

**Enquetekommission „Globalisierung der Weltwirtschaft“  
des Deutschen Bundestages  
Anhörung am 10. Dezember 2001**

H.W. Mewes, Technische Universität München und  
GSF Forschungszentrum f. Umwelt u. Gesundheit,  
Inst. f. Bioinformatik, Neuherberg für die Helmholtz-Gemeinschaft e.V.

**Wissensgenerierung:**

*Forschung*, Bildung, Weiterbildung, Kultur und Demokratie

Dieser Beitrag stützt sich auf die Erfahrungen aus dem Bereich der Lebenswissenschaften/Bioinformatik. Nach der Einführung der DNA-Sequenzierung als Standard-technologie hat die Genomforschung die kommunikationsintensive Globalisierung großer Mengen an Basisinformationen bereits vollzogen. Die Konkordanz der Verfügbarkeit leistungsfähiger Rechner mit dem Durchbruch der DNA-Sequenzieretechnologien ermöglichte die rasante Entwicklung bis hin zur Analyse des menschlichen Genoms. Die Sicht der Bioinformatik eignet sich daher besonders für eine exemplarische Beantwortung der gestellten Fragen.

***Zusammenfassung***

Globale Wissensgenerierung wird seit einigen Jahren durch die Entwicklung in den Computer- und Kommunikationstechnologien bestimmt. Während der virtuelle öffentliche Wissensraum nahezu überall zugänglich ist, verschärft sich der internationale Wettbewerb in den zukunftsweisenden Hochtechnologien. Die interdisziplinäre Vernetzung der Grundlagenforschung ist zum Schlüssel der Zukunftstechnologien geworden. Schon in den vergangenen 150 Jahren bildeten die ‚spin-offs‘ der Grundlagenforschung die Basis für die Erfolge der nationalen Wirtschaftssysteme.

Die Fähigkeit Forschungsergebnisse zu generieren ist untrennbar mit der Fähigkeit verbunden, Informationen zu nutzen: Beide determinieren die wissenschaftliche und wirtschaftliche Kompetenz. Zu den komplexen Faktoren, die die Wettbewerbsfähigkeit bestimmen, gehören eine leistungsfähige Infrastruktur, die Informationsvermittlung durch wissenschaftliche Verlage, der Ausbildungs- und Wissenstand der Forscher und, für die zukünftige Entwicklung wesentlich entscheidend, die Forschungsaktivitäten im Bereich Information und Kommunikation.

Eine kritische Bestandsaufnahme zeigt, dass die Position der Bundesrepublik im internationalen Vergleich nur im oberen Mittelfeld zu finden ist. Die Stimulation der Aktivitäten an Hochschulen und Forschungszentren muß rasch den Paradigmenwechsel im Bewußtsein von Forschern, Hochschullehrern und Studenten bewirken und darf nicht in Gremiendiskussionen kreiseln. Freier Netzzugang für alle Studenten und Zugriff auf die wissenschaftlichen Informationsressourcen sind dringender als die seit Jahren geführte Diskussion in Zirkeln der Fachgesellschaften. Eine Verschleppung dringend notwendiger Initiativen hätte einen weiteren Standortnachteil zur Folge. Politische Entscheidungen sollten im Konsens mit Forschungseinrichtungen und Universitäten Zukunft *rechtzeitig* gestalten.

Die Versuch der politischen Gestaltung der Rahmenbedingungen sieht sich einer heterogenen Gruppe von Akteuren gegenüber, die praktisch alle Bereiche wissenschaftlicher Aktivitäten und deren Vermarktung umfaßt, einschließlich der Informationsressourcen (Datenbanken) und der Kommunikationsinfrastruktur (Netzwerkprovider). In einem durch kommerzielle Interessen getriebenen globalen Markt bleiben lokale politische Maßnahmen weitgehend wirkungslos. Dennoch sind Schritte, die direkte Folgen auf die Leistungsfähigkeit Deutschlands im globalen Informationswettbewerb haben werden, dringend erforderlich, um in den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts bestehen zu können.

