Vorabversion: 19. Dez. 1996

Neueste Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnik und ihre Auswirkungen auf den Wissenschaftsbetrieb

M. Grötschel, J. Lügger
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin
Takustraße 7, 14195 Berlin-Dahlem

Vorbemerkung

Dieser Aufsatz ist die Ausarbeitung eines Vortrags auf der 4. Jahrestagung der "Gesellschaft Information Bildung" (GIB) am 10. und 11. Oktober 1996 an der Humboldt-Universität Berlin. Der Text liegt als traditioneller Artikel (im Tagungsband) und - elektronisch - in Hypertextform vor. Im Vortrag wurde eine große Zahl von Folien gezeigt, die meisten davon Kopien von aktuellen elektronischen Dokumenten im Internet. Eine (nur) schriftliche Ausarbeitung wird der Schönheit und dem Informationsgehalt der über einen Overheadprojektor gezeigten Dokumente nicht gerecht (ein Rechner mit Netzanschluß und Videoprojektion stand leider nicht zur Verfügung). Daher ist der Text zu einem Hypertext mit anklickbaren Verweisen mutiert. Wir empfehlen dem Leser der gedruckten Fassung - bei Interesse - in einem Internet-Browser (wie *Netscape Navigator* oder *Mosaic*) die URL

http://elib.zib.de:88/edu/gib/gas.html

aufzurufen. Hier kann er nach Belieben die farblich unterlegten Textsegmente anklicken und sich die im Text erwähnten digitalen "Originale" und viele Artikel sofort besorgen und anschauen. Er kann insbesondere prüfen, ob er die von uns geäußerten Meinungen zu den angesprochenen Themen teilt oder ob er andere Interpretationen vorzieht. (Der gedruckte Text enthält die Liste aller URL-Referenzen im Anhang.)

Wir halten das Medium Hypertext, welches wir im Aufsatz ausführlich besprechen, für eine angemessene Darbietungsform der Ausarbeitung eines Vortrags, der mit visuellen Mitteln umfangreich ergänzt wurde, insbesondere dann, wenn die Zielgruppe aus der GIB und ihrem Umkreis stammt. Vielleicht kann das Beispiel Schule machen und die betagte Institution des gedruckten Tagungsbandes verändern, der nicht selten - und hoffentlich nicht in diesem Falle - mit der Zeit zu nichts anderem als Regalmüll wird, wie wir beim gerade erfolgten Umzug des Konrad-Zuse-Zentrums erneut bemerken mußten.

1 Einleitung, Codierung und Speicherung von Information

Ohne Frage, am Anfang war das Wort. Was aber wurde zuerst aufgeschrieben? Am Anfang stand hier die "Wirtschaftsmathematik" - zumindest deuten neueste Forschungsergebnisse darauf hin. Die Argumente klingen plausibel. Aufstellungen über Ernteerträge, Einnahmen und Ausgaben lassen sich mündlich kaum zuverlässig festhalten. Aus diesem Grunde entsteht im alten Sumer die Schrift, vor über 5.000 Jahren. Die Beamten dieser allerersten Stadtstaaten entwickelten z.B. Verfahren zur

Berechnung des Inhalts von Tonkrügen, in denen Korn und andere Abgaben gespeichert waren (erste Steuern) [Serres 95]. Zugleich entstanden die ersten Schulen und "staatliche Akademien" zur Ausbildung von Schriftkundigen, die sich bald für die Mächtigen unentbehrlich machten, eine privilegierte Schicht von Wissenden. Tontafeln, mit Keilen aus Schilfrohr beschrieben, waren ihr hauptsächliches "Medium", zunächst luftgetrocknet, später gebrannt, aus Gründen der besseren Konservierung; siehe z.B. das Exemplar einer Babylonischen Keilschrifttafel {1} aus dem *MacTutor History of Mathematics Archive* {2}. Solche Tontäfelchen sind dann sehr haltbar. Aus damaliger Zeit sind uns unzählige mit Rechenübungen von Schülern erhalten geblieben, vergraben unter den Trümmern verfallener Städte. Tontafeln lassen sich jedoch schlecht transportieren, denn sie sind recht schwer und letztlich auch zerbrechlich.

Seit ihren Anfängen in den ersten Hochkulturen begleitet uns die Schrift als Bedingung und Ausdruck der Zivilisation, und ebenso die mit ihr verbundenen Themen und Probleme: ihr Medium, die Codierung, die Schule, staatliche Steuern, die Mathematik, langfristige Archivierung (wie wir bald sehen werden, ein sehr modernes Problem), effiziente Nachrichtenübertragung, Beamtentum und selbst die Rechtspflege. Bestimmte Rechnungen sind durch persönliche Namenszeichen abgezeichnet und damit authentifiziert. Manche häufig wiederkehrende Bildfolgen wurden - schon vor Erfindung der ersten Schrift - mit kleinen Rollen ("Rollsiegeln") in den weichen Rand von Tonbehältern gedrückt, die auf diese Weise versiegelt wurden (erste Druckverfahren). Die Codierung der Keilschrift - längst noch nicht perfekt - wandelte sich ständig. Flexibel wie sie ist, wurde sie auch in andere Kulturkreise und Sprachen übertragen, wobei sie deren eigene Codes ablöste und manchmal auch auslöschte. Gleiches geschieht heute mit elektronischen Codes und Datenträgern.

Aus anfänglichen Piktogrammen entwickelten sich mit der Zeit abstraktere Codes, die etwa nach den Prinzipien des Bilderrätsels funktionierten. Aus dem Zeichen für "Sand" und dem für das Werkzeug "Ahle" entsteht dabei - phonetisch - ein neues Wort: "Sandale" [Jean 91]. Die Menge der unterschiedlichen Piktogramme schliff sich bald auf etwa 600 Symbole ab, immer noch zu viele für den einfachen Gebrauch durch "normale" Menschen. Die Schrift war jetzt aber zur Codierung von Ideen gereift, wenn auch noch nicht zur exakten Notation von Sprache. Aber es konnten bereits juristische Gesetzbücher, wissenschaftliche Abhandlungen oder literarische Kunstwerke entstehen, wie vor dreieinhalbtausend Jahren das Gilgamesch-Epos. Die Schrift wurde zum Medium einer neuen Elite, der sie zusätzliche Macht verlieh.

Auch die Hieroglyphen beruhen auf phonetischer Ähnlichkeit. Im Unterschied zu ihren sumerischen Nachbarn schufen die Ägypter von Anfang an ein graphisches System, mit dem sie alles ausdrücken konnten. Es wurde als göttliche Erfindung angesehen und vornehmlich für religiöse Zwecke eingesetzt, wenn auch nicht nur für diese. Für unsere Darstellung ist jedoch wichtiger, daß die Ägypter seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. (manche Autoren geben eine noch frühere Zeit an {5}) Papyrus als Medium ihrer Dokumente verwandten. Es ist leicht und damit sehr viel besser zu transportieren, als etwa Tontafeln. Wichtige Werke konnten nun einfacher - schneller und weiter - zwischen den verschiedenen Kulturen getauscht werden. Ihre Reichweite erstreckte sich über den ganzen Mittelmeerraum. Die ersten Bibliotheken entstanden.

Papyrus ist allerdings auch sehr empfindlich. Eine neue Klasse von Schreibern mußte die wertvollen Dokumente in Skriptorien, antiken "Copy-Zentren", abschreiben, um sie zu bewahren und zu tauschen. Die berühmteste und auch die umfangreichste der damaligen Bibliotheken, in Alexandria, verlor im

Jahre 47 v. Chr. (Krieg gegen Cäsar) den größten Teil ihres Bestandes, durch Brand. (Hätten die Ägypter doch besser Tontäfelchen verwand?) Heute sind nur noch sehr wenige Papyri erhalten. Die Universität von Michigan scannt ihre Kollektion {3} ein, um sie, d.h. ihre Abbilder, zu konservieren. Einige ihrer Schätze hat sie im Internet ausgestellt, wie z.B. den Papyrus Libellus, Mich. Inv. 363 {4} aus ihrer Ausstellung *From Papyri to King James.*

Erst die Griechen entwickelten im 8. Jh. v. Chr. die Schrift so weit, daß nun gesprochene Sprache mit allen ihren Lauten präzise notierbar war. Sie übernahmen das erstmals von den Phöniziern entwickelte Alphabet, das aber noch keine Vokale kannte (man mußte sie sich beim Lesen "hinzudenken"; die semitischen Sprachen enthalten nur wenige Vokale), und ergänzten es um Zeichen aus dem aramäischen Alphabet für die im Griechischen reichlich vorhandenen Vokale (ähnliche Probleme haben wir auch heute, z.B. fehlen die deutschen Umlaute im ASCII-Code). Das neue Alphabet verfügte nun über etwa 30 Zeichen, eine entscheidende Entwicklung für die leichtere Erlernbarkeit und die nun folgende Demokratisierung des Wissens. Diese begann mit einem Paukenschlag, der Niederschrift der homerischen Heldengesänge. Bald darauf blühten griechische Wissenschaft und Kultur.

Die nächste - technische - Neuerung, die Erfindung des Pergaments, entsprang einer Mangelsituation. Die Papyrus-Pflanze gedeiht am Nil. Papyrus, das aus dem in Streifen geschnittenen Mark der Pflanze in einem mühsamen Verfahren zusammengeklebt und zu Rollen verarbeitet wurde (zum Prozeß der Herstellung siehe {5}), war im ganzen Mittelmeerraum in Gebrauch. Das trieb die Preise in die Höhe, auch innerhalb Ägyptens. Dort war seit dem 13. Jh. v. Chr. die Herstellung von Papyrus Staatsmonopol. Besonders ärgerlich war, daß auch die griechische Konkurrenz vom Papyrus profitierte. Das antike Pergamon stand im direkten Wettbewerb zu Alexandria. Die Ägypter setzten die Griechen - wir kennen denselben Vorgang auch aus neuerer Zeit (denken Sie nur an Speicherchips) - im 2. Jh. v. Chr. mit einem "Papyrus-Embargo" unter Druck [Jean 91]. In Pergamon begann man notgedrungen auf Tierhäuten zu schreiben, die glattgeschabt, extrem gespannt und aus Konservierungsgründen besonders gereinigt wurden (zum Prozeß der Herstellung von Pergament, dem "Papier" aus Pergamon, siehe {6}).

Aus der Not wurde eine Tugend. Pergament ist wesentlich haltbarer als Papyrus und man kann es zu einer Sammlung von identisch geschnittenen "Blättern" zusammenbinden, dem Codex. Das Buch war geboren. Es läßt sich viel einfacher lesen, als eine Papyrusrolle. In dieser Form verhalf es später der heiligen Schrift zu weiter Verbreitung, bis an das Ende des Mittelalters. Über 1.000 Jahre waren Bücher nur sehr schwierig herzustellen. Jedes Exemplar mußte einzeln geschrieben oder abgeschrieben werden, per Hand, daher die Bezeichnung "Manuskript". Hilfskräfte, die des Schreibens unkundig waren, zogen dabei die Linien, zwischen denen Mönche ihre Schriftzeichen setzten, die sogenannten "Leitlinien" [Jean 91]. Nur die Mächtigsten und Reichsten konnten sich Bücher leisten, und - natürlich - die Kirche, die in den Klöstern den Herstellungsprozeß kontrollierte und das Buch in erster Linie für ihre religiösen Zwecke einsetzte. Dementsprechend schön und aufwendig waren Bücher ausgestattet. Pergament läßt sich beidseitig farbig bemalen. Ohne die Erfindung des Pergaments hätte die Buchmalerei wohl nie eine derartige Blüte erlebt wie im Hochmittelalter. Die *Library of Congress* (LOC) {7} der USA verfügt über einige seltene Exponate. Der *Codex Vaticanus* {8} war ursprünglich eine vollständige Bibel. Die LOC hat auch eine wunderschöne Ausstellung von alten Dokumenten und mittelalterlichen Abschriften aus der berühmten Bibliothek des Vatikan im Internet durchgeführt, die *Vatican Library Exhibit* {9}.

Wie ein Leuchtfeuer begleitet die Schrift die Entwicklung unserer Zivilisation. Wo die alten Dokumente erhalten bleiben (durch Archivierung), ermöglichen sie Einblicke in das geistige Leben der Epoche (das übrige geistige Leben versinkt im Dunkel). Und wo Information (durch Kommunikation) weite und schnelle Verbreitung findet, kann die Epoche selbst ihren eigenen Zustand reflektieren. Beides, der "Transport von Information in der Zeit" und ihr "Transport im Raum" blieben Tausende von Jahren technisch nicht miteinander verträglich.

Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern machte die rationelle Herstellung von Büchern möglich. Die Zeitgenossen Gutenbergs erkannten jedoch die Tragweite seiner Erfindung noch nicht. Zwar verfügte man bereits über das Papier, eine weitere wichtige Neuerung, die aus China langsam bis nach Europa gedrungen war, jedoch versuchte man damals vor allem, die sehr hochstehende Qualität der Manuskripte zu imitieren (in ähnlicher Weise imitieren heute viele elektronische Journale ihre Vorgänger auf Papier). Gutenberg selbst druckte - noch stark vom mittelalterlichen Geist geprägt - seine erste Bibel im Jahre 1450 in lateinischer Schrift mit außerordentlich schönen, aber komplizierten Buchstaben, und ließ sie reichlich verzieren. Er hatte damit keinen wirtschaftlichen Erfolg und starb verarmt. Erst die Übersetzung der Bibel durch Luther {10} in die deutsche Sprache schuf hundert Jahre später in Deutschland die Randbedingungen für die breite Akzeptanz des gedruckten Buches und die Buchdruckerkunst. Luther konnte seine Ideen damit außerordentlich weit verbreiten - und Luthers Verleger wurde reich [Lutherhaus 96] (vielleicht, weil diese Bibeln wenig kosteten). Dennoch blieben Bücher noch lange Zeit der mittelalterlichen Form verhaftet. *Tyndales Worms New Testament* {11}, das erste gedruckte neue Testament in englischer Sprache, eine Exponat aus dem *Treasures Digitisation Project* {12} der *British Library* {13} läßt noch die Nähe zur Kunst der Buchmalerei deutlich erkennen.

