 "Abonnenten" (die kostenlos auf Volltexte zugreifen können) per E-mail, unmittelbar sobald das geschehen ist, d.h. innerhalb weniger Minuten, weltweit. Auch der Prozeß der Begutachtung ist durch den Einsatz von E-mail beschleunigt. U. Rehmann hat für die *Deutsche Mathematiker-Vereinigung* (DMV) in vergleichbarer Zeit das technische Modell der *Documenta Mathematica*[10] entwickelt, eines universellen, mathematischen E-Journals, das die DMV Anfang 1996 in Betrieb nehmen wird.

* Fachgruppen verschiedener wissenschaftlicher Teildisziplinen (in der Mathematik und in Deutschland die Fachgruppen *Computeralgebra*[11], *Optimierung*[12], *Scientific Computing*[13] und *Stochastik*[14] der DMV) betreiben eigene elektronische Informationssysteme, mit moderierten *Diskussionsforen* und *Web-Servern*, mit denen sie – weltweit – aktuelle Nachrichten verteilen und "Datenbanken" für ihr Fachgebiet führen. Sie verwenden *Hypertext-Systeme*, die sehr einfach zu benutzen sind. Ihre Informationsangebote enthalten neben einfachen Anfragen und Kommentaren auch Artikel und Bibliographien sowie umfangreiche Software- und Datensammlungen aus der aktuellen Forschung. Die Netzbibliothek *netlib*[15] numerischer Forschungscodes z.B. umfaßt heute an die 130 solcher "Bibliotheken" mit zusammen über 20.000 einzelnen Modulen, also mehrfach verwendbare Programmquellen, die nach den verschiedensten Gesichtspunkten kombiniert, abgefragt und abgerufen werden können; [BrowneDGGMRW 94]. Auch die großen wissenschaftlichen Fachgesellschaften schließen sich an, die *American Mathematical Society* (AMS)[16], die *European*

---

[8] http://liinwww.ira.uka.de/bibliography/index.html – Computer Science Bibliographies
[9] http://ejc.math.gatech.edu:8080/Journal/journalhome.html – ElJC
[10] http://www.mathematik.uni-bielefeld.de/documenta – Documenta Mathematica der DMV
[11] http://www.uni-karlsruhe.de/~CAIS/ – Computer Algebra Information System
[12] http://www.informatik.uni-koeln.de/opt-net – Opt-Net Archiv
[13] http://www5.informatik.tu-muenchen.de/sci-comp/home.html – GSCI-Archiv
[14] http://elib.zib-berlin.de/Ceconf.st-net – ST-Net Archiv
[15] ftp://netlib.att.com/netlib/master/readme.html.Z - netlib
[16] http://www.ams.org – AMS (e-Math)

Mathematical Union (EMS)[17] und die *International Mathematical Union* (IMU)[18]. Sie alle bieten nicht nur E-Journale an, sondern auch Preprints, wissenschaftliche Software und Datensammlungen, Bibliographien, und eine Fülle organisatorischer Informationen (Projektbeschreibungen, Adressen etc).

Alles bisher Geschilderte beruht auf schon fast traditioneller Netztechnologie (in Hard- und Software), die weltweit im Einsatz ist. Wir kommen jetzt zu Anwendungen, die wir noch als experimentell ansehen müssen. Möglicherweise ist aber diese Einschätzung bereits jetzt zu konservativ, denn der *Multicast Backbone* (MBone)[19], auf den wir uns im wesentlichen beschränken, ist schon seit über einem Jahr im Internet etabliert – er wird weltweit eingesetzt, auch in Verbindung mit relativ langsamen Leitungen. Er gilt als die heute preiswerteste Art der Realisierung von Diensten und Leistungen bzgl. *Teleconferencing*, *Telecollaboration*, *Telearbeit* etc.; siehe [ACM 94].

These: *Die neuen Technologien lassen auf breiter Basis absolut neuartige Informations- und Kommunikationsformen entstehen. Heute kann sich praktisch jedes Institut im Internet in einen weltweiten "Sender" (und ein Archiv) von Videoinformation und Experimentaldaten verwandeln.*