### ***Empfehlungen***

- Entwicklung und Förderung von Forschungsinfrastrukturen (Netzwerke, Grid-Computing, Datenbanken)
- Gezielte Förderung strategisch bedeutsamer Positionen in den Bereichen Informationsressourcen und angewandter Informationstechnologien (Datenbanken, Knowledge-discovery, Wissensstrukturierung)
- Förderung von Maßnahmen zur Entwicklung von Informationstechnologien in der Forschung; Verbesserung der IT Infrastrukturen in der Forschung
- Verstärkte Förderung interdisziplinärer Ansätze zur Nutzung von Informationstechnologien
- Reform der Hochschulen: schnelle und flexible Bewilligung von Forschungsprojekten; Förderung von Netzwerkanschlüssen für Studenten; Studien zur Didaktik, neue Definition von Lernzielen und Lehrinhalten
- Erhöhung der Attraktivität der Forschungspositionen für Spitzenkräfte

### ***1.1 Paradigmenwechsel***

Die Entwicklung der Informationstechnologie und ihre intensive Nutzung prägt nicht nur die mediale Konsumwelt, sondern hat weit darüber hinaus nachhaltigen Einfluß auf den Prozess der Wissensgenerierung genommen. Das gilt besonders für die Lebenswissenschaften, also die molekulare Medizin und Biologie, die Biotechnologie und die Genomforschung. Wissenschaft ist Technologie auf höchstem Niveau, sie basiert auf der freien Verfügbarkeit von Wissen und Informationen. Jeder einzelne Schritt des wissenschaftlichen Prozesses, beginnend bei der Formulierung wissenschaftlicher Fragestellungen bis hin zur Interpretation experimenteller Ergebnisse und deren Publikation, wird zunehmend durch die globale Verfügbarkeit von Informationsquellen beeinflusst. Die Fähigkeit zur Nutzung von Informationen und Informationstechnologien entscheidet über den Erfolg im internationalen Wettbewerb.

Die Paradigmen in der Forschung haben bereits gewechselt. Wissenschaft ist zunehmend datengetrieben und untrennbar mit Wissenspräsentation verbunden. Globaler Informations- und Datenaustausch, rationale mathematische Dateninterpretation sowie die Strukturierung des Wissens sind unabdingbare Voraussetzungen des wissenschaftlichen Erfolgs. Kommunikation fungiert als interdisziplinäre Schnittstelle. Die Nutzung gemeinsamer Technologien erleichtert die Integration der Disziplinen; die Informationstechnologie wird zunehmend als Plattform fachübergreifender Kooperationen genutzt. Problematisch und bisher hinter den technischen Möglichkeiten zurückbleibend ist die Heterogenität der verfügbaren Informationen und ihre unzureichende Strukturierung.

## **1.2 Herausforderungen für das politische System**

Rationales politisches Handeln erfordert die Abschätzung der gesellschaftlichen Folgen globaler Kommunikation. Dem Einfluß der Politik auf die Unterhaltungsindustrie und auf den privaten Bereich der Nutzung elektronischer Kommunikation sind deutliche Grenzen gesetzt, da staatliche Kontrolle selbst in strafrechtlich relevanten Bereichen kaum durchsetzbar ist. Die Gestaltung der Rahmenbedingungen im Bereich der Wissenschaft muß demgegenüber als wichtige Aufgabe politischer Steuerung angesehen werden. Entscheidungen wirken langfristig. Die Auswirkungen der Informationstechnologien auf die Konkurrenzfähigkeit der Forschung bestimmen die technologische Leistungs- und damit die Zukunftsfähigkeit.

Mit der Einführung des Internets als öffentliches, allgemein verfügbares Medium haben digitale Datenverarbeitung und Kommunikation aus der Industriegesellschaft eine Medien- und Informationsgesellschaft geformt, ohne eine unmittelbare Änderung der primären Produktionsprozesse. Eine elektronische Banküberweisung erfüllt die gleiche Funktion wie ihr manuell bearbeiteter Vorläufer, aber in weitaus größerer Geschwindigkeit und zu deutlich verringerten Kosten; Analoges gilt für komplexe Prozesse, wie der Bau von Automobilen. Die globale Kommunikation bietet entscheidende Vorteile; ebenso wie die Effizienz technischer Produktionsprozesse erhöht wird, beschleunigt sich der Prozess der Wissensgenerierung.