Heute besteht das Alphabet aus Bits und Bytes. Bücher, Bilder und Dokumente sind digital geworden, i.d.R. schon vor ihrer Veröffentlichung auf Papier. Moderne Bücher sind heute nicht nur im Buchhandel zu finden, sondern immer öfter auch im Internet, wie z.B. eine Einführung in das Hypermediasystem Hyper-G [DalitzH 95] als Postscript-File {14}. Der Vorteil der digitalen Speicherung liegt nicht nur in der hohen Qualität (wir kennen das von Musik auf CD), sondern auch in ihren geringen Kosten (die Materialkosten einer CD liegen z.Zt. bei etwa zwei Mark) und - vor allem - in der Möglichkeit der Verarbeitung und Verbreitung mit Computern. Die Kopie einer digitalen Kopie ist genau so gut wie ihr Urbild, manchmal sogar besser. Sie läßt sich elektronisch analysieren, weiter aufbereiten und, wie das Bild unserer Keilschrifttafel, mittels Internet über die ganze Welt verbreiten. Wir haben seine digitale Codierung in einem Beispiel sichtbar gemacht {15}. Wissenschaftliche Bibliotheken, die ihre kostbarsten Bestände sonst nur einigen Spezialisten direkt zur Verfügung stellen können, erreichen einen breiten Kreis von Interessenten, wie z.B. mit der illuminierten mittelalterlichen Abschrift einer Abhandlung des Archimedes {16} aus der bereits genannten Ausstellung der LOC. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) {168} unterstützt ebenfalls die Erfassung und Digitalisierung historischer Dokumente, z.B. die der wertvollen Öttingen-Wallerstein-Bibliothek {17} in Augsburg, aus der z.B. ein alter astrologischen Kalender {156} stammt.

2 Defizite in der Informationsversorgung

Information wird für uns immer wichtiger, wir sprechen bereits von der Informationsgesellschaft. Tatsächlich fällt die Anzahl der in der industriellen Produktion beschäftigten Menschen seit Mitte der 50er Jahre drastisch (in der Landwirtschaft bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts), während immer mehr Menschen im Dienstleistungsgewerbe und in den informationsverarbeitenden Branchen tätig sind (4-Sektorenmodell {18} aus dem Bericht "Info 2000" des Bundesministers für Wirtschaft [BMWi 96] {19}). Schon jetzt werden weltweit mehr Computer als Autos verkauft, und im Jahre 2000 werden in Deutschland mehr Personen in der Informationstechnik beschäftigt sein, als im Automobilbau [Kohl 96] {20}. Was könnte in einem "Land des Automobilbaus" die durch das Wachstum der "Wissensindustrien" eingeleiteten Veränderungen deutlicher machen?

Gleichzeitig verbreiten prominente Wissenschaftler in Medien und Journalen "apokalyptische Visionen", von der "Cyber-Sintflut" und vom "Untergang der Welt des Gutenberg-Zeitalters" [Frühwald 96], vom "drohenden Niedergang wissenschaftlicher Zeitschriften" [Odlyzko 95] {22} etc. Wo alles wächst, wachsen auch die Widersprüche. Auch Heilsempfehlungen sind zu hören: "Die Antwort auf unsere behauptete oder tatsächliche Orientierungslosigkeit ist Bildung - nicht Wissenschaft, nicht Information, nicht die Kommunikationsgesellschaft, nicht moralische Aufrüstung, nicht der Ordnungsstaat." [Hentig 96]. Zwar haben wir gerade das Ende eines Weltreiches erlebt, viele Menschen erwarten jedoch weitere Veränderungen, vielleicht noch größere. Der Wandel ist globaler Natur - und, Strukturwandel erzeugt Ängste. Noch fehlen uns die Maßstäbe für das Kommende. Vielleicht ist es weniger die "elektronische Flut", die keine Ufer kennt, wie - W. Frühwald folgend - zu fürchten ist, als vielmehr die "Flut" der anschwellenden Erwartungen und Befürchtungen. Wir bestreiten nicht, daß wir - im Sinne von Hentig's - keine Antwort wissen. Das ist aber auch nicht der Gegenstand unseres Themas.

Unbestritten ist, daß sich die wissenschaftliche Literaturproduktion alle 16 Jahre verdoppelt, in den Naturwissenschaften schon alle 10 Jahre [CummingsWBLE 92]; siehe {164}. Dieser Trend hält seit über 100 Jahren an [deSollaPrice 86] und scheint derzeit ungebrochen; siehe eine diesbezügliche Grafik gemäß [Wiiërs 94] {21}, vgl. auch [Odlyzko 95] {22} und eigene Arbeiten [GrötschelL 95a] {23}, [GrötschelL 95b] {24}. Alle 10 bis 16 Jahre müßten die großen wissenschaftlichen Bibliotheken ihre Speicher verdoppeln, sofern sie noch den Anspruch haben, die wesentliche Literatur vor Ort zur Verfügung zu haben. Aber welche Bibliothek kann das leisten? Das Gegenteil tritt ein. Die Bibliotheken sind längst in eine Krise geraten, verursacht durch steigende Kosten bei Büchern und Zeitschriften und gleichzeitig stagnierende Etats [GriebelT 95].

Wir belegen das durch einige konkrete Schlaglichter aus unserem eigenen Umfeld. Der Bibliotheksetat der Technischen Universität Berlin ist von 8 Millionen DM im Jahre 1988 auf 6 Millionen DM im Jahre 1995 gesunken. Der Etat der Bibliothek des Fachbereichs Mathematik dieser Universität betrug 1978 DM 152.000, im Jahre 1995 belief er sich auf DM 154.000. Der Durchschnittspreis eines Abonnementjahrgangs wissenschaftlicher Zeitschriften an der mathematischen Fachbereichsbibliothek der Universität Bielefeld lag 1980 bei DM 224 und im Jahre 1995 bei DM 940. Dies entspricht einer Steigerung von 319% in 14 Jahren [GrötschelL 96] {25}. Eine Untersuchung der *Association of Research Libraries* (ARL) der USA über die Beschaffungen von Monographien und Zeitschriften bei ihren Mitgliedern in den Jahren 1986 bis 1993 belegt Preissteigerungen in

Höhe von 108% für Zeitschriften und von 46% für Bücher in diesem Zeitraum [AAU/ARL 94]; siehe insb. die Grafik {26}. Obwohl diese Bibliotheken ihre Ausgaben für Zeitschriften um 92% und die für Bücher um 16% steigerten, konnten sie am Ende nur immer weniger Zeitschriften (-5%) und Bücher (-23%) beschaffen.

In diesen Tagen nehmen Bibliotheken in Deutschland bei Zeitschriften umfangreiche Abbestellungen vor und müssen die Beschaffung von Büchern vielleicht noch stärker reduzieren. Sie verlassen sich zunehmend auf den Leihverkehr bzw. auf die Lieferung von Dokumenten. Aber diese kommen - sie stehen am Ende der Kette des Publikationsprozesses - für die Forschung viel zu spät und sie sind außerordentlich teuer; man denke auch an den zusätzlichen Verwaltungsaufwand. Dabei ist das Papier als Medium der Verbreitung wissenschaftlicher Information ohnehin schon sehr schwerfällig. Heute treten z.B. in der Mathematik beklemmend hohe Ablehnungsraten (bis zu 80% bei wissenschaftlichen Spitzenzeitschriften) und exorbitant lange Wartezeiten (bis zur Publikation 2 bis 3 Jahre) auf, und das oft nur, weil Zeitschriften aus Kosten- und Marketinggründen die Seitenzahlen beschränken. Dabei stehen in der Forschung die Artikel elektronisch längst bereit, bevor sie bei Verlegern zur Publikation eingereicht werden; für eine kurzgefaßte grafische Darstellung der vier Phasen des Publizierens siehe {27}.

Das (und nicht die globale Informationsgesellschaft) ist heute das zentrale Problem für die Wissenschaft. Wie können die Informationsflut, das anhaltende Wachstum der Literatur und der gleichzeitig auftretende Informationsmangel bewältigt werden, der durch stagnierende Etats bei gleichzeitigen Kostensteigerungen und durch die Schwerfälligkeit des Papiermediums verursacht wird? Wir werden sehen, daß sich das Problem der Informationsflut nicht nur bei den Publikationen auf Papier, sondern auch noch auf andere Weise und in anderen Bereichen stellt, denn wissenschaftliche Ergebnisse schlagen sich heute längst nicht mehr nur in traditionellen Artikeln und Büchern nieder [GrötschelL 96] {25}. Inzwischen sind aber Werkzeuge und Methoden entstanden, die uns effektive und kostengünstige neue Formen der weltweiten wissenschaftlichen Kommunikation ermöglichen: Computer, Software und globale digitale Netze.

Bedeutet das aber das Ende des Buches? Ein Blick zurück in die Geschichte: Angenommen, wir würden heute noch mit den Produkten der Buchmalerei auskommen, wunderschönen Werken, aber eben Unikaten. Wer könnte sich das leisten? Genau genommen gibt es immer noch vergleichbare Bücher, wie z.B. die Hundertwasser-Bibel. Selbst eines der ersten und schönsten Werke der weltlichen Buchmalerei, die Chroniken von Froissart, sind heute noch erhältlich, wenn auch in anderer Form und nur zu fürstlichen Preisen, in Deutschland für DM 2.500. Und sie sind in dieser Form einem größeren Kreis von Personen zugänglich, als das Original. Die Erfindung des Buchdruckes führte nicht zum Ende des Manuskriptes. Im Gegenteil, das allgemeine Interesse an Gedrucktem wuchs und ließ die Nachfrage nach gedruckter Literatur, nicht nur nach religiösen Schriften, dramatisch ansteigen. Damit wuchs auch der Bedarf an weiteren Manuskripten, die jetzt aber eine andere Aufgabe zu erfüllen hatten. Heute erzielen gute Originalmanuskripte bei Sammlern, Bibliotheken und Museen höchste Preise.

Bildung und technische Kommunikation (also die Informationsgesellschaft) sind auch kein Gegensatz, wie es von Hentig suggeriert (das eine wird gebraucht, das andere nicht). Tatsächlich gehören für Menschen in Entwicklungsländern das Internet und die Satellitenkommunikation zu den Hoffnungen, überhaupt und zu bezahlbaren Preisen am weltweiten Informationsaustausch aktiv und passiv

teilnehmen zu können. Und, zeigt nicht gerade die brandaktuelle Diskussion der Frage, ob und mit welchen Mitteln die Information im Internet überhaupt zu kontrollieren ist, daß diktatorische Staaten kaum in der Lage sein werden, die Meinungsfreiheit einzuschränken, ohne sich von der weltweiten wirtschaftlichen Entwicklung abzukoppeln? Die Freiheit der Meinung und Information bekommt durch die neue Technik einen starken Partner - das vielzitierte "kreative Chaos" des Internet.

Ein Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften löst das Problem der Informationsflut auf seine Art: Er ist "... weniger daran interessiert so viel zu lesen, als vielmehr daran, selbst ein Buch zu schreiben". Diese Ansicht ist nicht nur bei Germanisten verbreitet, sondern auch - in schriftlicher Fassung - bei Philosophen; siehe z.B. [Mittelstraß 96] {154}. Andere Wissenschaften, andere Sitten?

3 Internet und World Wide Web

Über das Internet, das weltweite Netz der Netze, ist viel geschrieben worden, über seine Ursprünge in der Angst vor einem Atomkrieg und in der militärischen Forschung, über seine langjährige Entwicklung in den Labors der Universitäten [Cerf 74] [Cerf 95] (siehe auch {28}), sein rapides Wachstum {29} und seine weltweite Verbreitung [Landweber 96] {30}, darüber, daß es niemandem gehört und keiner es kontrollieren kann, und daß es das Vorbild für die Datenautobahnen in den USA ist [Kahn 94] [NSTC 96] {31}, die jetzt auch in Europa entstehen sollen [Bangemann 94] {32}. Eine aktuelle und knapp gefaßte Darstellung der Entwicklung neuerer Informations- und Kommunikationstechnologien findet sich in [Press 96]; siehe auch *Hobbes' History Timeline* von R. H. Zakon {33}.

3.1 Zur Entwicklung des Internet, Standardisierung

Erst seit relativ kurzer Zeit gibt es eine Organisation, die sich um die weltweite Entwicklung des Internet kümmert, die *Internet Society* (ISOC), mit heute etwa 6.000 Mitgliedern aus über 120 Ländern. Ihr Server {34} ist der Ausgangspunkt zu Informationen über ihre Struktur {35}, insb. ihre Forschungsinfrastruktur für die Entwicklung von Standards, deren "Produktion" {36} {37}, und - natürlich - auch zu den Dokumenten der ihr eigentümlichen Standards, den *Requests for Comments* (RFC's) {38}.

Das Internet ist mit Hilfe des Internet selbst entwickelt worden, in einer weltweiten, gewissermaßen öffentlichen Diskussion: technisch ausgedrückt, mit elektronischen Mailverteilern, mit *USENET-News* {58} und ftp-Archiven der Software und der RFC's, die allen interessierten Parteien ohne jede Einschränkung kostenlos zugänglich sind. Der Prozeß der "Schaffung" dieser Standards ist einzigartig im Bereich der Computer und der Telekommunikation: Arbeitsfähige Codes werden, ggf. nach einer Phase der Forschung, möglichst frühzeitig produziert und gemeinsam mit Experten und mit Benutzern diskutiert und ausprobiert, um die Funktionsfähigkeit in verschiedenen Hard- und Softwareumgebungen zu sichern {39}. Dabei gibt es u.U. auch konkurrierende Vorschläge, Prototypen und Implementierungen, von denen sich die besten durchsetzen. Was Internet-Standard wird, zeigt sich - im Gegensatz zum traditionellen Prozeß einer möglichst frühzeitigen "Definition" von Standards - erst am Ende wirklicher Betriebserfahrungen bei Nutzern, die mit den unterschiedlichsten Computersystemen arbeiten. Damit das ganze funktioniert, müssen die Prozesse vom Entwurf über

Entwicklung und Test bis zur letzten Abstimmung außerordentlich effizient verlaufen; die verschiedenen Arbeitsgruppen können deshalb sehr leicht geschaffen und auch schnell wieder beendet werden. Man bedenke, daß hier Experten miteinander konkurrierender Hardware- und Softwarehersteller kooperieren müssen, und natürlich auch mit Forschungsgruppen in Labors der Universitäten. Trotzdem ist das Internet - auch unter kommerziellen Gesichtspunkten betrachtet - extrem erfolgreich (Marktanteil über 90% im Bereich der Netze).

Dabei ist “Trotzdem” eigentlich der falsche Begriff. In der Welt der Computer (und nicht nur dort) geschieht es immer wieder, daß große Firmen oder Organisationen sich ein Monopol sichern wollen, aus kommerziellen (zur Durchsetzung eigener Standards) oder auch aus weniger anständigen Gründen (Kontrolle der Meinungen und der Information). Natürlich gab es diese Versuche auch in der Welt der digitalen Kommunikation (wie z.B. beim *BITNET*, das die Firma IBM den Wissenschaften zum “Geschenk” gemacht hat) - und es wird sie immer geben. Vinton Cerf, einer der Väter des Internet, kommentierte das bei der Jahrestagung der *Internet Society* 1996 in Montreal gelassen: “Internet ist das, was dann passiert”. In der Tat, das Internet hat die Existenz der unterschiedlichsten Computersysteme und -netze geradezu zur Voraussetzung. Und es macht sie durch die Schaffung von Methoden der gemeinsamen Verständigung (technisch: durch Kommunikationsprotokolle) miteinander verträglich (interoperabel). So ist das Bestehen einer Vielfalt von Standards und technischen Traditionen nicht nur die Bedingung, sondern auch eine Folge des Internet (völlig anders als etwa bei Kompatibilität und Portabilität, deren Voraussetzung und auch Zielsetzung eher die Vereinheitlichung ist). Ist es ein Wunder, daß das Internet gelegentlich schon als Paradigma für die globale Verständigung gesehen wird? Kooperation und Konkurrenz sind Partner auf neue Art. Man könnte sagen: “Erfolg durch Konkurrenz” - eine neue Lehre? In der alten Welt sieht man es bezeichnenderweise oft noch anders - und fürchtet globale Konkurrenz.