* Bedeutende wissenschaftliche Tagungen senden ihr volles Programm *live* über den MBone des Internet, weltweit und oft in voller Länge, über mehrere Tage hinweg. Beim Workshop über "Die Zukunft der mathematischen Kommunikation" des MSRI im Dezember 1994 in Berkeley konnten etliche hundert Teilnehmer die Diskussionen verfolgen, ohne anreisen zu müssen [FMC 94] (die Tagungsräume des MSRI fassen auch nur etwa 150 Personen). Einige Workshops lassen auch aktive Eingriffe der "entfernten" Teilnehmer zu, die damit "vor Ort" präsent sind und mitdiskutieren. Nicht so offensichtlich ist der eigentliche revolutionäre Inhalt dieser Technologie – wir sind ja an weltweite Fernsehübertragungen gewöhnt. Im Prinzip können heute alle am Internet angeschlossene Institute "Sendestationen" mit weltweiter Reichweite werden, preiswert, ohne Einsatz von Satellitentechnologie. Wenn sie dann z.B. die Vorträge bedeutender Besucher und Persönlichkeiten auch archivieren und im Netz zugreifbar machen, könnte quasi wie von selbst ein globales und jederzeit und von jedem Ort der Welt abrufbares historisches Wissenschaftsarchiv entstehen, eine "virtuelle Schatzkammer", nicht nur für die Wissenschaften selbst, sondern auch für die Lehre, für Schulen und die berufliche Fortbildung – und für die Gesellschaft insgesamt; siehe z.B. [Ottmann 95].

* Auch Meßdaten großen Umfangs lassen sich in Echtzeit über das Internet vermitteln. Das *Woods Hole Oceanographic Institute* hat im Jahre 1993 einen Unterwasserroboter, der mit einer Videokamera und Geräten zur Erfassung von chemischen Daten ausgerüstet war, zur Erkundung des Bodens der *Sea of Cortez* eingesetzt. Die besondere Qualität dieses Experiments, an dem simultan mehrere Meeresforschungsinstitute aktiv teilnahmen und das alle am MBone angeschlossenen Personen verfolgen

[17]http://www.EMIS.de/ – EMS

[18]http://elib.zib-berlin.de/IMU – IMU

[19]Der Multicast Backbone ist ein virtuelles Netzwerk im Internet für die Übertragung von bewegten Bildern und Sprache, also z.B. Videos, in Echtzeit.

konnten [Eriksson 94], lag in seiner verteilten und interaktiven Natur. Der Roboter schickte nicht nur Videobilder seiner Umgebung, sondern auch seine Meßdaten in Echtzeit über den MBone – an auf gewisse Analysen spezialisierte Institute, die diese sofort auswerteten und damit den weiteren Weg des Roboters mehr oder weniger direkt mit beeinflussen konnten. Sie steuerten den Roboter damit sowohl mittels der Videoinformation als auch auf der Grundlage seines besonderen Instrumentariums, das damit zu einem erweiterten "Sensorium" geworden war.

Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, daß die aktiv beteiligten Institute ihre Software zur Steuerung nicht nur über das Internet ausgetauscht, sondern auch das komplexe Zusammenspiel vorher im Internet simuliert und abgestimmt hatten. Die bei den Instituten vorhandenen Spezialgeräte lassen sich jedoch nicht so einfach "austauschen" – das wäre zu teuer. Der MBone und das Internet sind deshalb die notwendige Vorraussetzung für eine solche wissenschaftliche Kollaboration großen Stils. Sie haben für eine kurze Zeit mehrere und regional voneinander weit entfernte Institute zu "einem einzigen" integriert. Gegenüber Verfahren dieser Art muten die Unternehmungen der NASA schon fast konventionell an – so selbstverständlich ist uns inzwischen die Raumfahrt mit ihren routinemäßigen Himmels- und Erdbeobachtungen geworden.

* Die NASA überträgt nicht nur – im MBone schon fast regelmäßig – Bilder und Videos *live* aus ihren Raumstationen und Weltraumflügen (hier steuert nur sie selbst), z.B. von der Reparatur des Hubble-Teleskops. Sie stellt aber schon seit einiger Zeit ihr sehr umfangreiches Bildmaterial in Digitalen Bibliotheken bereit, auf die jeder kostenlos zugreifen kann, wenn er nur Anschluß an das Internet hat[20] [21]. Sie erstellt obendrein für Lehrer und Schulen ausführliches Unterrichtsmaterial, das man auf dieselbe Weise abgreifen kann[22]. Nicht nur die NASA bietet heute wunderschöne und qualitativ hochwertige Aufnahmen aus der Raumfahrt und der Astronomie im Internet an[23] [24]. Die Kollision des Kometen Shoemaker-Levy9 mit dem Jupiter konnten über 60.000 Menschen "*online*" verfolgen[25], und viele hunderte *live* im MBone.