Globale Kommunikation und globaler Zugriff auf Informationen bedeutet die Verfügbarkeit von Informationen zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort. Während Steuerungs- und Produktionsprozesse vorwiegend lokale Informationen nutzen (e.g. Auto-Elektronik, Robotik), benötigt die Forschung Zugriff auf strukturierte dezentrale Informationsressourcen. Mit der ständig zunehmenden Menge von Informationen wächst die Notwendigkeit, Informationen zu strukturieren und vor allem dann gezielt zu filtern, wenn Anfragen unpräzise sind. Bestehende Herausforderungen können am Beispiel der Prüfung von Patentanmeldungen erläutert werden: ist es möglich, aus dem Text einer Anmeldung Informationen zu isolieren, die es erlauben relevante, bereits erteilte Patente aufzufinden? Können aus den beschriebenen Zusammenhängen einer Anmeldung (nicht den Stichworten), relevante Publikationen bereitgestellt werden?

Das Potential der Informationstechnologien ist längst nicht ausgeschöpft. Wir stehen am Anfang einer umfassenden Digitalisierung, die uns unbegrenzte Mengen an Informationen zugänglich macht, Wissen jedoch nicht in geeigneter Form übermitteln kann. Die bekannten Suchmaschinen demonstrieren deutlich die Stärken und Schwächen der bereits vorhandenen Systeme zur Suche im globalen Informationsraum. Die intelligente Interpretation von Informationen wird absehbar eine rein menschliche Eigenschaft bleiben. Zur Unterstützung von Forschungsprozessen sollten zukünftige Technologien in der Lage sein, Informationen intelligent zu strukturieren und inhaltlich zu verknüpfen.

Der elektronische Informationsaustausch hat in kurzer Zeit quantitativ, qualitativ und in seiner Geschwindigkeit neue Dimensionen erlangt. Der über das Internet abgewinkelte Informationsfluß wuchs in den vergangenen Jahren um mehrere Größenordnungen. Wie bei den klassischen Medien kommt dem Datenträger als Bindeglied zwischen Aufnahme- und Speichermedien und den individuell genutzten Endgeräten eine entscheidende Bedeutung zu. Interessant ist die Tatsache, dass im

eine entscheidende Bedeutung zu. Interessant ist die Tatsache, dass im Fall der globalen Kommunikation der Fortschritt der drahtlosen Übermittlung von Informationen zugunsten der Aufhebung der Serialität von Kommunikation aufgegeben wurde. Der Wechsel des medialen Paradigmas besteht in der Parallelisierung der Kommunikation: das Internet erlaubt eine praktisch unbegrenzte Zahl individueller Verknüpfungen zwischen Informationsquellen und ihren Nutzern. Seine Überlegenheit resultiert aus der massiv gesteigerten Zahl der Informationsangebote, die mit geringem technischen Aufwand realisiert werden können. Information wird parallelisiert und individualisiert.

Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess wird dramatisch beschleunigt, die wissenschaftliche Qualität steigt. Die Ursachen für diese Beschleunigung sind vielfältig, sie reichen von der technisierten und digitalisierten experimentellen Datengenerierung bis hin zur Verkürzung des Publikationsverfahrens. Die aktive Bereitstellung von Informationen steht der erleichterten Nutzung von allgemein zugänglichen Informationsquellen gegenüber. Das Internet hat die Nutzung der Bibliotheken im Wissenschaftsprozess weitgehend ersetzt.

Der Diskurs über die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und ihre Gestaltungsmöglichkeiten muss sich der Tatsache bewusst werden, dass sich die internationale Entwicklung weder technologisch noch inhaltlich steuern läßt. Die Möglichkeiten jeder Legislative, die angebotenen Informationen oder ihre Nutzung zu reglementieren oder zu kontrollieren sind eng begrenzt. Obwohl der Gesetzgeber grundsätzlich Vorschriften von Straf- oder anderen Gesetzen anwenden muß, zeigt doch die Praxis, dass selbst gravierende Verstöße wie Gewaltverherrlichung oder die Verbreitung von Kinderpornographie nur bedingt wirkungsvoll verfolgt werden können.