3.2 Erschließung des Internet: Das World Wide Web

Schlagzeilen hat aber nicht nur das Internet gemacht, sondern vielmehr das World Wide Web, kurz WWW oder Web genannt. Vor der “Erfindung” des Web am CERN [BernersCGP 92] bestand das Internet aus einer Vielfalt von Diensten und Protokollen, wie *telnet*, *filetransfer*, *remote job entry*, oder (etwas kryptisch) *Z39.50* etc., die auch von Experten nicht einfach zu beherrschen waren. Die Vielfalt besteht nach wie vor, jedoch wurde sie durch die Entwicklung von Browsern, insbes. von *Mosaic* am *National Center for Supercomputer Applications* (NCSA) [AndreessenB 94] {40}, unter eine einheitliche Benutzeroberfläche gebracht, die so einfach zu bedienen ist, wie der Computer mit der Maus. Heute setzt ein internationales Konsortium *W3C* {41} unter der Leitung des MIT die am CERN begonnene Tradition fort und pflegt die Entwicklung entsprechender Protokolle und Sprachen (HTTP und HTML {42}) sowie die *WWW Virtual Library*; siehe auch die Übersicht *Virtual Libraries* im WWW {43}. Eine knappe Zusammenstellung zur Historie des Web findet sich in {44}.

Anders als das eigentliche Internet, das von Experten der Telekommunikation entwickelt wurde (eher “Fernmeldeingenieure” als Informatiker), steht die Entwicklung des WWW ganz im Zeichen von Benutzern, insbesondere von Physikern. Aber auch das zentrale Paradigma des Web hat andere Wurzeln: Es ist der Hypertext. Zu dessen Vätern zählen Vannevar Bush und Ted Nelson. Der eine hatte (noch) ein großes Archiv von verfilmten Dokumenten im Sinne, aus dessen Speicher sich Wissenschaftler zusammengehörende Textbausteine mit mechanischen Mitteln blitzschnell herausziehen können, weil diese “irgendwie” (durch einen technischen Mechanismus) miteinander verbunden

sind [Busch 45] {45}. Der andere dachte an “Ideen”, die gedanklich, durch “Assoziationen” miteinander in Beziehung stehen [Nelson 81], welche er sich mit Hilfe eines Computers realisiert dachte.

Erst Tim Berners-Lee und seine Kollegen am CERN dachten an einen weltweiten Speicher des Wissens, dessen Bestandteile (Ressourcen) durch “Zeiger” (*Uniform Ressource Locator* oder URL) miteinander vernetzt sind, unabhängig davon, wo und auf welchem Computer- oder Speichersystem sie sich befinden. Das “Wissen der Welt” sollte freizügig beliebig verfügbar sein [BernersCGP 92]. Dieser für die Entwicklung des WWW äußerst fruchtbare Mythos entstand in der Umgebung von Physikern, die Forschung im Bereich der Elementarteilchen trieben. Hier arbeiten oft sehr große Gruppen mit vielen hundert Mitgliedern aus mehreren Ländern an einem einzigen Experiment mit einem Elementarteilchenbeschleuniger (z.B. am CERN) zusammen, dessen Meßergebnisse und Resultate weltweit verteilt, ausgewertet und bereitgestellt werden. Die bald auch mit dem NCSA und einigen Anwendern kooperierenden Hypertextspezialisten am CERN definierten ein Datenformat zur Darstellung von Hypertextdokumenten, die *HyperText Markup Language* (HTML) und ein besonders sparsames (*light*) Protokoll zur Kommunikation so dargestellter Texte, das *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), und kombinierten es mit der vorhandenen Internet-Technologie und dessen Namenschema für Rechner (Server), Dateien (*Files*) und ihre Verzeichnisse (*Directories*).

Auf diese Weise konnte von Beginn an eine umfangreiche Menge der heute in Computersystemen gespeicherten Information auch für Teilnehmer am Internet erschlossen werden, die sich vielleicht als Laien bezeichnen würden, und (nicht zu vergessen) sie erhielten - von den Forschern beim CERN nicht geplant - durch die Entwicklung von Browsern durch M. Andreessen und Mitarbeiter (*Mosaic* und *Netscape Navigator*) eine äußerst ansprechende Oberfläche. Heute wird das Internet oft mit dem World Wide Web gleichgesetzt. Auch wir verwenden im folgenden beide Ausdrücke synonym, und beides ist zugleich auch die Summe der Archive bzw. der in ihren Servern bereitgestellten Information. Diese hatte schon vor dem weltweiten Durchbruch des Internet mit dem Web riesige Ausmaße erreicht, und heute ist ihr Umfang so gewaltig, daß selbst rational orientierte Wissenschaftler von einer “Cyber-Sintflut” sprechen, ganz so, als wäre diese Information erst durch das Internet entstanden.

Dabei besteht das Kern-Web nur aus einigen Millionen Seiten, vielleicht 50 oder 100 Millionen HTML-Seiten, genau kann das niemand sagen. Das ist zwar eine beträchtliche Zahl, jedoch für Datenbankspezialisten durchaus nicht ungewöhnlich, nicht einmal bezüglich einer einzigen Fachwissenschaft. “Hinter” dieser Web-Information stehen allerdings, durch URL's assoziiert, nun tatsächlich sehr viele Nachrichtensammlungen, Literaturdatenbanken, Softwarearchive, Foto- und Bildersammlungen, manche davon selbst von riesigem Umfang, inzwischen auch ganze Film- und Musikarchive. Und so wird es plausibel, daß mancher große Veränderungen dadurch erwartet, daß dieses alles nun jedem zur Verfügung steht. Dennoch, wir gehen davon aus, daß zur Zeit nur ein sehr kleiner Teil der tatsächlich vorhandenen digitalen Daten im Internet erschlossen ist. Aber, nur ein verschwindend geringer Teil der uns tatsächlich zur Verfügung stehenden Information ist heute in digitaler Form vorhanden. Und, wiederum nur ein ziemlich geringer Teil unseres Wissens läßt sich überhaupt als Information niederschreiben (codieren) und übertragen. Was davon wäre digitalisierbar?

3.3 Orientierung im Internet, Suchmaschinen

Ursprünglich waren Hypertextseiten im WWW dazu gedacht, die vielen im Internet vorhandenen Ressourcen zu erläutern und dadurch zu erschließen. Hypertexte waren gewissermaßen nur "Meta-information" (Information über Information). In diesem Sinne entstand auch die erste Sammlungen von Verweisen bzw. URL's, die nach regionalen Gesichtspunkten (*list of servers* {46}) und hierarchisch nach Sachgebieten (*subject index* {47}) geordnet war, die *WWW Virtual Library*. Die Arbeit, solche Listen zu erstellen und aktuell zu halten, läßt sich mit Hilfe des Web auf viele Schultern verteilen, denn diese sind nicht etwa in einer einzigen Datenbank gespeichert und dadurch an einen einzigen Ort fixiert. Weil die Leser im Web problemlos von Rechner zu Rechner springen können, werden solche Listen in den verschiedensten Institutionen gepflegt, die über die ganze Welt verteilt sind. Genau genommen gab es solche "Sprünge" und Listen bereits in der *Gopher*-Welt {48}, die als Vorläufer des WWW gilt und dem Web zum Durchbruch verholfen hat. *Gopher*-Information war in einem gewissen Sinne pure Metainformation. Die Entwickler des WWW haben das für *Gopher* verwendete Protokoll ebenfalls in ihre Software integriert. Auf diese Weise hat das Web den *Gopher* heute fast vollständig abgelöst.

Die *WWW Virtual Library* entstand - nach dem von Elementarteilchenphysikern gegebenen Vorbild - auf der Grundlage der Zusammenarbeit einer großen Zahl von Personen, zumeist Freiwilligen, die aus den unterschiedlichsten Fachgebieten stammten. Sie war das Urbild inzwischen unzähliger Übersichtslisten und Kataloge in den verschiedensten Spezialgebieten, wie z.B. des *Yahoo*-Katalogs {49}. Zentrale Einstiegspunkte in das Netz solcher Listen finden sich in den Menüs der Browser, wie z.B. im *Directory* -Menü des *Netscape Navigator*. Ihr gemeinsames Kennzeichen ist, daß sie mehr oder weniger sorgfältig per Hand erstellt werden, sei es, daß ein Team von Redakteuren dafür eine Auswahl trifft, oder daß Anbieter von Information ihre Server selbst dort eintragen können.

Mit den durch *Mosaic* und die nachfolgenden Browser gegebenen schönen Ausdruckmitteln (farbige Bilder, Grafiken, Hintergründe etc.) entstanden WWW-Dokumente (und nicht mehr nur Metainformation), wie sie zuvor noch nicht zu sehen gewesen waren - und das World Wide Web explodierte geradezu. Per Hand geführte Listen konnten mit diesen Entwicklungen bald nicht mehr Schritt halten. Es kam die Stunde der Informations-Robots (*Spider, Wanderer, Crawler* und anderen technischen "Ungeziefers"), die das Web nach "interessanten" Dingen absuchten und automatisch entsprechende Datenbanken und Indexe aufbauten. Inzwischen konkurrieren die unterschiedlichsten Suchdienste um die Gunst ihrer Kunden, die sie nach dem Vorbild von *Lycos* {50}, einem der ersten, kostenlos bedienen und sich dabei durch irgendeine Art der Werbung selbst finanzieren.

AltaVista {51}, einer der umfangreichsten Suchdienste, hat heute etwa 30 Millionen Web-Seiten indiziert, die auf annähernd 300.000 Servern liegen, außerdem etwa 4 Millionen Beiträge aus den *USENET News Groups*, kurz *News* genannt. Täglich beantwortet *AltaVista* bis zu 18 Millionen Anfragen. *HotBot* {52}, heute (nach eigenen Angaben) mit 54 Millionen WWW-Seiten der umfangreichste Internet-Suchdienst, verwendet gleich ein ganzes Netz von Robotern (ursprünglich auf einem "Rudel" von Workstations der Universität in Berkeley, Kalifornien, implementiert), um das Web abzusuchen. *MetaCrawler* {53}, ein Robot "höher Ordnung", sucht Information nicht selbst, sondern leitet Anfragen von Benutzern simultan an die jeweils aktuellen ("besten") Internet-Robots zur Bearbeitung weiter und faßt deren Ergebnisse zusammen. Bei langsamen transatlantischen

Verbindungen kann man von Deutschland aus viel Zeit mit *MetaCrawler* sparen, denn es ist nur ein einziger Verbindungsaufbau in die USA notwendig, um dort simultan und parallel die 10 besten Suchmaschinen zu befragen, denn dort - die Verbindungen innerhalb der USA sind sehr schnell - übernimmt *MetaCrawler* die Arbeit. Andere Robots, wie *Bigfoot* {54} untersuchen das Internet, insbes. die *News*, nach E-mail-Adressen und bieten ein Internet-Adreßverzeichnis für die Suche nach Personen an. Der *Virtual Tourist* {55} erlaubt die Suche nach Servern auf der Grundlage von geographischen Karten.

Es gibt eine Fülle der unterschiedlichsten Suchverfahren und Suchmethoden, wir haben - zum Schnuppern - nur einen ersten Überblick zum Einstieg bieten können. Inzwischen finden sich sehr gute Übersichten sowohl im Internet, wie z.B. die von T. Koch - sie ist selbst ein Hypertext {56} -, als auch in der bibliothekarischen Literatur; eine ausgezeichnete gibt [Rusch-Feja 96]. Aber auch Klassiker, wie "The Whole Internet - User's Guide & Catalog" [Krol 94], im Netz als *Global Network Navigator* {57} bekannt, bieten noch recht gute Einführungen in das Internet, auch wenn sie es manchmal so beschreiben, wie es unmittelbar vor der Erfindung des Web war. Seltsam mag erscheinen, daß mit dem Wachstum der digitalen Information auch die traditionelle Buchproduktion hierzu zu explodieren scheint. Das Bedürfnis, sich in dem riesigen Informationsangebot zu orientieren und mit der dazugehörigen Technik vertraut zu machen, führt in den Buchhandlungen zu berstenden Regalen. Das gedruckte Buch wird weiterhin ein ideales Medium zur Verbreitung von Orientierungswissen bleiben.

3.4 Aktuelle Aktivitäten der Wissenschaften im Internet

Elektronische Post - E-mail - ist eines der ältesten Kommunikationsverfahren im Internet und zugleich eines der modernsten. Mittels automatischer Mailverteiler (die jedermann "subskribieren" kann), lassen sich Nachrichten blitzschnell an Teilnehmer dieser Dienste auf der ganzen Welt verteilen. Für das Lesen der *News* benötigte man spezielle *Reader*, die den Zugriff auf aktuelle Botschaften in vielen Tausenden von *discussion lists* und zu den verschiedensten Themen organisierten (heute sind auch die *News* in das Web integriert {58}). Trotz dieses Vorteils, der die *News*-Nachrichten von der normalen Mailbox fernhält (und auf diese Weise nur denjenigen zustellt, die sich aktiv darum bemühen), sind die *News* in Wissenschaftlerkreisen wenig beliebt, denn ihre Diskussionen verlaufen oft auf recht niedrigem Niveau, weil praktisch jedermann Zugang zu ihnen hat. Dennoch waren sie für die Entwicklung des Internet unentbehrlich. Mathematiker bevorzugen hingegen Diskussionsforen, die durch "Moderatoren" kontrolliert werden, welche die Nachrichten hinsichtlich ihrer Qualität filtern und dabei zu einem wöchentlichen oder monatlichen "Digest" zusammenfassen.

Das *Numerical Analysts Network* (NA-Net) {59}, ist eine der ältesten dieser Diskussionslisten. Es besteht seit 1987 [DongarraR 91] und hat heute viele Tausende von Mitgliedern, einige davon sind Unterverteiler für ihre spezielle Region oder ihr Institut. Nachrichten und Mitgliederverzeichnisse des NA-Net sind heute, wie es für die meisten solcher Foren gang und gäbe geworden ist, in WWW-Archiven gespeichert. Das erst kürzlich in Deutschland gegründete IM-Net {60}, es verteilt ein Bulletin für die Industriemathematik, hatte bereits ein Vierteljahr nach seinem Start über 1.000 Subskribenten zu verzeichnen. Auch im Bereich der Geisteswissenschaften operieren etliche solcher Diskussionslisten, wie z.B. das internationale H-Net mit dem Archiv *Humanities Online* {61}, das z.B. eine Sektion für die Diskussion deutscher Fragen enthält, das *German H-Net* {62}, das sich z.B. schon sehr früh auch in die "Goldhagen-Debatte" einschaltete.