Für Schulen und die Erwachsenenbildung sind solche Möglichkeiten von unschätzbarem Wert. Wissenschafliche Autoren und auch Amateure haben auf der Grundlage dieses freizügig verteilten Bildmaterials inzwischen eine ganze Reihe von Hyperbüchern erstellt, die sie zum Teil auf CD-ROM anbieten (hier entwickelt sich also ein Markt), zum Teil aber auch – kostenlos – im Internet, das sich mehr und mehr zu der Globalen Digitalen Bibliothek entwickelt. Hier können die Bibliotheken eine neue Rolle übernehmen, denn für viele ist der Zugriff auf derartige Multimediaprodukte von zu Hause aus noch nicht möglich. Auch und gerade für Verlage ergeben sich völlig neue Chancen, weil auch sie und ihre Autoren Materialien dieser Art verwenden, aufbereiten und "mit Mehrwert versehen" verkaufen können.

[20] ftp://explorer.arc.nasa.gov/pub/SPACE/ – NASA File Explorer
[21] http://skview.gsfc.nasa.gov/skyview.html – SkyView (NASA)
[22] http://spacelink.msfc.nasa.gov/ – NASA Spacelink
[23] http://www.esrin.esa.it/ – ESA
[24] http://ruurq2.sron.ruu.nl/ – SRON
[25] http://seds.lpl.arizona.edu/sl9/sl9.html – Shoemaker-Levy 9

Die Stärke digitaler Medien liegt in Funktionen, die traditionelle Publikationsarten prinzipiell nicht bieten können. Bereits ihre heutigen Formen zeigen revolutionäre Eigenschaften, sowohl bzgl. Effizienz und Reichweite, als auch durch ihre Vielseitigkeit, die sich aus der beliebigen Kombinierbarkeit von Eigenschaften bisher getrennter Medienformen ergibt. Obendrein arbeiten sie zu revolutionären Leistungs-Kosten-Relationen, ein Faktor, der mit den dramatischen technologischen Fortschritten immer stärker ins Gewicht fallen wird. Das Internet hat bereits heute fast alle Charakteristiken einer globalen Infrastruktur. Es ist ubiquitär, universell und preiswert, in der westlichen Welt auch im kommerziellen Bereich. Wer den Einbruch "seines" Marktes bei traditionellen Medien fürchtet, wird bei den digitalen Medien seine Chancen suchen müssen.

8. Die Verantwortung der Wissenschaften

Der Prozeß des Übergangs in die digitale Welt – ein tiefgreifender gesellschaftlicher Wandel – hat nicht nur begonnen, sondern er ist (auch in Deutschland) bereits weit fortgeschritten. Wichtige, auch kommerzielle und am traditionellen Austausch wissenschaftlicher Information beteiligte Partner haben ihn – in einem technischen Sinne – jeweils für sich vollzogen. Notwendig ist nun aber die Anpassung auf breiter gesellschaftlicher Basis, national und international. Die Ausbildung entsprechender organisatorischer und rechtlicher Strukturen darf nicht hinter der rasanten Entwicklung neuer und immer leistungsfähigerer Technologien zurückbleiben. Hier sind die Wissenschaften vor eine besondere Verantwortung gestellt. Insbesondere muß das Zusammenspiel zwischen den Wissenschaften mit ihren Bibliotheken, den Verlagen und dem Buchhandel, und den Zentren der Fachinformation, neu gestaltet und den veränderten Verhältnissen besser gerecht werden.

These: *Wissenschaftliche Fachgesellschaften und Institutionen müssen nicht nur die durch neue Technologien gegebenen Chancen wahrnehmen und nutzen, sondern diese Entwicklungen auch selbst mitbestimmen und vorantreiben. Es gilt, Kompetenz zu entwickeln und zu wahren.*

Eine Sammlung digitaler Information allein ist noch keine digitale Bibliothek. Diese einfache Wahrheit gilt schon bei einfachen, örtlichen (oft nur schwach strukturierten) digitalen Sammlungen, um so mehr bei auf mehrere Standorte verteilter Information. Aber es geht nicht nur um

* neue *Informationsstrukturen für verteilte Informationssammlungen*, also um Strukturinformation für den *einfachen, effizienten und kostengünstigen Zugriff* (Erschließung von verteilten, heterogenen Datenbeständen).

Für die digitale Information müssen auch (technische) Mechanismen und (organisatorische) Verfahrensweisen gefunden und erprobt werden, um sicherzustellen:

* die *Qualität und Zuverlässigkeit* – durch Übertragung traditioneller Begutachtungs- und Review-Verfahren in die elektronische Welt; für nichtreferiertes Material (Preprints, Software etc.) tragen die wissenschaftlichen Institutionen eine besondere Verantwortung.