Während es nicht Aufgabe der Politik sein kann, auf die Ausprägung kultureller Aspekte der globalen Informationsgesellschaft Einfluß zu nehmen, bieten sich Chancen und Notwendigkeiten für eine rationale Gestaltung der Infrastruktur und der Forschungsrahmenbedingungen. Die Möglichkeiten der globalen Kommunikation erscheinen geradezu massgeschneidert auf die Bedürfnisse der Wissenschaft. Ihre Entwicklung und Nutzung erfordern jedoch erhebliche Investitionen, sowohl im Forschungs- als auch im Infrastrukturbereich. Die erforderlichen technologischen Anstrengungen verhalten sich ähnlich wie der Straßenbau zum Automobil, sie stellen einen wesentlichen und ständig wichtiger werden Teil der Wissenschaftsinfrastruktur.

Wissenschaft generiert Information, wissenschaftliches Arbeiten kann ohne die Verfügbarkeit von Informationen die rudimentären Formen der phänomenologischen Beobachtung und individuellen Interpretation nicht überwinden. Das wissenschaftliche Publikationswesen hat seinen Ursprung in der wissenschaftlichen Korrespondenz, wie noch aus den Titel mancher Journale entnommen werden kann (z.B. FEBS Letters). Mit der ständig schneller wachsenden Zahl an Publikationen, resultierend aus der ständig wachsenden Zahl von Wissenschaftlern und ihrer deutlich gestiegenen Produktivität, kommt der Forderung nach der globalen Verfügbarkeit von Informationen entscheidende Bedeutung zu. Obwohl bereits jetzt die ‚Selbstvermarktung‘ eigener wissenschaftlicher Ergebnisse über das Internet stark zugenommen hat, steht die wissenschaftliche Tradition dieser Form der Publikation noch entgegen: die wissen-

schaftliche Karriere wird immer noch durch die auf klassischem Weg gedruckten Publikation entschieden.

Der mit der Einführung des Internets stattgefundenen Paradigmenwechsel hat nicht nur auf der Seite des Kommunikationsmediums stattgefunden. Zeitgleich, da auf der gleichen Chip-Technologie und ihrer allgemeinen Verfügbarkeit basierend, hat eine Revolution auf der Seite der Datengenerierung, -erfassung und -analyse stattgefunden. In einem molekularbiologischen Labor kann in naher Zukunft mit 100 Gbyte experimenteller Daten pro Tag gerechnet werden. Das entspricht der Speicherkapazität großer Rechenzentren in den frühen 80er Jahren. Damit wurden in kurzer Zeit Dimensionen erreicht, die vor kurzer Zeit noch utopisch erschienen. Während der Physik und auch der Astrophysik mit ungeheuren Datenmengen die Rolle der Pioniere zukamen, blieb es der molekularen Biologie und besonders der Genomforschung vorbehalten, die Vorteile des Internets für die Wissenschaft nachhaltig zu demonstrieren. Denn im Gegensatz zur sporadischen Nutzung der hochspezialisierten Datensätze der Elementarteilchenforscher, werden Genomdaten täglich von Tausenden von Molekularbiologen weltweit genutzt<sup>1</sup>.

Die Fähigkeit, die globalen Kommunikationsmöglichkeiten zu nutzen, ist entscheidend für den Erfolg wissenschaftlicher Forschung. Der Wert der in der Forschung generierten Daten und Informationen hängt von der Möglichkeit ihrer Nutzung ab. Daher sind Investitionen in die Kommunikationsinfrastruktur, die wissenschaftliche Ausbildung, die Anwendung und Entwicklung von Kommunikations- und Datentechniken, primäre Investitionen in die Konkurrenzfähigkeit der Forschung.

## **2.1 Veränderung der Strukturen und Formen der Wissensgenerierung**

Wissensgenerierung ist gleichzusetzen mit Informationsgewinn und keineswegs auf naturwissenschaftliche, kausale Zusammenhänge beschränkt. Wissen schließt jede mögliche Form persistenter Informationen ein, wobei der Wissensbegriff von der Vorstellung einer zugrundeliegenden absoluten Wahrheit geprägt ist. Daten und Informationen können ungenau oder falsch sein. Wissen ist der Versuch, Erkenntnisse als Wahrheit darzustellen.