Der Preprint-Server der Hochenergiephysik {63} hat inzwischen einige Berühmtheit erlangt [Taubes 93] [Stix 95]. Paul Ginsparg hatte dieses System am *Los Alamos National Laboratory* (LANL) ursprünglich nur eingerichtet, um einigen Fachkollegen dadurch zu helfen, daß er die von ihnen (mittels *LaTeX* geschriebenen) per E-mail zugeschickten Preprints automatisch an alle Interessenten verteilte [Ginsparg 94]; zu *LaTeX* siehe [Lamport 94]. Sein Server ist ein Abkömmling der elektronischen Diskussionslisten. Innerhalb eines Jahres nahmen Tausende Physiker aktiv und passiv an diesem Dienst teil. Heute speichert das System eingeschickte Artikel in einem absuchbaren WWW-Server {64} und verschickt Abstracts an Abonnenten, inzwischen an über 30.000 Personen. Preprint-Server dieses Typs versorgen nicht nur die gesamte Gemeinschaft der Hochenergiephysiker mit aktuellen Forschungsergebnissen, sondern sie machen auch in anderen Bereichen der Physik Schule, auch in der Mathematik.

Solche Preprint-Server sind natürlich nicht ohne Probleme. Jeder kann sie mit Artikeln beschicken, wenn er nur über E-mail verfügt. Diese werden ohne inhaltliche Prüfung augenblicklich an Tausende von Fachkollegen verteilt. Wer bewahrt Autoren vor unüberlegten Sendungen? Wer garantiert die langfristige Stabilität dieses Dienstes und wie steht es mit der Archivierung? Trotz dieser Fragen ist das System gut in der Hochenergiephysik etabliert. Die Preprints des Ginsparg-Servers werden intensiv gelesen; Revisionen erscheinen oft schon nach wenigen Tagen. Auch Spitzenwissenschaftler nutzen diesen Dienst. So hat z.B. E. Witten, der 1990 als erster Physiker die höchste Auszeichnung der Mathematik, die Fields-Medaille, erhielt, seit 1991 mehr als 40 Preprints über diesen Server geschickt. Paul Ginsparg erhält Dankschreiben von Fachkollegen aus Entwicklungsländern, die ohne diesen Service von der Versorgung mit Fachliteratur fast vollständig abgeschnitten wären [MSRI 94].

In der Mathematik, der Physik und der Informatik setzen die Autoren ihre Arbeiten selbst, in professionellem Stil, mit dem von D. Knuth entwickelten *TeX*-System oder mit dessen *LaTeX*-Erweiterung. So verfaßte Dokumente lassen sich nicht nur problemlos per E-mail verschicken (es sind reine ASCII-Codes), sondern sie eignen sich auch für den hochwertigen Druck in wissenschaftlichen Journalen; *TeX* und *LaTeX* bietet Lichtsatzqualität. Wissenschaftler der genannten Fachrichtungen haben deshalb inzwischen nicht nur die Arbeit der Begutachtung von den Verlagen übernommen, sondern jetzt auch große Teile der technischen Aufbereitung - i.d.R. ohne finanzielle Erstattung. Jetzt erhalten sie mit dem Internet auch noch ein preiswertes und äußerst effektives Medium, ihre Arbeiten weltweit zu distribuieren - und sie sind im Prinzip in der Lage, nun den Prozeß der Veröffentlichung vollständig in die eigene Regie zu übernehmen.

Der technische Aufwand für den Aufbau und den Betrieb eines elektronischen mathematischen Journals im Internet ist so gering, daß er von einzelnen Personen mit einem kleinen Bruchteil ihrer Arbeits- oder Freizeit vorgenommen werden kann. Das *Electronic Journal of Combinatorics* (ElJC) {65} gehört zu den ersten wissenschaftlichen Journalen, die vollelektronisch betrieben werden. Es arbeitet, ganz wie die kommerzielle Konkurrenz, mit einem hochrangigen Editorial Board, um die Qualität seiner Beiträge zu sichern, stellt aber seine elektronischen Artikel der Mathematik weltweit kostenlos zur Verfügung. Sein technischer Editor, N. Calkin, hat es innerhalb von drei Monaten technisch entwickelt und in Betrieb genommen. Die Integration eines neuen Aufsatzes in den Server des ElJC kostet ihn nur wenige Minuten. Das System informiert dann sofort seine über 1.000 Abonnenten per E-mail, unmittelbar sobald das geschehen ist, d.h. innerhalb von Minuten, weltweit.

Monatlich werden z.Zt. etwa 2.000 komplette Artikel von Lesern "heruntergeladen". Das ElJC wird - untypisch für die in viele Spezialgebiete aufgeteilte Mathematik - von einer recht großen Zahl von Wissenschaftlern intensiv gelesen. Auch der Prozeß der Begutachtung ist durch den Einsatz von E-mail beschleunigt. Inzwischen arbeiten an die dreißig wissenschaftliche Journale in der Mathematik; für eine erste Übersicht siehe {66}.

Das Internet und das World Wide Web eröffnen den Wissenschaften völlig neue Möglichkeiten. Jede wissenschaftliche Einrichtung, ja sogar jeder einzelne Wissenschaftler kann Anbieter wissenschaftlicher Information in elektronischer Form werden, sofern nur Zugriff auf einen Internet-Server besteht. Und, jeder hat zu jeder Zeit und an jedem Ort Zugriff auf diese Information, kostengünstig und effizient, sofern er nur über einen Arbeitsplatz mit Internet-Anschluß verfügt. Die entsprechende Kommunikationssoftware ist einfach und ohne Kosten direkt aus dem Internet zu erhalten, z.B. von den Servern der W3C-Organisation {41} oder des NCSA {40}. Und HTML, die "Sprache" des Web, erlernt sich schnell, wie die vielen vorhandenen Seiten im Web zeigen. Die Wissenschaft wird damit selbst zum Informationsanbieter. Die neue Organisationsform ist "dezentral" bzw. "verteilt": Dezentrale Angebote ergänzen die zentralen.

4 Neue Informationsarten, Wandel des Informationsbegriffs

Bisher haben wir die wissenschaftliche Kommunikation nur im traditionellen Sinne behandelt, wenn auch schon in elektronischen Formen. Sie umfaßt inzwischen alle Phasen des Publizierens, von ersten schnellen Mitteilungen neuer Forschungsergebnisse, über Skripte und Preprints, bis hin zu Artikeln in vollreferierten wissenschaftlichen elektronischen Journalen. Tatsächlich aber bestehen Forschungsergebnisse aus mehr als nur Artikeln in gedruckter Form. Zu den Ausflüssen der Forschung gehören heute komplexe Forschungssoftware und umfangreiche Datensammlungen, Visualisierungen, Simulationen und Animationen, Multimedia- und Hypermediaprodukte, Datenbanken und globale Hypertexte, und verteilte Informationssysteme (wobei wir uns hier nur in einem technischen Sinne ausgedrückt haben).

Das Spektrum elektronischer Angebote der Wissenschaften ist sehr viel breiter und farbiger als das bisherige auf Papier, und es findet sich im Netz (leider können wir im folgenden nur einige wenige Beispiele zeigen). Es ist dynamisch: ablauffähig auf Computern, blitzschnell übertragbar und sehr kostengünstig zu speichern. Alles das ist digital, aber es gibt sehr viel mehr: Filme und Videosequenzen, Online-Messungen und wissenschaftliche Experimente, Fernübertragungen von Vorträgen und wissenschaftlichen Tagungen etc. [GrötschelL 96] {25}. An den Universitäten in Freiburg (siehe [Ottmann 95]), Erlangen-Nürnberg, Heidelberg, Mannheim und Paderborn wird bereits mit *Telelearning* experimentiert, möglicherweise mit Konsequenzen auch für die Erziehungswissenschaften; siehe z.B. die Web-Seiten eines entsprechenden Arbeitskreises {67} im Deutschen Forschungsnetz (DFN) {167}.

4.1 Softwarebibliotheken und -Systeme

Forschungssoftware ist extrem spezialisiert und deshalb teuer. Sie hat keinen Massenmarkt und ist oft für Höchstleistungsrechner entwickelt, die immer nur in wenigen großen Forschungslabors zu finden sind. Um so wichtiger ist es für die Wissenschaft, daß Spezialsoftware nicht mehrfach

entwickelt wird, nicht nur, um die hohen Kosten zu sparen, sondern auch, um von den Erfahrungen anderer zu profitieren (Software, die kaum verbreitet ist, kann fehlerhaft sein, weil sie im realen Einsatz kaum wirklich "ausgetestet" ist). Um so wichtiger ist, daß Wissenschaftler sich solche Software wechselseitig zur Verfügung stellen, wo immer das möglich ist. Arbeiten im Bereich der Mathematik und Informatik verweisen zunehmend auf entwickelte Software. Wissenschaftliche Bibliotheken sammeln Software bisher aber nicht. In welchen Archiven werden Wissenschaftshistoriker einmal suchen, die eine Geschichte der Algorithmen schreiben wollen?

Die Netzbibliothek *netlib* {68} ist eines der ältesten Archive für numerische Software und Datensammlungen [BrowneDGGMRW 94]. Sie umfaßt heute an die 150 numerische "Hauptbibliotheken" (mit insgesamt ca. 400 Unterbibliotheken) mit zusammen über 20.000 einzelnen Moduln, mehrfach verwendbaren Programmquellen (für FORTRAN und C), die nach den verschiedensten Gesichtspunkten kombiniert, abgefragt und abgerufen werden können. Die *netlib* wächst ständig; ihr Gesamtumfang beträgt heute 1,5 Gigabyte an Software, Testdaten und zugehöriger Dokumentation; siehe dazu die FAQ {69}. Sie ist nach einem speziellen problemorientierten Schema erschlossen, dem *Guide to Available Mathematical Software Index* (GAMS-Index) {70} des *National Institute of Standards and Technology* (NIST) der USA [BoisvertHK 91]; er umfaßt etwa 780 problemorientierte *subject*-Klassifikationen {71}. Das ZIB spiegelt die *netlib* in seiner *Electronic Library eLib for Mathematical Software* {72}.

Die *netlib* ist noch ein großes, zentrales System, das nicht von Entwicklern der Forschungssoftware selbst direkt "versorgt" werden kann. Dadurch entsteht ein besonderes Problem. Forschungssoftware ändert sich schnell, es entstehen ständig neue Versionen und Generationen, durch Änderungen, die sich oft durch das gesamte System hindurchziehen. Es ist für Anwender nicht immer einfach, Schritt zu halten und auf dem neuesten Stand zu bleiben. Wie können Anwender sicher sein, daß sie immer die aktuellen Programmquellen haben, oder auch nur solche mit den letzten Fehlerkorrekturen? Eigentlich funktioniert, wie die Erfahrung zeigt, das nur, wenn Entwickler ihre Softwaresysteme selbst (vor Ort) bereitstellen. Netzbibliotheken müßten heute eigentlich "verteilt" organisiert sein, ein nicht ganz einfaches Problem. Im Bereich des *High Performance Computing and Communication* (HPCC) {73} der USA gibt es eine Initiative, den Austausch von Spezialsoftware für Supercomputer, insbes. für Parallelrechner, verteilt zu organisieren {74}.

Auch im Bereich der Lehre und Ausbildung wird es immer dringender, preiswerten Zugriff auf Softwarebibliotheken und -systeme zu haben, die von hoher Qualität sind. Diesem Ziel haben sich mehrere Initiativen gewidmet, in den USA z.B. die *Mathematical Archives* {75}, die eine der besten Sammlungen von Software und Internet-Verweisen für schulische Zwecke enthalten. In dieser Beziehung können auch Dienste von mathematischen Fachgruppen hilfreich sein, wie z.B. das internationale *Symbolic-Net* {76} mit Nachrichten und Hinweisen zur Computeralgebra.

4.2 Ausstellungen, Historische Dokumente im Netz

Die *Library of Congress* (LOC) {7}, wir haben bereits davon gehört, hat im April 1993 eine Ausstellung historischer Dokumente aus der berühmten Bibliothek des Vatikan durchgeführt: *Rome Reborn: The Vatican Library and Renaissance Culture*. Sie hat die Dokumente eingescannt und auch im Internet ausgestellt {77}. Die Mathematik war in dieser Ausstellung durch virtuelle Säle für Originaldokumente und illuminierte Abschriften so bekannter Klassiker, wie Euklid {78},

Archimedes {79} und Ptolemäus {80} {81} vertreten. Die Ausstellung selbst ist längst geschlossen, die Online-Ausstellung ist noch auf unbestimmte Zeit zu sehen.

Dieses Experiment war so erfolgreich, daß es Schule gemacht hat. Inzwischen führt ein virtueller *Shuttle Bus* über das EXPO-"Terrain" der LOC {82} zu weiteren virtuellen Räumlichkeiten, einem Pavillon über die Entdeckung von Amerika, einem mit Qumran-Rollen (aus biblischen Zeiten) vom Toten Meer, einem paläontologischen Pavillon und einem über den Diokletian-Palast in Split. Die gesamte EXPO wird inzwischen nicht nur auf mehreren Servern gespiegelt, sondern auch von anderen Organisationen imitiert. Die *British Library* beginnt ebenfalls damit, ihre Schatzkammer im Internet zu präsentieren. Sie hat im Rahmen ihres *Treasures Digitisation Project* {12} u.a. Seiten aus dem "Codex Arundel" {83}, dem Notizbuch Leonardo da Vinci's, ausgestellt. Die *National Archive and Record Administration* (NARA) der USA zeigt dort Schlüsseldokumente aus der amerikanischen Geschichte. Die *Declaration of Independence* findet sich gleich in doppelter Form, mit dem Bild des Originals auf Papier {84} und der - aus Konservierungsgründen - in Stein gravierten Version {85}.

4.3 Hypertext-Bücher

Das in der Einleitung genannte Internet-Buch ist zwar *online* verfügbar, es steht jedoch noch ganz in der Tradition des Drucks auf Papier: Man erhält einen Postscript-File, der auf einem Laserdrucker auszugeben ist. Hypertext-Bücher sind jedoch - dem neuen Medium entsprechend - dynamisch. Eine der ersten und bekanntesten Online-Einführungen in das Internet war "*Big Dummy's Guide to the Internet*" von Adam Gaffin. Auch heute noch steht sie - gepflegt von der *Electronic Frontier Foundation* - ausführbar im Internet bereit {86}, d.h. man kann in diesem Text klicken und die dort beschriebenen Werkzeuge und URL's gleich ausprobieren, wodurch sich das Lernen drastisch verkürzt. Der Internet-Stoff braucht eigentlich kaum noch erklärt zu werden; es ist ja zu sehen, was passiert.