* die *Identität und Authentizität* – durch Einsatz elektronischer Identifizierungs- und Authentifizierungsmitttel (z.B. digitale Unterschriften oder auch durch weltweite Registrierung bzw. Annoncierung; bei Software: in Koordination mit Updates).

* die *Urheberrechte* der Autoren und der an den Forschungsaufgaben beteiligten Institutionen – sowohl bei der elektronischen Weitergabe, als auch bei der traditionellen (auf Papier), sowie der Mischformen.

* die *universelle Nutzbarkeit* – durch Nutzung universeller Netze, aber z.B. auch durch Einführung hinreichender Redundanz in der Archivierung (Spiegeln von verteilten Archiven) und durch Mechanismen zur Lokalisierung (Identifizierung) der gesuchten Information.

* die *langfristige Archivierbarkeit in einem technischen Sinne* – durch Unterstützung und Fortentwicklung offener Informations- und Kommunikationsstandards (Kompatibilität der Daten und Formate, Interoperabilität der Systeme).

* die *langfristige Archivierung* (Bestandserhaltung) in einem inhaltlichen Sinne – durch aktive Einflußnahme auf Entscheidungen, was langfristig zu bewahren und wie es bereitzustellen ist.

Literatur

Die mit einem Sternchen gekennzeichneten Artikel stehen in elektronischer Version zur Verfügung:
http://elib.zib-berlin.de/math.org.softinf.pub
Die mit einem Plus-Zeichen gekennzeichneten Artikel erreicht man elektronisch über die Adresse:
http://elib.zib-berlin.de/math.org.softinf.pub.ref

[ACM 94] Special Issue: Internet Technology; Comm. ACM, Vol. 37, No. 8, August 1994

[ACS 95] American Chemical Society; Will Science Publishing Perish? The Paradox of Contemporary Science Journals; Special discussion paper of the ACS; 1995, pp 1-8

[AndreessenB 94] M. Andreessen, E. Bina; NCSA Mosaic: A Global Hypermedia System; Internet Research, Vol. 4, No. 1, Mecklermedia 1994, 7-17

[AAU/ARL 94] + AAU/ARL Task Forces Reports on: (1) Acquisition and Distribution of Foreign Language and Area Studies Materials, (2) A National Strategy for Managing Scientific and Technological Information, (3) Intellectual Property Rights in an Electronic Environment; Association of American Universities (AAU) Research Libraries Project in collaboration with the Association of Research Libraries (ARL); 1994

[BernersCGP 92] T. Berners, R. Cailliau, J.-F- Groff, B. Pollermann; World-Wide-Web: The Information Universe; Electronic Networking, Vol. 2, No. 1, 1992, 52-58

[BierstedtGR 95] K.-D. Bierstedt, M. Grötschel, U. Rehmann (Redaktion); Ein verteiltes Informations- und Kommunikationssystem für die Mathematik in Deutschland; Kurzbeschreibung eines Vorhabens der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV); Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, Oktober 1995, S. 1-11

[BrowneDGGMRW 94] S. Browne, J. Dongarra, E. Grosse, S. Green, K. Moore, T. Rowan and R. Wade; Netlib Services and Resources; Tech. Report UT-CS-94-222, University of Tennessee Comp. Sci. Dept., Feb. 1994

[Brüggemann 95] A. Brüggemann-Klein; Wissenschaftliches Publizieren im Umbruch; Informatik Forsch. Entw. (1995) 10; 171 – 179

[CummingsWBLE 92] + A.M. Cummings, M.L. Witte, W.G. Bowen, L.O. Lazarus, R.E. Ekmann; University Libraries and Scholarly Communication: A Study Prepared for the Andrew W. Mellon Foundation; Association of Research Libraries, Nov. 1992

[DalitzGHLS 95] * W. Dalitz, M. Grötschel, G. Heyer, J. Lügger, W. Sperber; Ein verteiltes Informationssystem für die Mathematik – Beschreibung eines Vorhabens der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV); Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, Juli 1995

[DenningR 95] P.J. Denning, B. Rous; The ACM Electronic Publishing Plan; Comm. ACM, Vol 38, No. 4, April 1995; 97-103

[EFI 95] Wissenschaftliche Information im elektronischen Zeitalter; Bericht der Sachverständigenkommission Elektronische Fachinformation (EFI) an den Hochschulen in Bayern; Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst; Salvatorstraße 2; 80333 München; Juli 1995

[Eriksson 94] H. Eriksson; MBone: The Multicast Backbone; Comm. ACM, Vol. 37, No. 8, August 1994, 54-60

[FMC 94] + The Future of Mathematical Communication; Background Material of the Conference at MSRI, Berkeley, 30. November – 3. Dezember 1994