Der wissenschaftliche Produktionsprozess ist von der Verfügbarkeit von Informationen, sowie der Möglichkeit, Hypothesen durch experimentelle Versuchsanordnungen zu überprüfen und die anschließende Analyse und Interpretation der Daten geprägt. Moderne wissenschaftliche Strategien sind weniger von der Intuition als von der Information geprägt, Fragestellungen ergeben sich aus dem aktuellen Stand des Wissens im jeweiligen Fachgebiet. Die Möglichkeiten globaler Kommunikation werden daher durch die Möglichkeiten der massiven Datengenerierung verstärkt. Laborroboter, Laborinformationssysteme und die Möglichkeiten zum rechnerunterstützten experimentellen Design bedeuten erst den Anfang der Digitalisierung, die in kurzer Zeit die traditionellen manuellen Arbeitsabläufe vollständig ersetzen wird.

---

<sup>1</sup> Zum Beispiel wird der Server des Inst. f. Bioinformatik der GSF von 2-3.000 Wissenschaftlern pro Tag genutzt. Es werden im Mittel etwa 25.000 Zugriffe und ein abgerufenes Volumen von ca. 300 Mbyte registriert.

Die globalen Kommunikationsmöglichkeiten haben das Tempo der Wissensgenerierung dramatisch verschärft. Die Entwicklung der elektronischen Medien und ihrer nahezu unbegrenzten Speicher- und Zugriffsmöglichkeiten einerseits werden andererseits durch die Anwendung derselben Prinzipien zur Generierung von Daten komplementiert. Die primäre wie sekundäre Datenanalyse sowie zunehmend die Verbreitung der Ergebnisse erfolgt durch die nahezu uneingeschränkt orts- und zeitunabhängig nutzbaren Kommunikationssysteme. Damit befinden sich die elektronischen Wege der Wissensverbreitung und der akademischen Traditionen im Widerspruch, denn die akademische Karriere entscheidet sich nach der Bewertung der gedruckten wissenschaftlichen Veröffentlichungen und nicht durch volatile, auf dem Netz verfügbare Information.

Traditionell wird Wissen durch Ausbildung vermittelt und im Forschungsprozess neu gewonnen. Der Forschungsprozess beginnt mit der Analyse des aktuellen Wissensstandes, gefolgt vom Entwurf einer Hypothese, ihrer experimentellen Verifizierung und wird mit der Veröffentlichung der Ergebnisse und ihrer Interpretation abgeschlossen. Die Entwicklung elektronischer Datenverarbeitungs- und Informationstechnologien hat jeden einzelnen dieser Schritte revolutioniert, keineswegs nur in den experimentell ausgerichteten Naturwissenschaften, sondern auch in theoretischen Fächern wie der Mathematik (z.B. im Beweis zum Fermat'schen Theorem), selbstverständlich auch in allen anderen Gebieten, wie den Sozialwissenschaften und der Philologie, einschließlich der bildenden und darstellenden Künste.

Die Beschreibung der bereits vollzogenen Schritte zur Informationsgesellschaft und ihrer Auswirkungen auf die Wissensgenerierung sprengt bei weitem den Rahmen der hier gegebenen Möglichkeiten. Sie kann nicht Gegenstand einer Enquete sein, sie ist Teil eines sich selbst definierenden Prozesses. Welches Ausmaß die Globalisierung auf die gesellschaftlichen Grundstrukturen hat, wurde unter vielen anderen vom Soziologen N. Luhmann in seinem umfassenden Werk beschrieben (Die Gesellschaft der Gesellschaft, Suhrkamp Verlag, 1997). Luhmann hat vor allem auf die selbstreflexiven Mechanismen verwiesen, die die gesellschaftliche Entwicklung als ständigen Kreislauf von Ausgrenzung und Selbstdefinition durch das gesellschaftliche Bewußtsein beschreiben. Diese, von der Soziologie erkannten Mechanismen gelten auch für die Veränderung der Strukturen der Wissensgenerierung. Selbst wenn die Wertfreiheit wissenschaftlichen Denkens immer eine (durchaus legitime und moralisch begrüßenswerte) Wunschvorstellung gewesen ist, ist die Wissensgenerierung und ihre Zielrichtung immer stärker gesellschaftlichen und gesamtökonomischen Zwängen unterworfen. In den Naturwissenschaften dominiert nicht der Wertschöpfungsgedanke, sondern die Ideologie des individuellen Erfolgs mit einer ausgeprägten ökonomischen Komponente verdrängt die althergebrachten akademischen Normen. Im Luhmann'schen Sinn findet eine Umdefinition des wissenschaftlichen Erfolgs statt.