J.W. Dauben hat den Entwurf seines Buches "The Art of Renaissance Science: Galileo and Perspective" als Hypertext bereitgestellt {87}. Die dort gezeigten Kunstwerke und Bilder, wie z.B. die für diese Zeit typische Darstellung des Menschen von Leonardo da Vinci, sind mit Computern weiter verarbeitbar. Da sie so alt sind, daß auf ihnen kein Copyright mehr liegt, können Lehrer sie z.B. für eigene Unterrichtsmaterialien verwenden. Ähnlich ist es mit dem elektronischen Buch "Euclid's Voyage" von Ralph H. Abraham {88}, das auch auf einer CD-ROM erscheinen soll. Warum, fragt man sich, stellen Autoren ihre noch nicht publizierten Werke kostenlos im Internet bereit? Zum einen vermutlich aus demselben Grund, aus dem Wissenschaftler noch unfertige Artikel ihren Fachkollegen zur Stellungnahme vorlegen. Sie erhalten wertvolle Kritik und Kommentare, können vielleicht Fehler rechtzeitig beseitigen, Ergebnisse noch verbessern etc. Zum anderen wird solch ein Buch durch das Internet erst richtig bekannt. Es erreicht völlig andere Personenkreise als auf dem Wege allein über den Buchhandel.

4.4 Instrumente, Meßdaten, Wissenschaftliche Ereignisse

Das Astronomische Museum in Bologna {89} sammelt Instrumente, Bilder und Dokumente aus einer Zeit, in der die Erde noch der Mittelpunkt der Welt war (Ptolemäisches Weltbild {90}). Heute vermittelt uns das Hubble Teleskop Daten über die Struktur des Universums. Eine Foto-Galerie {91} zeigt nur eine kleine Auswahl spektakulärer Bilder, die heute zum modernen Weltbild beitragen,

darunter das der Cygnus Loop, aufgenommen am 14. Juni 1995 {92}. Die Kollision des Shoemaker-Levy9-Kometen mit dem Jupiter vom 16. bis zum 22. Juli 1994 konnten nicht nur die Fachleute in Hunderten von Observatorien verfolgen, sondern auch Tausende interessierter Laien *online* im Internet rund um den Globus {93} (Schätzungen liegen bei 60.000 Personen).

Die NASA {94} stellt schon seit einiger Zeit größere Mengen ihres Bildmaterials aus den verschiedenen Raumfahrtmissionen im Internet bereit, auch Radar-Bilder aus dem *Landsat*- und anderen ihrer Erdbeobachtungsprogramme {95}, wie z.B. ein Bild des Galeras Vulkan aus der Vulkan-Ausstellung ihres *Jet Propulsion Laboratory* {157} (wie gespiegelt in {158}). Besonderen Wert legt sie dabei auf Schulen und Lehrer, denen sie in ihrem SpaceLink-Projekt {96} ausführliche Unterrichtsmaterialien zu den aktuellen Planungen und Phasen ihres *Mission to Planet Earth*-Programms anbietet. Auch einige europäische Astronomie- und Raumfahrtorganisationen bieten inzwischen Dokumente und Bilder aus der Raumfahrt an, darunter die *European Space Agency* {97}.

Wenn die NASA im Zuge einer Ihrer Weltraumexpeditionen viele Tausende von digitalen Fotos erhält, z.B. von den Hunderttausenden von Kratern auf der Venus, die fast alle gleich aussehen, dann hat sie ein besonderes Problem: Wie kann sie solche Bilder so “benennen”, daß sie sich - einmal archiviert - eindeutig identifizieren lassen - nicht nur von Fachleuten, sondern auch von Laien? Es wird kaum möglich sein, jeden Krater auf der Venus mit einem Namen oder per Sichtvergleich zu identifizieren. Und, wie speichert man überhaupt digitale Bilder so, daß sie auch in vielen Jahren noch zur Verfügung stehen, auch dann, wenn sich, was zu erwarten ist, die Computer- und Speichersysteme strukturell geändert haben? Fragen dieser Art werfen ein ganz neues Licht auf die Natur und die Probleme digitaler Bibliotheken. Es sind längst nicht mehr traditionelle Sammlungen von Papier. Die NASA hat deshalb gemeinsam mit der *National Science Foundation* (NSF) der USA ein Forschungsprogramm über digitale Bibliotheken aufgelegt {98} {99}. Bezeichnenderweise hat es mehr mit Computern zu tun, als mit Büchern; es läuft als Bestandteil des Programms *High Performance Computing and Communication* (HPCC) {73}.

4.5 Kunst, Computergraphik , Klassische Fotografie, Digitale Höhlenbilder

Künstler sind oft ihrer Zeit voraus - niemand kann so recht sagen, warum das so ist. So gehörten Künstler auch zu den ersten, die im Internet und im Web zu finden waren. Eine recht persönliche Auswahl von digitalen Bildern und Verweisen auf virtuelle Ausstellungen und (reale) Galerien mit digitaler Kunst findet sich in den virtuellen “Kollektionen” des *Mathematical Museum* {100}, einem Service des ZIB {109}. Das *Conservatoire National des Arts et Métiers* in Paris hat eine umfangreiche Sammlung fraktaler Bilder und Videoclips im Internet ausgestellt {101}, wie z.B. Arbeiten von Noel Griffin; “Flames” {102} (wie gespiegelt in {159}) ist nur eines seiner schönen Werke. Natürlich darf - wir sind Mathematiker - auch ein Hinweis auf die Grafiken von M. C. Escher nicht fehlen. Ihre Muster scheinen bestimmte Computer-Künstler immer wieder besonders zu inspirieren, wie z.B. Yoshiaki Araki von der Keio Universität, Japan; er berechnet farbige “Escher Patterns” {103}.

Marzenna Donaiski's Slideshow “Magalia” {104} ist nur ein Beispiel schöner Gebrauchsgrafik. Dieser polnische Künstler verdient seinen Lebensunterhalt bereits “im Internet”, jedenfalls zum Teil, mit der anspruchsvollen grafischen Gestaltung von *Web Servern*. Auch klassische Fotokunst

findet sich im Web, wie z.B. “Fiat Lux” {105}, eine Ausstellung von digitalisierten Fotografien von Anselm Adams. Das Web regt Künstler zu vielerlei gemeinsamen Aktivitäten an, nicht nur zu Diskussionen mittels Mailverteilern. Sie experimentieren mit Videoclips und virtuellen Welten, sie stellen “dynamische” Kunstwerke bereit, die sich von Tag zu Tag ändern können (manche in Abhängigkeit von der Bewertung durch virtuelle Besucher), und vieles andere mehr.

Kunst-Server gehören zu den am meisten frequentierten Archiven, auch und gerade solche mit digitalen Abbildern klassischer Kunst. Das an vielen Orten gespiegelte WebMuseum {106} ist ein Kunstnetzwerk, das wöchentlich über 200.000 Besucher empfängt und dabei bis zu 10 Millionen Dokumente ausliefert. Selbst älteste Kunst findet sich im Internet, und sie gehört zum Schönsten, wie die digitalen Bilder paläolithischer Höhlenmalerei aus den Höhlen von Pont d'Arc, Ardèche {107}, im Süden Frankreichs, von vor über 17.000 Jahren.

5 Selbstorganisation der Wissenschaften: Beispiel Mathematik

Das wissenschaftliche Publizieren hat eine historische Wasserscheide erreicht. Überall verfügbare digitale Netze, immer preiswertere Server mit Speichern im Gigabytebereich, Laserdrucker und hochleistungsfähige Lichtsatz- und Grafiksoftware, und jetzt das World Wide Web transformieren unsere Welt von einer, in der nur wenige Verlage wissenschaftliche Arbeiten drucken und vertreiben konnten, in eine, in der praktisch jeder seine Arbeitsergebnisse - vom Artikel über die Software bis hin zu multimedialer Information - selbst elektronisch publizieren und vertreiben kann, weltweit, zu geringen Kosten und äußerst effizient. Wir befinden uns auf dem Wege in eine neue - digitale - Welt, mit neuen Chancen zur effektiveren Zusammenarbeit über große Entfernungen hinweg. Wie ist der Übergang in die elektronische Welt zu meistern?

Zunächst geht es darum, sich den neuen Möglichkeiten nicht zu verschließen und - aus Angst vor den Risiken - die darin liegenden Chancen zu verschenken. Insbesondere die Wissenschaften müssen mit den neuen Technologien experimentieren, um Kompetenz zu erwerben und auch die neuartigen Probleme kennenzulernen. Wir kommen im nächsten Kapitel darauf zurück. Wir können die Zukunft nicht meistern, wenn wir diese Herausforderung nicht annehmen und uns den neuen Aufgaben nicht stellen. Es geht um den Aufbau elektronischer Informations- und Kommunikationsstrukturen im Internet und im World Wide Web. Hierbei soll ausgenutzt werden, daß so gut wie die gesamte heute und in Zukunft produzierte wissenschaftliche Information elektronisch, in digitaler Form vorliegt. Wir zeigen dieses an einigen Beispielen aus unserem eigenen Wissenschaftsbereich, der Mathematik.

5.1 Fachgesellschaften, Fachbereiche, Fachgruppen

Die Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV) {108} hat in Kooperation mit dem ZIB {109} recht früh damit begonnen, elektronische Information und Kommunikation für die Mathematik zu propagieren. Sie hat erste Konzepte dazu im Dezember 1993 in einem Workshop über “Die Zukunft Mathematischer Information” in Berlin vorgestellt. Diese Pläne wurden anschließend - elektronisch - weit diskutiert und entsprechend ausgearbeitet und publiziert {110}, nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa [DalitzGLS 94] {111} und (in vielen Vorträgen) darüber hinaus, z.B. in [MSRI 94] {155}. Einige ihrer Formulierungen fanden Eingang in das im Juli 1996 veröffentlichte Förderprogramm “Information als Rohstoff für Innovation” des BMBF [Bundesregierung 96], sowie

in diverse Pläne der DFG, z.B. für den Bibliotheksbereich [DFG 96]. Wenn auch der Projektentwurf der DMV beim BMBF keine uneingeschränkte Gegenliebe fand, und folglich auch keine Fördermittel, und weil auch die DMV ihrerseits nicht dazu bereit war, einige Forderungen des BMBF zu realisieren (wie z.B. die Entwicklung von Abrechnungssystemen für Verlage), konnten - wie wir gleich zeigen - in Deutschland nichtsdestotrotz eine Reihe der geplanten Projektbestandteile realisiert werden.

Alle mathematischen Fachbereiche an Universitäten (bis auf zwei) und alle Forschungsinstitute (in Deutschland) haben inzwischen eigene WWW-Server aufgebaut {113}, mit denen sie über ihre organisatorische Infrastruktur, über ihre Aufgaben in Forschung und Lehre, und über ihre Forschungsergebnisse berichten, natürlich auch über fachliche Kooperationen auf regionaler und überregionaler Ebene. Die Mathematikdidaktik-Institute haben ein eigenes Netz errichtet {114}. Die Abteilung Mathematik und Informatik des Fachinformationszentrums Karlruhe {115}, die Heimat des "Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete", das auch vom Springer-Verlag in Heidelberg {116} verlegt wird, betreibt nicht nur einen eigenen Server, sondern auch das Informationssystem der *European Mathematical Society* (EMS), genannt EMIS {117}. Das ZIB hat den Server der *International Mathematical Union* (IMU) aufgebaut {118}, der Informationen und *Links* auch zu den großen mathematischen Vereinigungen der Welt enthält, außerdem eine Ehrenliste der "Nobelpreisträger" der Mathematik (durch die Fields-Medaille ausgezeichnete Forscher) und auch den Server des *International Congress of Mathematicians 1998* (ICM'98) {119}, der bedeutendsten Mathematik-Tagung, die seit 1897 (etwa) alle vier Jahre stattfindet, im Jahre 1998 in Berlin.

Die Fachgruppen Computeralgebra {120}, Industriemathematik {165}, Optimierung {121}, Scientific Computing {122} und Stochastik {123} der DMV betreiben eigene elektronische Informations- und Kommunikationssysteme, mit moderierten Diskussionsforen und *Web Servern*, mit denen sie - weltweit - aktuelle Nachrichten verteilen und Softwaresammlungen und bibliographische Datenbanken für ihr Fachgebiet führen. Die mit Förderung durch die DFG gebildeten Sonderforschungsbereiche haben ein eigenes Netz errichtet {124}. Die DFG-Schwerpunktprogramme folgen nach; "Echtzeitoptimierung großer Systeme" {125} ist nur ein Beispiel.

Die mathematischen Server in Deutschland sind noch recht unterschiedlich strukturiert. Nicht in jedem fühlt man sich sofort zu Hause. Einige von ihnen werden von Hilfskräften gepflegt, die nicht immer den vollen Zugang zu der "offiziellen" Information haben. Andere Server wieder sind mit großer Sorgfalt gestaltet. Wichtige Informationen finden sich meist sofort auf der jeweiligen *Homepage*, wie z.B. Hinweise auf "Die Glanzlichter" eines Forschungsinstituts. Mehr und mehr Wissenschaftler begreifen, daß sich das Web inzwischen zu einem weltweiten Schaufenster gewandelt hat. Dort präsent zu sein ist nicht nur lohnend, sondern - man denke nur an die Möglichkeit eines anonymen Besuchs durch potentielle Gutachter, Freunde oder Geldgeber - für die weitere Arbeit ausgesprochen wichtig. Manche mathematischen Institute investieren erheblich in die Attraktivität ihrer Web-Server, um ein adäquates Bild von der Qualität ihrer Arbeit zu vermitteln. So wird das Web durch seine bloße Existenz bzw. seine weltweite Präsenz zu einem Qualitätsfilter eigener Art.

5.2 Mathematische E-Journale und Archive

Die DMV, eine private Vereinigung von Wissenschaftlern und zuvor (und auch jetzt) nicht im Verlagsgeschäft tätig, hat ein elektronisches mathematisches Journal aufgelegt, die *Documenta Mathematica* {126}, dessen erste "Ausgabe" im Frühjahr 1996 erschienen ist. Ganz wie ein

traditionelles wissenschaftliches Journal arbeitet es mit einem hochrangigen internationalen Board von Herausgebern und (intern) mit Gutachtern (*peer reviews*), um die Qualität seiner Beiträge zu sichern. Auf die einzelnen Artikel kann jedermann kostenlos zugreifen, sofern er nur Zugang zum Internet hat (man erhält die vollen Texte in verschiedenen Formaten). U. Rehmann, der technische Herausgeber, hat den Documenta-Server am Fachbereich Mathematik der Universität Bielefeld eingerichtet. Die *Documenta* imitieren in ihrer äußeren Form noch ein traditionelles Papierjournal, nicht zuletzt um die Archivierung durch Bibliotheken zu sichern. Wer immer es will, kann auch gebundene Jahresbände beziehen, zu vergleichsweise geringen Kosten. Diesen Service bietet nicht die DMV, sondern eine Druckerei, die (in weltweiter Kooperation mit anderen Druckereien) Druck- und Bindeaufträge im Internet durchführt. Rehmann hat diesen Service mittels einer Anfrage im Internet erkundet. Zu seiner Überraschung fand er - ebenfalls in Bielefeld - diesen Betrieb, der sich die aktuellen Druckvorlagen (z.B. in Form von Postscript-*Files*) selbst aus dem Internet holt. Die DMV will mit der *Documenta* ihren Beitrag zur Kostensenkung bzw. zur Überwindung der Krise der Bibliotheken leisten.