[Ginsparg 94] P. Ginsparg; First Steps Towards Electronic Research Communication; Computers in Physics, Vol. 8, No. 4, Jul/Aug 1994

[GriebelT 95] R. Griebel, U. Tscharnke; Etatsituation der wissenschaftlichen Bibliotheken 1995; ZfBB 42 (1995) 6, S. 561-603

[Grötschel 95] * M. Grötschel; Neues zum Thema IuK - mit der Anlage: Kooperationsvereinbarung zwischen der Deutschen Mathematiker- Vereinigung (DMV), der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) und der Gesellschaft für Informatik (GI) zur elektronischen Information und Kommunikation; DMV-Mitteilungen, Heft 3, 1995, S. 6-11

[GrötschelL 95a] * M. Grötschel, J. Lügger; Die Zukunft wissenschaftlicher Kommunikation aus Sicht der Mathematik; Spektrum der Wissenschaft, März 1995; 39-43

[GrötschelL 95b] * M. Grötschel, J. Lügger; Wissenschaftliche Kommunikation am Wendepunkt – Bibliotheken im Zeitalter globaler elektronischer Netze; Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie (ZfBB) 42, Heft 3, Mai/Juni 1995, 287-312

[GrötschelL 95c] * M. Grötschel, J. Lügger; Aufbau elektronischer Informations- und Kommunikationsstrukturen; in Wolfram Neubauer (Hrsg.) Deutscher Dokumentartag 1995, Proceedings einer Konferenz an der Fachhochschule Potsdam, 26.–28. September 1995, Deutsche Gesellschaft für Dokumentation, Frankfurt, 1995, 13-58

[Hoffmann 95] K.-H. Hoffmann; Die bibliothekarische Versorgung der Hochschulen im Zeitalter der elektronischen Medien; ABI-Technik, Vol. 15, No. 2, 1995, 101-105

[Jessen 95] Jessen, E.; Datennetze heute und morgen: Technik und Benutzungsszenarien; Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung "Das globale Datennetz" im Fachbereich Mathematik und Informatik der Freien Universität Berlin, 25. Oktober 1995

[Lamport 86] L. Lamport; LaTeX – A Document Preparation System; Addison Wesley, 1986

[Lubar 95] D. Lubar; It's Not a Bug, It's a Feature! Computer Wit and Wisdom; compiled by David Lubar; Addison-Wesley, 1995

[Lügger 95] * J. Lügger; Designüberlegungen für ein verteiltes Informationssystem für die Mathematik in Deutschland; Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin; Juni 1995, Technical Report TR 95-09

[Nielsen 95] J. Nielsen; Multimedia and Hypertext – The Internet and Beyond; Academic Press 1995

[Odlyzko 95] + A. M. Odlyzko; Tragic Loss or Good Riddance? The impending demise of traditional scholarly journals; To be published in Intern. J. Human-Computer Studies (formerly Intern. J. Man-Machine Studies)

[OttmannB 95] Th. Ottmann, Ch. Bacher; Authoring on the fly; ftp:// ftp.informatik.uni-freiburg.de/documents/reports/report72/report72.ps.gz

[Rehmann 95] U. Rehmann; Pilotprojekt zur Führung von elektronischen wissenschaftlichen Zeitschriften durch Bibliotheken; Fachbereich Mathematik; Universität Bielefeld; June 1995 (interne Mitteilung)

[Stix 95] G. Stix; Publizieren mit Lichtgeschwindigkeit; Spektrum der Wissenschaft, März 1995, 34-39

[Wiiërs 94] L. Wiiërs; A Vision of the Library of the Future; in Developing the Library of the Future – The Tilburg Experience; H. Geleijnse, C. Grootaers (Eds.); Tilburg University Press, 1994, 1-9

Anhang: Über die Chancen traditioneller Publikationsformen

Bei den traditionellen Informationsversorgern ist gelegentlich eine fast irrationale Angst vor dem Internet und den nationalen und globalen Datenautobahnen zu spüren. Wir können ihre Befürchtungen zwar verstehen, teilen ihre Meinung jedoch nicht. Die elektronische Revolution hat – ein Spinoff – dazu geführt, daß jetzt die Regale mit Fachbüchern und Beratern zu Computern und Netzen bersten. Auch in den Wissenschaften ist eher mit Entwicklungen dieser Art zu rechnen. Z.B. gibt es heute zu Computeralgebrasystemen wie Maple, Mathematica etc. eine unübersehbare Vielfalt von Buchpublikationen. Sicher, möglicherweise gehen auch einige traditionelle Tätigkeitsbereiche an die digitale Welt verloren, doch diese bietet ihrerseits ein weites neues Tätigkeitsfeld – und, der weitaus größte Teil der bisherigen Literatur ist von der digitalen Welt überhaupt nicht betroffen. Angst ist ein schlechter Berater, Schwarzmalen keine sinnvolle Strategie. Wer hier die Augen verschließt oder glaubt, den Lauf der Zeit aufhalten zu können, wird seine Chancen nicht sehen und wahren können.