Die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf das Verhältnis der öffentlichen mit den privaten und kooperativen Forschungs-, Bildungs- und Ausbildungsinstitutionen sind grundlegend und können kaum überschätzt werden. Die technologische Infrastruktur, vor allem der Informationstechnologien als Wirtschaftszweige und ihrer Auswirkungen auf jedes einzelne Berufsbild bestimmen den sozialen und ökonomischen Wandel. Es darf erwartet werden, dass sich die Grenzen zwischen den Institutionen öffnen und sich das Verhältnis zwischen der öffentlichen und privaten Forschung neu

definieren wird. So wie noch vor etwa 15 Jahren in den Lebenswissenschaften die europäischen Länder vor allem durch den nationalen Charakter der Förderung geprägte unabhängige Organisationen bildeten, hat die Forschungspolitik der Europäischen Union als politisches Element zeitgleich mit der Entwicklung der Kommunikationstechnologien die Grundlagen für eine vielfältige europäische Vernetzung gelegt. Andere Beispiele, die als prototypisch angesehen werden können, sind die durch den BMBF geförderten regionalen oder nationalen Forschungsverbände in denen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie kooperieren (BioRegio, Deutsches Humangenomprojekt, Nationales Genomforschungsnetz, Pflanzen-genomforschung GABI, Technologieplattformen Proteomics und Bioinformatik).

## **2.2 Dynamisierung des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und Mobilisierung des Wissens**

Die Digitalisierung hat Forschungsprozesse dynamisiert, beschleunigt und in wesentlichen Bereichen mit neuen Qualitäten ausgestattet. Der Qualitätsgewinn resultiert zuerst aber nicht allein aus der Zunahme der Geschwindigkeit aller involvierten Prozesse. So dauert die wissenschaftliche Korrespondenz nur noch Minuten anstelle von Stunden oder Tagen und wird zunehmend in Gruppen vollzogen, die Informationen austauschen. Verfügbarkeit von Informationen, Globalisierung des wissenschaftlichen Wettbewerbs und ständige Erreichbarkeit wirken sich positiv auf die Effizienz und wissenschaftliche Qualität der einzelnen Projekte aus.

Neben der Beschleunigung bereits früher praktizierter Strategien kommen neue experimentelle Technologien hinzu, die vor der Einführung der digitalen Datenverarbeitung nicht realisiert werden konnten. So ist die Analyse der in Milliarden von Basen vorliegenden genomischen Information ohne Rechnerunterstützung ebensowenig möglich, wie die Indizierung von Millionen wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Die Möglichkeiten des schnellen Informationszugriffs hat einer großen Zahl von Experimenten erst ihren Wert verliehen, denn oft setzt die Machbarkeit der experimentellen Ansätze elektronische Methoden der Datenerfassung voraus. Die Dynamisierung von Wissen resultiert auch aus der Tatsache, dass häufig erst die Kombination unabhängiger Daten ursächliche Zusammenhänge erkennen läßt. Ergebnisse eines Experiments werden zur Grundlage für die Durchführung eines anderen. So werden Genominformationen immer in Relation zum gesamten verfügbaren Datenraum aller DNA-Sequenzen analysiert. Die Veröffentlichung und globale Zugänglichkeit dieser Information bilden die Grundlage, sozusagen das Koordinatensystem der weiteren Forschung. Der folgende Vorgang der experimentellen Analyse der Genfunktion wirkt auch rekursiv: neu gefundene Eigenschaften können auf die bisher bekannten Daten projiziert werden.

Die Verfügbarkeit von Informationen in digitaler Form hat ein weiteres, nicht grundlegend neues Element aktiviert, das globale wissenschaftliche Kommunikation voraussetzt: interdisziplinäres Arbeiten erfordert nicht nur den Austausch von Daten, sondern auch die Verfügbarkeit von Informationen über die Grenzen der Fachdisziplinen hinweg. Die Möglichkeit ohne Verzögerung auf Wissen anderer Gebiete zugreifen zu können, sofort Experten zu kontaktieren verbunden mit der gestiegenen Bereitschaft über den Tellerrand des eigenen Fachgebiets hinauszuschauen, bedeutet

einen Quantensprung an wissenschaftlicher Kreativität und Produktivität. In diesem Punkt ist festzustellen, dass die angelsächsischen Länder mit diesen Möglichkeiten wesentlich unbeschwerter umgehen, als das vergleichsweise in Deutschland der Fall ist. Besonders erschwert wird die Etablierung neuer interdisziplinärer Arbeitsgebiete durch die von den Fakultäten dominierten Berufungsverfahren: die Frage, ob beispielsweise die Bioinformatik in die biologische oder die Informatik-Fakultät gehört, wird zur forschungspolitischen Glaubensfrage und zum Handicap für die Dynamisierung der Forschungslandschaft.