Heute gibt es über 30 elektronische mathematische Journale, deren Artikel vollständig und weltweit kostenlos im Internet bereitstehen {127}. Manche arbeiten, wie das *Electronic Journal of Combinatorics*, ausschließlich elektronisch, und manche mit parallelen Ausgaben auf Papier. Das EMIS-Informationssystem enthält in seiner elektronischen Bibliothek z.Zt. 20 Journale, gespiegelt oder als digitales Bild ihres Originals auf Papier. Einige davon stammen aus dem Osten Europas und hätten wohl sonst - allein in gedruckter Form - keine Überlebenschance mehr.

Große wissenschaftliche Verlage, wie Elsevier Science oder der Springer-Verlag, gehen dazu über, ihre gesamten Bestände wissenschaftlich-technischer Zeitschriften elektronisch (auch über das Internet) bereitzustellen, natürlich nur zu entsprechenden Preisen. Rein technisch gesehen wäre es dann möglich, wissenschaftliche Aufsätze auch einzeln zu beziehen und in den Volltexten aller Artikel eines Verlags zu recherchieren, was aus Sicht der Wissenschaften sicherlich wünschenswert wäre. Elsevier Science geht anders vor. Dieser Verlag bietet Großabnehmern in seinem *Science Direct Service* eine Auswahl aus seinen 1.200 wissenschaftlichen Journale *en Bloc* an und will diesen Service auch für andere Verlage öffnen. Universitätsbibliotheken werden dann nicht nur in der Lage sein, ihren “Lesern” umfangreiche Sortimente von wissenschaftlichen Journalen elektronisch direkt bis zum Arbeitsplatz zu liefern, sondern ihnen auch die Volltextrecherche darin zu ermöglichen. Elsevier Science liefert im PDF-Format sowie Texte in HTML, lesbar durch normale Web-Browser und auch im Volltext recherchierbar. Gleichzeitig erhalten Bibliotheken einen Sammelrabatt für das von ihnen anvisierte Sortiment, wenn sie sich verpflichten, in den nächsten drei Jahren keine Abbestellungen bei Elsevier Science vorzunehmen [Subito.2 96] (natürlich findet Elsevier Science es “schöner”, wenn die im Bereich der Bibliotheken mit großer Wahrscheinlichkeit doch notwendigen Abbestellungen dann nur die anderen Verlage treffen).

Möglicherweise steht aber auch den Verlagen ein Paradigmenwechsel bevor in der Art, wie ihn die *Association for Computing Machinery* (ACM) plant [DenningR 95] {153}: Zeitschriften, Bände und Hefte gibt es dann nicht mehr, sondern nur noch *Streams* von Artikeln in Datenbanken. Die ACM, sie ist eine internationale Fachgesellschaft und gleichzeitig ein großer wissenschaftlicher Verlag, würde damit nicht nur am Buchhandel vorbei agieren, sondern auch in das Geschäft der elektronischen Dokumentenlieferung eintreten, das bisher noch von bibliothekarischen Institutionen betrieben wird. Wie steht es um die Bibliotheken, fragt man sich, wenn es Fachgesellschaften oder

Verlagen gelingt, auch die Frage der langfristigen elektronischen Archivierung für sich zu lösen? Und wie mit den Fachinformationszentren, wenn man in solchen (bei wenigen großen Verlagshäusern verteilten) Archiven parallel suchen kann?

Die *American Mathematical Society* (AMS) {128} ist eine Fachgesellschaft und gleichzeitig ein Verlagshaus. Sie stellt mit den *Mathematical Reviews* (MR) die eine der beiden umfassenden mathematischen bibliographischen Datenbanken her. Das Fachinformationszentrum Karlsruhe bietet nicht nur "Die Andere" globale mathematische Literaturdatenbank *online* an, das "Zentralblatt", sondern es experimentiert derzeit auch mit dem kostenlosen Angebot einer CD-ROM-Version im Internet {129}. Und es kooperiert auf dem Wege über die *European Mathematical Society* mit anderen europäischen Ländern, um die verteilte elektronische Erfassung mathematischer Literatur zu erproben. Der fachspezifische Datenbankmarkt ist heiß umkämpft, selbst in der Mathematik. Die AMS bietet ihr Referateorgan, die MR, inzwischen auch direkt in Deutschland an, nicht etwa durch kommerzielle *online provider*, sondern - voraussichtlich - mittels elektronischer "Spiegel" am Max-Planck-Institut für Mathematik in Bonn und am Fachbereich Mathematik der Universität Bielefeld. Nebenbei gesagt: Beide Konkurrenten erschließen die mathematische Literatur mit demselben globalen Klassifikationsschema, dem *Mathematics Classification Schema* (MSC-Index), das sie gemeinsam erstellen {130}, und beide übenehmen auch Verweise auf aktuelle elektronische Literatur in ihre Organe, die *Mathematical Reviews* obendrein auch mit URL's.

5.3 Mathematische Literatur, Preprint-Server und -Archive

Wissenschaftliche Veröffentlichungen liegen heute in der einen oder anderen Form elektronisch vor, längst bevor sie publiziert werden. In der Mathematik zirkulieren sie (früher noch als Xerokopie) heute in *LaTeX*-Form per E-mail bereits innerhalb *in-groups*, bevor der Autor sich an einen Verlag wendet. Wegen des außerordentlich langen Weges, den eine mathematische Publikation zu überwinden hat, (der Prozeß der Begutachtung verschlingt i.d.R. ein Jahr und danach vergehen nochmals oft ein bis zwei Jahre in den Warteschlangen der Verlage, weil die Hefte für lange Zeit verplant sind,) kann die mathematische Forschung nicht auf Preprints verzichten, ohne Schaden zu nehmen. Bisher haben die mathematischen Institute ihre Arbeitsergebnisse im wechselseitigen Geben und Nehmen untereinander ausgetauscht, wobei das anbietende Institut jeweils die Druckkosten für die eigenen Preprints selbst übenahm. Führende Forschungsinstitutionen müssen dafür beträchtliche Beträge aufbringen; das ZIB hat z.B. im Jahre 1995 über 150.000 DM für diese Zwecke ausgegeben, wobei Postversand und Personalkosten noch nicht einmal eingerechnet sind. Im Grunde muß die Mathematik - weltweit gemittelt - ihre Veröffentlichungen zweimal bezahlen, einmal den "Vertrieb" der eigenen Arbeitsergebnisse, zum anderen den Ankauf der "fremden" in Journalen. Die Kosten für die Distribution der eigenen lassen sich jetzt mit elektronischen Mitteln drastisch reduzieren. Eine Überschlagsrechnung zeigt, daß das ZIB dafür nicht mehr als 1.000 DM jährlich ausgeben müßte, selbst wenn es weltweit alle Institute bedient und die Kosten für Computer- und Netzbetrieb anteilig hineinrechnet [GrötschelL 95b] {24}.

Trotz der erheblichen Vorteile bezüglich der Geschwindigkeit und der Kosten werden Preprint-Server, etwa vom Ginsparg-Typ, in der Mathematik aus den unterschiedlichsten Gründen nicht allgemein akzeptiert (nur einige wenige Teilgebiete experimentieren mit ihnen; siehe z.B. {166}). Manche Mathematiker fürchten, so paradox es klingt, den "Vorsprung" vor ihren Konkurrenten zu verlieren, den ihnen das traditionelle Publikationsverfahren noch gewährt. Andere ziehen es vor, die Kontrolle

über die Weitergabe selbst zu behalten. Wir wollen das hier nicht weiter diskutieren. An vielen mathematischen Instituten kommen jedoch zunehmend Preprint-Archive im Web in Gebrauch. Allein in Deutschland bieten an die 40 Fachbereiche und Forschungsinstitute ihre Forschungsberichte in eigenen Servern an {131}. Für die Mathematik besteht aber nach wie vor das Problem: Wie ist zu erfahren, auf welchem Server ein Preprint zu einem bestimmten Problem "erschienen" ist? Und, selbst wenn bekannt ist, daß ein bestimmtes Preprint vorhanden sein müßte, ist dieses auf dem entsprechenden Institutsserver oft nicht einfach zu finden.

Eine technische Antwort auf diese Frage sind Indexierer (*gatherer*) oder Mechanismen, die solche Indexe lokal und regional oder deutschlandweit zusammenführen (*broker*). Der Fachbereich Mathematik an der Universität Osnabrück hat das von einer Arbeitsgruppe der *Internet Engineering Task Force* entwickelte *Harvest*-System [BowmanDMS 95] {132} eingesetzt, um die deutschen mathematischen Preprint-Archive zu indexieren [Plümer 96] {133} und damit absuchbar zu machen. Das System arbeitet etwa so, wie einer der bekannten Robots, es indexiert jedoch nicht nur Web-Seiten, sondern auch Postscript-*Files* etc. Der so indexierte Datenraum ermöglicht dann die auch von den Robots bekannte Suche nach Stichworten, die in Artikeln auftreten, aber leider nicht nach bibliographischen Kategorien, wie z.B. nach Autor oder Erscheinungsjahr. Ein Postscript-File enthält solche Informationen einfach nicht in einer für *Harvest* erkennbaren Form.

Informationen dieser Art, wie man sie von kommerziellen Datenbankanbietern kennt, benötigen hohen Erstellungsaufwand, sind also teuer. Solche Daten, welche die (gesuchten) Daten beschreiben, heißen "Metadaten". Sie zu erstellen, erfordert oft spezielle Sachkenntnis, wie z.B. bei der Klassifikation nach dem in der Mathematik üblichen MSC-Index. Kein mathematischer Fachbereich wird - zentral - solche Metadaten für Preprints deutschlandweit erstellen wollen, und kommerzielle Datenbankprovider sind an Preprints kaum interessiert. Wenn aber Autoren ihren Forschungsberichten die Metadaten bereits mitgeben würden, ließen sich Suchindexe automatisch aufbauen und zusammenführen. Der Arbeitskreis "Technik" der DMV hat prototypisch ein spezielles Schema {134} und Techniken {135} zur Erfassung von Metadaten durch die Autoren mathematischer Artikel diskutiert und auf der Basis von *Harvest* experimentell implementiert {136}.

Die Grundidee stammt aus einem internationalen Kreis von Fachleuten aus Forschungsprojekten und Bibliotheken, der *Corporation for National Research Initiatives* (CNRI) {137}, die das Gebiet der digitalen Bibliotheken erforschen. Dabei denken sie allerdings nicht nur an Literatur, sondern - wie oben bereits diskutiert - an ein sehr viel breiteres Spektrum elektronischer Angebote, sogenannte *Document Like Objects* (DLO's). Sie bemühen sich gegenwärtig um die Definition eines prägnanten Satzes von 10 bis 15 Metadatenkategorien, dem *Dublin Core Metadata Element Set*, der erstmalig im Frühjahr 1995 in Dublin, Ohio, abgestimmt wurde [WeibelGM 95]; siehe die "Dublin Core Metadata Resource Page" {138}. Im bibliothekarischen Bereich existieren natürlich bereits längst verschiedene, ausgefeilte Metadaten-Schemata mit vielen hundert Kategorien, auch solche im internationalen Gebrauch, wie z.B. das der *Library of Congress*, aber sie sind zu komplex und für Laien und für Autoren sicher schwierig zu erlernen. Andererseits sind viele bisherige Publikationen bereits nach solchen "alten" Schemata beschrieben. Um auch sie für die automatische Indexierung zu erschließen, hat das o.g. Konsortium im Frühjahr 1996 in Warwick, Großbritannien, eine sogenannte "Container-Architektur" zur Integration auch solcher Metadaten definiert, das *Warwick Framework* [LagozeLD 96] {139}, an dem sich auch der Arbeitskreis "Technik" der DMV orientiert. Die Metadaten-Aktivitäten sind international noch im Fluß. Das der *Digital Library*-Forschung gewidmete

elektronische D-Lib-Magazin {140} berichtet von Zeit zu Zeit über den aktuellen Stand.

5.4 Mathematische Dienste

Die Orientierung in umfangreichen Informationsmengen, wie z.B. in den Bausteinen der mathematischen Netzbibliothek *netlib*, ist ein besonderes Problem, vor allem, wenn man "Anfänger" ist und die Terminologie nicht kennt. In Datenbanken archivierte Information hilft dann kaum, denn Datenbanken "erläutern" nichts. Man muß schon die Stichworte kennen, um sie abzufragen. Aber selbst der Fachmann hat dann immer noch Probleme, denn welches Fachgebiet verfügt schon über eine einheitliche Terminologie? Aber selbst, gesetzt den Fall, es gäbe eine solche, und eine weltweit einheitliche Interpretation dieser Terminologie, also einen global normierten Thesaurus, dann bleibt immer noch die Frage, wie Anfragen zu präzisieren sind. Ein gutes Metadatenschema gehört ebenso dazu, wie die Möglichkeit, Anfragen interaktiv fortzusetzen (was das Web rein technisch nicht bietet), um sie von ersten, oft zu umfangreichen Suchergebnissen auf die gesuchten, möglichst treffenden zu reduzieren. Datenbanken stellen deshalb außerordentlich hohe Anforderungen an Nutzer, an *Provider* und an das "gespeicherte Wissen" (seine Systematik), und außerdem an das betreffende Fachgebiet (die Systematisierbarkeit).

Hypertexte tun das nicht, jedenfalls nicht in diesem Ausmaß. Sie erläutern gewissermaßen ihre Inhalte selbst, immer vorausgesetzt, sie sind ordentlich geschrieben. Eine hierarchische Gliederung, wie wir sie von umfangreichen Büchern kennen, ist auch für Hypertexte machbar. Eigentlich ist beides notwendig, der Hypertext und - in Kombination - die Datenbank, denn aus Laien werden bald Kundige, die das Gesuchte besser formulieren und somit auch "suchen" können (sie sollen sich ja nicht immer durch die Informationsmenge "hindurchklicken" müssen). Und, man müßte jederzeit, auf jeder Stufe der Orientierung, vom Hypertext-Modus in den Datenbank-Modus umschalten können, und wieder zurück. Es gibt leider heute nur sehr wenige WWW-Server im Internet, die Lesern diese Art der Erschließung ermöglichen. *HyperWave* (früher Hyper-G) ist ein technisches Mittel, diese Anforderungen wenigstens teilweise zu erfüllen [Maurer 96]. Das ZIB hat die *netlib* experimentell so in Hyper-G eingespeist, daß man in den Hierarchien ihrer *libraries* hierarchisch navigieren und auch suchen kann {112}. Anwender mathematischer Software, wie Chemiker, Elektrotechniker oder andere Ingenieure, können sich in dieses Angebot der mathematischen Forschung selbst einweisen oder auch einfach darin nach Stichworten suchen.