These: *Traditionelle Literatur wird auch in Zukunft ihren Markt haben. Dieser wird bei einigen Publikationsarten sogar expandieren, bei anderen eher stagnieren, als von digitalen abgelöst werden.*

Für noch einige Zeit werden traditionelle Arten mit ihren digitalen Äquivalenten koexistieren und konkurrieren. Dabei ist selbst die Stellung der wissenschaftlichen Journale, für die von einigen Insidern der nahe Tod vorausgesagt oder befürchtet wird, nicht einmal so schlecht; für eine Bestandsaufnahme siehe [Brüggemann 95]. Das Bedürfnis zu publizieren wird möglicherweise schneller wachsen, als die von traditionellen Journalen zwangsläufig offen gelassene "Publikationslücke" geschlossen werden kann. Auch die Etablierung von digitalen Medien benötigt gesellschaftlichen Konsens und Akzeptanz – fordert also ihre Zeit. Wir sind uns bewußt, daß die folgenden Einschätzungen eher unsere eigenen Wünsche reflektieren, als daß sie vorgeben, ein Bild der Zukunft entwerfen zu können. Auch bewegen wir uns mit unserem Begriffsmuster weitgehend noch im traditionellen Rahmen.

* Die wissenschaftliche Monographie und das Lehrbuch werden überleben. Unklar ist jedoch, ob sie nach denselben Verfahren langfristig bewahrt und archiviert werden können. Das Verdoppelungsargument trifft nicht nur auf Journale und Reihen, sondern auch auf Bücher zu, sogar in verstärktem Maße. Wir können heute erleben, daß die Buchproduktion in der westlichen Welt durch die elektronische Revolution stark angetrieben wird. Und, mit der "explodierenden" Information wächst auch das Bedürfnis nach langfristig gültigen Werken. In der Mathematik investieren Autoren oft sehr viel Arbeit in in die Erstellung einer Monographie und auch eines Lehrbuchs. Das Lesen dieser Werke geschieht nicht vor Bildschirmen. Mathematik ist "slow food", für dessen Verdauung Zeit und Muße benötigt wird. Das Buch ist deshalb hier nach wie vor das "beste Medium". Lehrbücher sind obendrein oft recht preiswert, weil sie in hohen Auflagen produziert werden können.

  Unklar ist aber, ob der zentralisierte Druck und Transport von Büchern (von Materie) gegenüber dem um Größenordnungen preiswerteren Vertrieb auf digitalem Wege Bestand haben kann. Stichworte, wie CD-ROM, *printing on demand*, *document delivery* etc., geben nur erste Hinweise, wohin die Reise geht. Mathematische Dokumente und Bücher lassen sich obendrein[26] in der Qualität des Originals elektronisch bereitstellen, verschicken und (auch absuchbar) archivieren. Die Mathematik verwendet hier TEX, LATEX und Postscript, oder Mischformen. Verlage setzen SGML ein, vor allem aus Gründen der langfristigen Kompatibilität bei der Führung ihrer Texte in Datenbanken. Über eine weitergehende Dezentralisierung muß intensiver nachgedacht werden. Der "Druck vor Ort" durch kommerzielle oder wissenschaftliche Print-Zentren liegt nicht nur im Bereich der Möglichkeit, sondern eröffnet auch Chancen für eine völlig neuartige Kooperationen zwischen Verlagen, Buchhandlungen und Bibliotheken.

* Wissenschaftliche Journale wird es immer geben, auch in ihrer traditionellen Form. Unklar ist jedoch, welche – langfristig gesehen – echte Überlebenschancen haben. Wohl nur die besten, aber auch sie nur dann, wenn sie in Zukunft bezahlbar sind. Wir rechnen aber eher mit einer Stagnation (oder sogar rückläufigen Entwicklung) der Bibliotheksetats als mit deren Wachstum, das dem exponentiellen Wachstum der Anzahl (von Neugründungen) der Journale angepaßt sein müßte. Die auch von uns diskutierte "Krise der Bibliotheken" hat ihre tieferen Ursachen nicht zuletzt in allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklungen, die – unabhängig von den Bedürfnissen der Wissenschaften – zu einer Verknappung der öffentlichen Haushalte geführt haben. Bibliotheken müssen abbestellen. Verlage können ihre Herstellungskosten nicht beliebig reduzieren. Die verbleibenden Abbonements von Journalen werden also teurer. Damit schließt sich der Teufelskreis.