Die Mobilisierung des wissenschaftlichen Nachwuchses hängt davon ab, ob es gelingt, an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen die Herausforderungen des globalen Forschungs- und Wissensmarktes zu akzeptieren und in die Lehre umzusetzen. Ausbildungsinhalte und das Potential der neuen Technologien sind trotz des rasanten Fortschritts bisher weiter voneinander entfernt, als es wünschenswert wäre. Noch immer gibt es Hochschullehrer, die nicht per e-mail erreichbar sind. Der Standard der Informationstechnologien vieler wissenschaftlicher Forschergruppen ist leider unzureichend und bleibt hinter den technischen Möglichkeiten zurück. Experimentelle Ergebnisse werden produziert, aber nicht genutzt oder öffentlich verfügbar gemacht.

Mobilisierung des Wissens bedeutet auch einen Verlust an tradierten, aber nicht zeitgemäßen Lehrinhalten. Wenn Wissen als Reproduktion von Fakten hinter der Fähigkeit, mit Informationen umzugehen, zurücktreten soll, muß sich dieser Wandel in neuen Formen der Vermittlung dieser Fähigkeiten und der Überprüfung des angeeigneten Wissens niederschlagen. Die Reform der Hochschulen wird im Spannungsfeld des Generationenkonflikts der Hochschullehrer stattfinden. Solange z.B. die (international sehr angesehene) deutsche Chemoinformatik nicht angemessen an den Hochschulen repräsentiert ist und interdisziplinäre Ansätze am konservativen Widerstand von Fakultäten und Gremien scheitern, werden Erfolge, wie schon in der Vergangenheit, kurzlebig bleiben, während die erfolgreiche Etablierung neuer Gebiete in den USA erfolgt (Beispiele: Computer Science, Humangenomforschung, Pflanzenbiotechnologie). Unter diesem Aspekt ist die Einführung von Juniorprofessuren zu begrüßen.

### **2.3 Strukturen der Fachinformation und Fachkommunikation**

Wissenschaftliches Denken und Handeln wird vom Zwang zur Publikation bestimmt, es orientiert sich eher an tradierten akademischen Grundsätzen, als am technologischen oder gesellschaftlichen Nutzen. Die wissenschaftlichen Journale agieren als Informationsvermittler und übernehmen gleichzeitig die Funktion der mehr oder weniger objektiven Bewertung wissenschaftlicher Leistung. Die Evaluierung der wissenschaftlichen Publikationen durch Gutachter ist ein wichtiger Schritt in der Qualitätskontrolle der verfügbaren wissenschaftlichen Informationen.

Das herkömmliche Geschäftsmodell der wissenschaftlichen Verlage beruht auf dem Verkauf gedruckter Informationen. Analog zum Prozess der Wissensgenerierung sind alle Einzelschritte der Publikation von Fachinformationen von der Globalisierung und - weit tiefgreifender - von der elektronischen Kommunikation betroffen. Einerseits ist eine zunehmende Oligopolisierung durch Konzentration im internationalen Verlagswesen auf wenige Konzerne zu beobachten, auch bedingt durch die Bedeutungslo-

sigkeit aller nicht-englischsprachigen Journale (Elsevier, McMillan, Wiley), andererseits tritt die Nutzung der gedruckten Versionen immer mehr gegenüber dem Zugriff über das Internet in den Hintergrund. Elektronischer Zugriff auf die wesentlichen Fachjournale ist zu einer unabdingbaren Voraussetzung für die kompetitive Forschung geworden. Öffentlich verfügbare Informationsquellen wie Abstracts oder Stichwort-indizierte Literaturdatenbanken (vor allem PubMed im Bereich der Lebenswissenschaften, siehe [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)) haben die Nutzung wissenschaftlicher Informationen intensiviert.