Jedermann weiß noch aus Schulzeiten, was die Zahl 3.1415926535 bedeutet. Was aber bedeutet 0.9091944 ? Die Antwort könnte - so der *Inverse Symbolic Calculator* {141} der Simon-Fraser Universität in Kanada - eine der folgenden drei Möglichkeiten sein:

```
Roots of polynomials of the 8th degree.
9091944111544338 = -6+7*x+8*x^2+5*x^4+5*x^8

2F3(a,b;c,d,e;1) a,b,c,d,e in F12
9091944506290950 = F(11/12,5/11;1/9,5/6,4/5;1)

Product(1 (+/-) 1/binomial(2*n,n)/P(n),n=1..infinity), P(n) is a polynomial
9091944824847114 =
        Prod(1-1/(bino(2*n,n)*(3*n^3-15*n^2+42*n-24)),n=1..inf).
```

Auch Mathematiker hätten das nicht einfach so beantworten können, selbst dann nicht, wenn sie eine umfangreiche Formelsammlung zur Hand haben. Auch Computeralgebrasysteme, wie Mathematica oder Maple werden kaum ein solches Rätsel lösen helfen können, jedenfalls noch nicht heute. (Tatsächlich ist die o.g. "Zahl" auch das Geburtsdatum eines der Autoren, in etwas verschlüsselter Form). In vielen Bereichen der Wissenschaft und Technik ist es manchmal notwendig, Folgen von Zahlen identifizieren zu können. Auch mehrfache Antworten sollten möglich sein, denn die Bedeutung eines jeden mathematischen Ausdrucks hängt von dem Kontext ab, in dem er interpretiert wird. Ein Physiker versteht vielleicht etwas anderes darunter als ein Chemiker. Der *Inverse Symbolic Calculator* ist das Ergebnis eines Forschungsprojekts des *Center for Experimental & Constructive Mathematics*, eines von mehreren mathematischen Instituten an der Pazifik-Küste und im Westen Kanadas, die sich zu dem *Pacific Institute for the Mathematical Sciences* (PIMS) {142} zusammengeschlossen haben.

Das PIMS ist ein Forschungsschwerpunkt neuer Art, der erst durch die neuen Technologien der Information und Kommunikation Realität wird, durch das Internet und durch dessen nächste Generation, die hochleistungsfähigen Datenautobahnen. Im PIMS kooperieren Wissenschaftler mehrerer Universitäten über weite Entfernungen hinweg, ohne sich physisch besuchen zu müssen (und "weit" hat in Kanada eine andere Bedeutung als hierzulande). Es ist, genau genommen, ein verteiltes oder virtuelles Institut, dessen Mitarbeiter sich - täglich oder wöchentlich - "auf der Datenautobahn" treffen (der *Inverse Symbolic Calculator* ist nur eines seiner Ergebnisse {143}). Das PIMS hat keine eigenen Räumlichkeiten und nur einen geringen Etat. Es ist vielleicht nicht mehr als nur ein loser Zusammenschluß. Dennoch konzentrieren sich Forschungskapazitäten in ihm, wie wir sie hierzulande nur bei der von DFG oder BMBF geförderten Schwerpunkt- oder Verbundforschung kennen. Das PIMS ist gewissermaßen die Antwort der "kleinen" auf die institutionelle Vorrangstellung der "großen" Institute, und das will es auch sein.

6 Aktivitäten anderer Fachgesellschaften

Qualität und Zuverlässigkeit wissenschaftlicher Information ergeben sich nicht von selbst. Lassen sich traditionelle Verfahren der Begutachtung und des Referierens in die elektronische Welt übertragen? Nichtreferiertes Material spielt im Internet eine immer größere Rolle. Wer sichert die Qualität? Welche organisatorischen Mechanismen sind dafür notwendig? Wie können Authentizität und Identifizierbarkeit von digitalen Dokumenten garantiert werden, wie die Stabilität der elektronischen Referenzen? Wer entscheidet, was langfristig zu bewahren und zu archivieren ist? Wie ist das technisch, organisatorisch und auch rechtlich zu meistern? Und, wie steht es mit den Urheberrechten der Autoren und dem Copyright? Hier sind die Wissenschaften vor eine besondere Verantwortung gestellt. Es öffnet sich ein weites Feld für wissenschaftliche Fachgesellschaften und Institutionen. Das Zusammenspiel zwischen den traditionellen Informationsanbietern der Wissenschaften, ihren Bibliotheken, den Verlagen und Softwarehäusern, dem Buchhandel und den Zentren der Fachinformation ist ebenfalls betroffen.

Vier wissenschaftliche Fachgesellschaften, die DMV, die Deutsche Physikalische Gesellschaft (siehe dazu den Elfikom-Server {144}), die Gesellschaft Deutscher Chemiker und die Gesellschaft für Informatik (mit dem MeDoc-Projekt {145}] haben sich zur Förderung aller Belange der Information

und Kommunikation (IuK) in Deutschland entschlossen (siehe dazu den gemeinsamen IuK-Server {146}) und eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen [Grötschel 95]{147}. Inzwischen sind die Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaften (siehe dazu den vom Deutschen Forschungsnetz (DFN) {167} geförderten Deutschen Bildungsserver {148} und die Initiative "Schulen ans Netz" {149}) und die Deutsche Gesellschaft für Soziologie diesem Bündnis beigetreten, auch die Gesellschaft für Didaktik der Mathematik {150}, die Deutsche Bunsengesellschaft und die Schweizer Gesellschaft für Informatik haben sich assoziiert. Den Fachgesellschaften ist natürlich klar, daß effiziente Informationsversorgung und elektronische Kommunikation nicht automatisch bessere Forschung implizieren; gute Wissenschaft ist allerdings ohne sie selten möglich. Es geht ihnen darum - gemeinsam - Kompetenz zu entwickeln und den zukünftigen Verhältnissen in der sich anbahnenden Informationsgesellschaft gerecht zu werden, kurz, um die Neugestaltung der Informationslandschaft im Dialog mit allen Beteiligten auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene.

Lokal geht es um den Aufbau von nutzerfreundlichen IuK-Systemen in den Universitäten und um die Strukturierung und Harmonisierung der Informationsangebote quer durch alle Fachbereiche, einschließlich der Bibliotheken und Rechenzentren. Aber, auch wenn die technischen Mittel und deren Vereinheitlichung zunächst im Vordergrund stehen werden, um wechselseitig von den Erfahrungen profitieren zu können, reicht doch die Bereitstellung von Technik keineswegs aus. Es sind eine Fülle von organisatorischen und auch rechtlichen Fragen zu klären. Wo vorher in den Fachbereichen isolierte Einzelinitiativen stattfanden, ist jetzt ein möglichst einheitliches Konzept für die ganze Universität gefragt. Wenn die Fachgesellschaften heute z.B. über die elektronische Abgabe und Archivierung von Dissertationen nachdenken, ist es wenig sinnvoll, dies in den verschiedenen Fachbereichen unterschiedlich zu regeln. Es muß - universitätsweit - ein einheitlicher organisatorischer und rechtlicher Rahmen geschaffen werden, der z.B. auch die langfristige Verfügbarkeit sichert. Das ist gleichzeitig eine nichttriviale technische Frage. In den Fachbereichen müssen Beauftragte für Information und Kommunikation eingesetzt werden, die Fragen dieser Art behandeln und - gemeinsam mit den Universitätsverwaltungen, Bibliotheken und Rechenzentren - in fachübergreifenden Arbeitsgruppen klären. Die Kooperation auf lokaler Ebene hat auch eine regionale Komponente, wie z.B. in der Elektronischen Fachinformationsinitiative in Bayern [EFI 95] {151}, wo es eher um die traditionelle Versorgung mit Literatur geht, das aber mit modernen Mitteln und auch durch die Bayerischen Staatsbibliotheken. Auch in Ballungsgebieten, wie dem Ruhrgebiet oder Berlin, kann regionale Kooperation von Vorteil sein, z.B. durch die gemeinsame Erschließung der elektronischen Literatur.

Auf nationaler Ebene steht der Erfahrungsaustausch im Vordergrund, zunächst innerhalb der jeweiligen Wissenschaften. Es geht um Treffen und Workshops der Informationsbeauftragten und um regelmäßigen Austausch der Erfahrungen. Aber es geht auch um die Abstimmung von Konzepten und Vorhaben, und um die Mitwirkung bezüglich der Gestaltung von Förderprogrammen, in Kooperation mit nationalen Einrichtungen, wie Fachinformationszentren und dem Deutschen Forschungsnetz, und mit wissenschaftlichen Verlagen. Die Fachgesellschaften organisieren zum einen Arbeitskreise innerhalb ihrer jeweiligen Fächer, zum anderen gemeinsame jährliche Workshops, die für Interessierte aus allen Wissenschaftsbereichen offen sind. Zur Koordinierung der gemeinsamen Aktivitäten und Abstimmung auch der fachbezogenen Projekte haben die Fachgesellschaften eine gemeinsame IuK-Kommission gegründet, die durch die Fachgesellschaften und die betreffenden Fachbereiche paritätisch besetzt ist. Diese beschließt z.B. über die Einrichtung und Auflösung von

Arbeitskreisen und pflegt den Kontakt zum BMBF und zur DFG, zu anderen Organisationen der Forschungsförderung, und zu IuK-Kompetenzzentren, wie z.B. den großen Bibliotheken mit Sondersammelgebieten. Wenn Dissertationen auch in digitaler Form vorliegen, geht es beispielweise auch darum, sie auf nationaler Ebene, aber fachbezogen zu erschließen. Mathematiker verwenden ein internationales Klassifikationsschema, ein anderes als Physiker. Hier versagt der traditionelle Ansatz der Bibliothekare, eine allen Fächern gemeinsame Systematik zu verwenden, und führt zur fachlichen Isolation. Anders ist es mit der Frage der langfristigen Archivierung, die sich zunächst als komplexes technisches Problem stellt. Hier muß eine allen Fachrichtungen gemeinsame Lösung gefunden werden, wenn die Deutsche Bibliothek in Frankfurt ein elektronisches Archiv deutscher Dissertationen aufbauen soll.

Bei der Kooperation auf internationaler Ebene geht es um den weltweiten, freien Zugriff auf wissenschaftliche Information auch über Länder- und Fächergrenzen hinweg, jedenfalls in den Natur- und in den technischen Wissenschaften. Sie haben von Natur aus eine ausgeprägte globale Komponente. Natürlich ist nicht zu erwarten, daß sich überall und weltweit einheitliche Lösungen durchsetzen werden. Im Gegenteil, die nationalen Unterschiede sind zu groß; und - wie das Internet zeigt - ist Einheitlichkeit nicht einmal technisch gesehen unbedingt notwendig. Es geht aber darum, möglicherweise in den einzelnen Fachdisziplinen Brücken der Verständigung zu schlagen, technischer, aber nicht nur technischer Art. Die nationalen Fachgesellschaften können ihre disziplinären Kontakte nutzen, um den Aufbau zukünftiger IuK-Strukturen zu diskutieren und zu beeinflussen. Die *International Mathematical Union* (IMU) hat z.B. ein Kommission gegründet, die Fragen des elektronischen Publizierens behandeln will. Die DMV und die deutsche Mathematik haben in dieser Kommission ihren Platz gefunden. Es geht aber nicht nur um die Abstimmung bezüglich der Interessenvertretung, sondern auch um die Kooperation mit internationalen Kompetenzzentren, wie CERN, MIT, NCSA und anderen mehr. Die Erschließung wissenschaftlicher Ergebnisse ist eine Frage, die alle angeht.

Literatur

[AAU/ARL 94] {152} 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

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

[Bangemann 94] {32} Europe and the Global Information Society, Recommendations of the European Council (Bangemann Report); Brüssel, Mai 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

[BMWi 96] {19} Bundesminister für Wirtschaft; Info 2000: Deutschlands Weg in die

Informationsgesellschaft; Bonn, Feb. 1996

[BoisvertHK 91] R. F. Boisvert, S. E. Howe, D. K. Kahaner; The Guide to Available Mathematical Software problem classification system; Comp. Stat.-Simul. Comp., 20 (4) 1991, 811-842

[BowmanDMS 94] {162} C. M. Bowman, P. Danzig et al.; Harvest: A Scalable Customizable Discovery and Access System; Tech. Report CU-CS 734-94, Dept. of Computer Science, Univ. of Colorado, 1994

[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

[Bundesregierung 96] Information als Rohstoff für Innovation; Programm der Bundesregierung 1996 - 2000; Bonn 1996

[Busch 45] {45} V. Bush; As We May Think; Atlantic Monthly 176 (1):101-108, June 1945; reprinted in: Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings; I. Greif (Ed.); Morgan Kaufmann Publ., Inc., 1988, 17-34

[CerfK 74] V. Cerf, R. E. Kahn; A Protocol for Packet Network Intercommunication; IEEE Trans. on Comm., May 1974

[Cerf 95] V. Cerf; Computer Networking: Global Infrastructure Driver for the 21st Century; OnTheInternet, Nov./Dec. 1995, pp 18-23

[CummingsWBLE 92] {164} 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

[DalitzGLS 94] {111} W. Dalitz, M. Grötschel, J. Lügger, W. Sperber; New Perspectives of a Distributed Electronic Information System for Mathematics; Newsletter of the European Mathematical Society (EMS); Part I: EMS Newsletter No. 13, Sept. 1994, 6-17; Part II: EMS Newsletter No. 14, Dec. 1994, 6-14

[DalitzH 95] {14} W. Dalitz, G. Heyer; Hyper-G, Das Internet-Informationssystem der 2. Generation; dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1995

[DenningR 95] {153} P. J. Denning, B. Rous; The ACM Electronic Publishing Plan; Comm. ACM, Vol. 38, No. 4, April 1995; 97-103

[deSollaPrice 86] D. J. de Solla Price; Little Science, Big Science ... and Beyond; Columbia University Press, 1986

[DFG 96] Neue Informations-Infrastrukturen für Forschung und Lehre; Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft; Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie (ZfBB) 43 (1996) 2

[DongarraR 91] J. Dongarra, B. Rosener; NA-NET - Numerical Analysis Net; Comp. Sci. Dept. Univ. of Tennessee, Knoxville; Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge 1991

[EFI 95] {151} 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

[Frühwald 96] W. Frühwald; Vor uns die Cyber-Sintflut; aus "Der Mensch im Netz"; ZEIT Punkte 5/96, S. 8-12

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

[GrötschelL 95a] {23} M. Grötschel, J. Lügger; Wissenschaftliche Kommunikation am Wendepunkt - Bibliotheken im Zeitalter globaler elektronischer Netze; ZfBB 42 (1995) 3, 287-312

[GrötschelL 95b] {24} M. Grötschel, J. Lügger; Aufbau elektronischer Informations- und Kommunikationsstrukturen; in Wolfram Neubauer (Hrsg.); Proceedings Deutscher Dokumentartag 1995, 26.-28. September 1995 Fachhochschule Potsdam, Deutsche Gesellschaft für Dokumentation, Frankfurt 1995, 13-58