[26]Dies steht im Gegensatz zur heute aus Copyright-Gründen von den Bibliotheken geübten Standardpraxis des Einscannens – unter Vernichtung des digitalen Abbildes.

Zugleich öffnet sich eine "Schere". Das Bedürfnis zu publizieren wird sich (ähnlich) exponentiell weiterentwickeln wie bisher. Es entsteht eine klaffende Lücke, die wohl nur durch E-Journale gefüllt werden kann, und das auch nur dann, wenn Verleger, die E-Journale anbieten, die damit verbundenen Kostenvorteile auch an Leser und Bibliotheken weitergeben. Wenn sie dazu nicht bereit sind, sind die Wissenschaften gezwungen, die Produktion und den Vertrieb ihrer Information weitgehend selbst in die Hände zu nehmen. Sie tun es ohnehin bereits heute für fast alles, was sich nicht in gedruckter Form darstellen läßt. Auch die Produktion (Schreiben, Setzen, Editieren, Begutachten) von traditionellen Journalen liegt heute fast ausschließlich in ihren eignen Händen – und das alles tun sie "kostenlos". Sie und ihre Institutionen haben es deshalb eigentlich nicht nötig, ihre wissenschaftlichen Ergebnisse zu "verschenken". Was wird sein, wenn sie feststellen, daß das elektronische Publizieren für sie nicht nur kostengünstiger und effizienter, sondern auch einfacher ist?

* Traditionelle wissenschaftliche Journale werden dennoch ihren Platz behaupten, auch wenn dieses unter den genannten Gesichtspunkten für die Wissenschaften weniger wünschenswert ist. Die Bedürfnissse zu publizieren wachsen – mit der fortschreitenden Bildungsrevolution – möglicherweise schneller, als sie durch die neuen E-Journale befriedigt werden können. Digitale Publikationsarten müssen sich erst noch bewähren, vor allem in qualitativer Hinsicht. Auch das braucht seine Zeit. Die besonderen Chancen der neuen E-Journale liegen aber in den neuen digitalen Möglichkeiten, die im Rahmen des Publizierens auf Papier nicht vorhanden sind. Die heutigen E-Journale sehen fast noch genau so aus wie ihre traditionellen Verwandten. Nur die Beschränkung im Volumen entfällt und damit die langen Warteschlangen im Prozeß des Publizierens auf Papier. Sie sind aber nach wie vor ausdruckbar – unter fast vollständigem Verzicht auf Hyperlinks, Animationen, Integration mit Software und Daten, Dynamische Simulationen etc.[27]

* Preprints haben – in Physik, Informatik und Mathematik – trotz ihrer funktionellen Nachteile (sie sind vor allem nicht referiert) die Journale in ihrer Rolle als hauptsächliches Medium der wissenschaftlichen Kommunikation weitgehend abgelöst. Die Physik[28] und die Informatik sind bereits zu großen Teilen zu E-Prints, also elektronischen Preprints, übergegangen. Die Mathematik hat seit dem letzten Jahr mit dem Aufbau von elektronischen Preprint-Archiven begonnen. Schon seit längerer Zeit tauschen Mathematiker ihre Preprints per E-mail aus. Preprints sind heute ein unverzichtbarer Bestandteil der Forschung – jetzt in digitaler Form.

* Tagungsberichte sind i.a. nicht sehr beliebt, jedenfalls nicht in der Mathematik. Erstklassige mathematische Berichte erscheinen kaum in Proceedingsbänden. Dennoch haben diese ihren eigenen Wert als schnelles Mittel der Kommunikation in der Forschung (sie sind nicht für die Ewigkeit gedacht). In dieser Rolle wird ihr Wert weiter steigen, vor allem in digitaler Form. Schon heute kündigen sich praktisch alle bedeutenderen Tagungen elektronisch im Internet an, per E-mail-Verteiler und mit eigenen Web-Servern. In der Informatik werden vielfach die kompletten Tagungsberichte in solchen Archiven bereitgestellt. Die Bekanntgabe einer URL, per E-mail weltweit gestreut, reicht als "Veröffentlichung" aus. Die sonst nur, aus Kostengründen, in kleiner Auflage erscheinenden Berichte stehen damit für unbegrenzte Zeit und in praktisch unbegrenzter "Auflage" international bereit.