[GrötschelL 96] {25} M. Grötschel, J. Lügger; Neue Produkte für die digitale Bibliothek: die Rolle der Wissenschaften; in: Die unendliche Bibliothek, Digitale Information in Wissenschaft, Verlag und Bibliothek; Börsenverein des Deutschen Buchhandels e.V., Die Deutsche Bibliothek, Bundesvereinigung Deutscher Bibliotheksverbände; Harassowitz Verlag, 1996; 38-67

[Hentig 96] H. von Hentig; Bildung; Hanser 1996

[Jean 91] G. Jean; Die Geschichte der Schrift; Ravensburg 1991

[Kahn 94] R. E. Kahn; The Role of Government in the Evolution of the Internet; Comm. ACM, Vol. 37, No. 8, August 1994, 15-19

[Kohl 96] {20} Rede des Bundeskanzlers Dr. H. Kohl zu Grundsatzfragen der Informationstechnik, Heinz-Nixdorf-Museums-Forum, Eröffnung, Paderborn, 24. Okt. 1996

[Krol 94] E. Krol; The Whole Internet - Users Guide & Catalog, Second Edition; OReilly & Associates, Inc., 1994

[LagozeLD 96] {139} C. Lagoze, C. A. Lynch and R. Daniel Jr.; The Warwick Framework: A Container Architecture for Aggregating Sets of Metadata; Comp. Science Techn. Report TR96-1593, Cornell Univ., 1996

[Lamport 94] L. Lamport; The *LaTeX* Document Preparation System (second edition); Addison-Wesley, 1994

[Landweber 96] {30} L. Landweber; International Connectivity, Version 13 - 6/15/96; OnTheInternet; Sep./Oct. 1996, pp 62-63

[Lutherhaus 96] Text einer Ausstellungstafel; Lutherhaus, Wittenberg, 1996

[Maurer 96] H. Maurer; HyperWave: The Next Generation Web Solution; Addison-Wesley Publ. Comp., 1996

[Mittelstraß 96] {154} J. Mittelstraß; Der wissenschaftliche Verstand und seine Arbeits- und Informationsformen; in: Die unendliche Bibliothek, Digitale Information in Wissenschaft, Verlag und Bibliothek; Börsenverein des Deutschen Buchhandels e.V., Die Deutsche Bibliothek, Bundesvereinigung Deutscher Bibliotheksverbände; Harassowitz Verlag, 1996, 25-29

[MSRI 94] {155} The Future of Mathematical Communication; Background Material of the Conference at the Mathematical Sciences Research Institute (MSRI), Berkeley, 30. November - 3. Dezember 1994

[Nelson 81] Th. H. Nelson; Literary Machines; published by the author, 1981

[NSTC 96] {31} Strategic Planning Document: America in the Age of Information; Information and Communications (CIC) and National Science and Technology Council (NSTC); White House 1996

[Odlyzko 95] {22} A. M. Odlyzko; Tragic Loss or Good Riddance? The impending demise of traditional scholarly journals; Intern. J. Human-Computer Studies (formerly Intern. J. Man-Machine Studies), 1995

[OttmannB 95] {163} Th. Ottmann, Ch. Bacher; Authoring on the fly; Fachbereich Informatik der Universität Freiburg, Report No. 72, 1995

[PlümerS 96] {133} J. Plümer, R. Schwänzl; Harvesting Mathematics; ZIB Report TR 01-96

[Press 96] L. Press; Seeding Networks: The Federal Role, Comm. ACM, Vol 39, No. 10, Oct. 1996, pp 11-18

[Rusch-Feja 96] D. Rusch-Feja; Informationsvermittlung, Informationsretrieval und

Informationsqualität im Internet; Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie (ZfBB); 43 (1996) 4, S. 329-360

[Serres 95] M. Serres (Hrsg.); Elemente einer Geschichte der Wissenschaften; Suhrkamp 1995

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

[Subito.2 96] mündl. Mitteilung; Arbeitsgruppe Subito.2 der Bund-Länder Initiative SUBITO, 6.-7. Nov. 1996

[Taubes 93] G. Taubes; Publication by Electronic Mail Takes Physics by Storm: Science 259, 1993, pp 1246-1248

[WeibelGM 95] {159} S. Weibel, J. Godby, E. Miller; OCLC/NCSA Metadata Workshop Report; Office of Research OCLC, Los Alamos Natl. Lab., 1995

[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

Anhang: Elektronische Referenzen

{1} http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk:80/~history/BigPictures/Babylonian_tablet.jpeg
{2} http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk:80/~history/
{3} http://www.lib.umich.edu/pap/HomePage.html
{4} http://www.lib.umich.edu/pap/images/exhibits/king_james/06_30.jpg
{5} http://www.stg.brown.edu/projects/mss/papyrus.html
{6} http://www.stg.brown.edu/projects/mss/parchment.html
{7} http://www.loc.gov/
{8} http://www.stg.brown.edu/projects/mss/tc_codexv.html
{9} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/a-vatican_lib/Margins_of_past.html
{10} http://www.wittenberg.de/3/seiten/lutherha/luha06.html
{11} http://portico.bl.uk/access/treasures/tyndale-bible.html
{12} http://portico.bl.uk/access/treasures/overview.html
{13} http://portico.bl.uk/
{14} http://elib.zib.de/math.publ.books.hyper-g
{15} http://elib.zib.de:88/edu/gib/digi_keil.html
{16} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/d-mathematics/images/math02.jpg
{17} http://www.bibliothek.uni-augsburg.de/oew.html
{18} http://www.bmwi-info2000.de/gip/programme/info2000/abb4.gif
{19} http://www.bmwi-info2000.de/gip/programme/info2000/
{20} http://www.hnf.de/bk.html
{21} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/MB_a.gif
{22} ftp://elib.zib.de/netlib/att/math/odlyzko/tragic.loss.long.ps.Z
{23} http://www.zib.de/PaperWeb/abstracts/TR-95-01/
{24} http://www.zib.de/PaperWeb/abstracts/TR-95-10/
{25} http://elib.zib.de/math.org.softinf.pub.wiukiu
{26} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/MB_b.gif
{27} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/MB_c.gif
{28} gopher://gopher.isoc.org/11/internet/history/
{29} ftp://ftp.isoc.org/isoc/charts2/ftpisoc.html
{30} http://info.isoc.org:80/images/mapv15.gif
{31} http://www2.whitehouse.gov/WH/EOP/OSTP/NSTC/html/cic/cic-pl-1.html
{32} http://www.ispo.cec.be/infosoc/backg/bangeman.html
{33} http://info.isoc.org:80/guest/zakon/Internet/History/HIT.html
{34} http://www.isoc.org/
{35} ftp://ftp.isoc.org/isoc/charts2/isoc/structure.gif
{36} ftp://ftp.isoc.org/isoc/charts2/isoc/iab-and-ietf.gif
{37} ftp://ftp.isoc.org/isoc/charts2/isoc/standards-process-diagram.gif
{38} http://ds.internic.net/ds/dspg1intdoc.html
{39} ftp://ftp.isoc.org/isoc/charts2/isoc/standards-process.gif
{40} http://www.ncsa.uiuc.edu/
{41} http://www.w3.org/pub/WWW/
{42} http://www.w3.org/pub/WWW/MarkUp/
{43} http://www.w3.org/pub/DataSources/bySubject/Virtual_libraries/Overview.html
{44} http://www.w3.org/pub/WWW/History.html
{45} http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/vbush/
{46} http://www.w3.org/pub/DataSources/WWW/Servers.html
{47} http://www.w3.org/pub/DataSources/bySubject/Overview.html
{48} gopher://gopher.micro.umn.edu:70/11/Other%20Gopher%20and%20Information%20Servers
{49} http://www.yahoo.com/
{50} http://www-english.lycos.com/
{51} http://altavista.digital.com/
{52} http://www.hotbot.com/
{53} http://metacrawler.cs.washington.edu:8080/index.html
{54} http://www.bigfoot.com/

{55} http://www.vtourist.com/webmap/
{56} http://www.ub2.lu.se/nav_menu.html
{57} http://gnn.com/
{58} http://www.w3.org/pub/DataSources/News/Groups/Overview.html
{59} http://www.netlib.org/na-net/na_home.html
{60} http://www.iwr.uni-heidelberg.de/iwr/im-net/home.html
{61} http://h-net2.msu.edu/
{62} http://h-net2.msu.edu/~german/
{63} http://xxx.lanl.gov/
{64} http://xxx.lanl.gov/form/hep-th?
{65} http://ejc.math.gatech.edu:8080/Journal/journalhome.html
{66} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/math-web.pub.html#ejour
{67} http://www.dfn.de/entwicklung/teaching/home.html
{68} ftp://netlib.att.com/netlib/master/readme.html.Z
{69} http://www.netlib.org/netlib/netlib_faq.html
{70} http://gams.nist.gov/
{71} http://gams.nist.gov/Classes.html
{72} http://elib.zib.de/
{73} http://www.hpcc.gov/
{74} http://nhse.cs.utk.edu/home.html
{75} http://archives.math.utk.edu/
{76} http://symbolicnet.mcs.kent.edu/
{77} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/Main_Hall.html
{78} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/d-mathematics/images/math01.jpg
{79} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/d-mathematics/images/math02.jpg
{80} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/d-mathematics/Ptolemy_geo.html
{81} http://sunsite.unc.edu/expo/vatican.exhibit/exhibit/d-mathematics/images/math15.jpg
{82} http://sunsite.unc.edu/expo/expo/busstation.html
{83} http://portico.bl.uk/access/treasures/da-vinci-notebook.html
{84} http://www.nara.gov/exhall/charters/declaration/decorig.jpg
{85} http://www.nara.gov/exhall/charters/declaration/decmain.html
{86} http://www.nova.edu/Inter-Links/bigdummy/bdg_toc.html
{87} http://bang.lanl.gov/video/stv/arshtml/arstitle.html
{88} http://hypatia.ucsc.edu/1/EUCLID
{89} http://boas3.bo.astro.it/dip/Museum/english/index.html
{90} http://boas3.bo.astro.it/dip/Museum/gif/globig.gif
{91} http://www.stsci.edu/pubinfo/BestOfHST95.html
{92} http://www.stsci.edu/pubinfo/PR/95/11.html
{93} http://seds.lpl.arizona.edu/sl9/sl9.html
{94} http://www.gsfc.nasa.gov/NASA_homepage.html
{95} http://southport.jpl.nasa.gov/
{96} http://spacelink.msfc.nasa.gov/home.index.html
{97} http://www.esrin.esa.it/
{98} http://dlt.gsfc.nasa.gov/
{99} http://www.dlib.org/projects.html#federal
{100} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/math-museum.html
{101} http://www.cnam.fr/fractals.html
{102} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/flames.gif
{103} http://www.sfc.keio.ac.jp/~aly/escher/escher0.html
{104} http://sunsite.icm.edu.pl/~donajski/magalia/ddg-magalia-0.html
{105} http://www.book.uci.edu/SlicedExhibit.html
{106} http://www.fhi-berlin.mpg.de/wm/
{107} http://www.culture.fr/culture/gvpda-en.htm
{108} http://www-dmv.math.tu-berlin.de/
{109} http://www.zib.de/
{110} http://elib.zib.de/math.org.softinf.pub
{111} http://www.zib.de/PaperWeb/abstracts/TR-94-08/
{112} http://elib.zib.de/netlib

{113} http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/imagemaps/mkarte.html
{114} http://mathesis.informatik.uni-osnabrueck.de/karte.html
{115} http://www.zblmath.fiz-karlsruhe.de/
{116} http://www.springer.de/
{117} http://www.EMIS.de/
{118} http://elib.zib.de/imu
{119} http://elib.zib.de/ICM98
{120} http://www.uni-karlsruhe.de/~CAIS/
{121} http://www.informatik.uni-koeln.de:80/opt-net/
{122} http://scicomp.math.uni-augsburg.de/scicomp/
{123} http://elib.zib.de/econf.st-net
{124} http://www.leo.org/infosys/sfbs/
{125} http://elib.zib.de/dfg_online
{126} http://www.mathematik.uni-bielefeld.de/documenta/Welcome-eng.html
{127} http://www.EMIS.de/journals/index.html
{128} http://www.ams.org/
{129} http://www.emis.de/cgi-bin/MATH
{130} http://www.emis.de/MATH/mscindex.html
{131} http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/imagemaps/preprints/pkarte.html
{132} http://harvest.transarc.com/
{133} http://www.zib.de/PaperWeb/abstracts/TR-96-01/
{134} http://www.mathematik.Uni-Osnabrueck.DE:80/ak-technik/DMVPreprint-Core.html
{135} http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/projects/META/MetaMake1.2.html
{136} http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/harvest/brokers/MathN/query.html
{137} http://www.cnri.reston.va.us/
{138} http://www.oclc.org:5046/research/dublin_core/
{139} http://cs-tr.cs.cornell.edu:80/Dienst/UI/2.0/Describe/ncstrl.cornell%2fTR96-1593
{140} http://www.dlib.org/
{141} http://www.cecm.sfu.ca/projects/ISC/ISCmain.html
{142} http://www.pims.math.ca/
{143} http://www.pims.math.ca/sections/Demo.html
{144} http://elfikom.physik.uni-oldenburg.de/index_german.html
{145} http://medoc.informatik.tu-muenchen.de/medoc/
{146} http://elfikom.physik.uni-oldenburg.de/IuK/
{147} http://elib.zib.de/math.org.softinf.pub.koop
{148} http://dbs.schule.de/
{149} http://www.san-ev.de/
{150} http://www.uni-giessen.de/gdm/
{151} http://www11.informatik.tu-muenchen.de/EFI/
{152} gopher://arl.cni.org:70/11/scomm/aau
{153} http://info.acm.org/pubs/epub_plan.txt
{154} ftp://ftp.ddb.de/pub/unendbib/mittelst.txt
{155} http://www.msri.org/fmc/fmc-refs.html
{156} http://www.bibliothek.uni-augsburg.de/cgi-bin/omnis/oewal4_III/oebild/VIII.3.4.54angeb.15/1
{157} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/srl1-galeras.gif
{158} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/math-museum.di.html
{159} http://www.oclc.org:5047/oclc/research/conferences/metadata/dublin_core_report.html
{160} http://elib.zib.de:88/Math-Net/Links/icons/chevaux.jpg
{161} ftp://ftp.zib.de/pub/netlib/srwn/srwn02.ps
{162} ftp://ftp.cs.colorado.edu/pub/cs/techreports/schwartz/
{163} http://rom.informatik.uni-freiburg.de/Report72
{164} gopher://arl.cni.org:70/11/scomm/ulsc
{165} http://www.iwr.uni-heidelberg.de/iwr/im-net/home.html
{166} http://eprints.math.duke.edu/archive.html
{167} http://www.dfn.de/
{168} http://www.dfg-bonn.de/