[27]Fast ist es so, als wollte man – wie in der Frühzeit des Automobils – vor allem die Eigenschaften der Pferdekutschen bewahren. Was wird aber geschehen, wenn die Hersteller solcher Journale, und die Mathematik, das Potential der neuen Möglichkeiten entdecken? Werden sie dann auch weiter daran interessiert sein, ihre Arbeit in traditionelle "Stilarten" zu investieren?

[28]Das *Los Alamos National Laboratory* hat unterdessen den Druck von Preprints vollständig eingestellt.

* Formelsammlungen, Lexika [29] und viele Nachschlagewerke sind bereits heute weitgehend durch völlig anders geartete Medien ersetzt, insbes. durch Systeme und Software zur Symbolmanipulation, Hypermedia-Systeme auf CD-ROM und im Internet etc. Visualisierungen im Wissenschaftsbereich existieren eigentlich nur noch digital, in Verbindung mit ablauffähiger Software und den zugehörigen Daten. Wie wollte man auch anders dynamische Verhältnisse dokumentieren (Animationen). Bei der Distribution von Software dominieren z.Z. die CD-ROM (Originalsoftware) und das Internet (Updates und Applikationen, sowie Datensammlungen).

  Bemerkenswert ist, daß – nicht nur wissenschaftliche – Software, die doch eine immer größere Bedeutung gewinnt, von den wissenschaftlichen Bibliotheken fast vollständig ignoriert wird. Bibliothekare denken in Zeiträumen von Jahrzehnten und Jahrhunderten. Ändert sich vielleicht Software für sie zu schnell? Jedoch, sind nicht gerade auch Algorithmen bewahrenswert? Wer könnte denn ihre historische Entwicklung dokumentieren, wenn sie in unseren Archiven nicht mehr aufzufinden sind? Zunehmend beziehen sich wissenschaftliche Artikel auf Software und komplexe Datensammlungen, Visualisierungen etc. Sie verweisen in kürzester Zeit ins Leere.

* Klassische Referate und Abstracts koexistieren z.Z. noch in Buchform und simultan in Online-Datenbanken und CD-ROMs, das aber nur in begrenzten Bereichen der Wissenschaften. Das gesamte Referatewesen zeigt jedoch schwerste Stresserscheinungen. In der Mathematik (und wohl nur in der Mathematik) wird noch das Ziel verfolgt, möglichst die gesamte Weltliteratur zu erfassen. Die mathematischen Fachbereiche in Deutschland sehen sich jedoch kaum in der Lage, den "echten" (nicht subventionierten) Preis für diese Dienste zu tragen. Die Produktion von wissenschaftlichen Datenbanken ist, allgemein gesehen, den – auf diesem Gebiet ehemals führenden – deutschen Herstellern weitgehend entglitten und in amerikanische Hände gelangt.

Das Bedürfnis nach Einführungen und Übersichtsartikeln, konzentrierten Zusammenfassungen und Bewertungen, auch organisatorisch gelagerten "Führern" und Adressenlisten etc. wird – last but not least – mit der "explodierenden" Information weiter wachsen, und zwar in bezug auf alle bereits genannten Publikationsarten und alle Arten von Trägern, einschließlich der digitalen. Da sich die Wissensgebiete aber heute mit großer Dynamik entwickeln, kommt es hier vor allem auf Geschwindigkeit an. Surveys müßten idealerweise immer auf dem neuesten Stand sein. Dafür ist das Medium Papier zu langsam. Hierzu ein Beispiel: Ende 1995 ist das *Handbook of Combinatorics* bei North-Holland erschienen, an dem einer der Autoren dieses Artikels als Mitherausgeber und Autor beteiligt war; der "Produktionsprozeß" dieses umfangreichen Werkes, an dem rund 50 Autoren beteiligt waren, hat 11 Jahre gedauert. Zur Veröffentlichung eines solchen Handbuches muß bis zur Fertigstellung des letzten Artikels gewartet werden, was natürlich dazu führt, daß nicht alle Kapitel beim Erscheinen wirklich aktuell sind. Unserer Meinung nach ist jetzt die "Endzeit" derartiger *Handbooks* angebrochen. In Zukunft wird die elektronische Bereitstellung solcher Information die Regel sein. *Handbooks* und dergleichen werden von Autoren oder ganzen Gruppen von Autoren in Teamarbeit aktualisiert, sogar von Tag zu Tag. Hypertext mit elektronisch einfach verfolgbaren Verweisstrukturen wird die bevorzugte Darstellungsform sein.

[29] In den USA werden heute mehr Lexika auf CD-ROM als in gebundener Form verkauft. Der Markt für Lexika in Papierform ist um zwei Drittel geschrumpft.