Zugriff auf elektronische Journale ist der Bibliothekskopie in fast jeder Beziehung weit überlegen. Damit verlieren Bibliotheken und Archive rasch an Bedeutung. In den vergangenen Jahren konnten eine als ‚Journal-crisis‘ bezeichnete Entwicklung beobachtet werden. Während in den Vereinigten Staaten die Preise für wissenschaftliche Journale im Zeitraum von 1986 bis 1997 um 169% und die für Monographien um 64% stiegen (Webster, 2000), mußten Bibliotheken bei nur mäßig steigendem Budget ihre Bestände ständig verkleinern und gleichzeitig beobachten, wie die Zahl der Nutzer ständig sank, so daß, bezogen auf den individuellen Zugriff, die Kosten überproportional stiegen, während die Verlage ihre Monopolstellung zu überproportionalen Gewinnen nutzen konnten (Webster, 2000). Die Tatsache, dass die Wissenschaft nicht nur die Ergebnisse, sondern auch wesentliche Teile der wissenschaftlichen Evaluierung der Publikationen und praktisch alle Nutzungsrechte den Verlagen unendgeldlich zur Verfügung stellen, hat erhebliche Spannungen erzeugt. Hinzu kommt, dass das früher allein bei den Verlagen vorhandene know-how des professionellen Layout und der Herstellung von Druckerzeugnissen nicht mehr benötigt wird und der Vertrieb durch den elektronischen Zugriff überflüssig geworden ist.

In einigen Bereichen (z.B. Teilgebieten der Physik und Mathematik; MatNet, PhysNet) wird bereits ausschließlich elektronisch publiziert. Die wirtschaftliche Grundlage des Verlagswesens wird durchaus in Frage gestellt. Ungelöst sind bisher jedoch die Probleme der wissenschaftlichen Qualitätskontrolle durch Begutachtung ebenso wie die Zitierfähigkeit der elektronischen Publikationen. In den Vereinigten Staaten wurde die Einführung einer nationalen Informationsressource lebhaft diskutiert und bereits als Prototyp implementiert, um im Bereich der Lebenswissenschaften allgemeinen Zugang zu wissenschaftlichen Journalen zu ermöglichen ([www.pubmedcentral.nih.gov](http://www.pubmedcentral.nih.gov)). In der Einführung heisst es: ‚It is economical and practical to develop tools to integrate the literature with a variety of other information resources such as sequence databases and other factual databases that are available to scientists, clinicians and other individuals interested in the life sciences. The intentional and serendipitous discoveries that such links might foster excite and stimulate the scientific community to move forward.‘ Ein ähnlicher Vorschlag wurde in Europa vom European Institute for Bioinformatics unterbreitet. Wenn es gelingt, eine kritische Masse von Verlagen zu überzeugen, können diese Ideen von erheblicher Tragweite sein können. Es sollte jedoch akzeptiert werden, dass sich ein solcher Vorschlag allein in USA oder zentral für die europäische Union realisieren läßt.

Die Herausforderungen, die mit der Ablösung gedruckter Fachinformationen verbunden sind, lassen sich keinesfalls im nationalen Rahmen lösen. Die Beteiligten stellen eine stark heterogene Gruppierung divergierender Interessen dar. Einerseits sinkt die Bereitschaft der Wissenschaftler, erhebliche Leistungen kostenfrei für die Verlage zu

erbringen, andererseits konnten die Verlage bisher keine überzeugende Alternative zum Druckerzeugnis anbieten. Als Folge hat sich eine Zweiklassengesellschaft gebildet. Forschungsinstitutionen wie die Max-Planck-Gesellschaft, die großen Universitäten oder die Helmholtz Zentren ermöglichen ihren Mitarbeitern durch Sammelverträge Zugriff auf eine umfassende Sammlung elektronischer Journale, während kleinere Institutionen und Universitäten weitgehend ausgeschlossen sind.

Eine umfassende Neuordnung des Fachinformationswesens erscheint als zwangsweise Folge der Revolution elektronischen Publizierens. Einerseits stehen viele Institutionen vor der Entscheidung, Bibliotheken in der gegenwärtigen Form weiterzuführen oder grundlegend zu reformieren, eine Entscheidung, die wesentlichen Einfluß auf die Marktstrukturen und das Angebot haben wird. Andererseits wird das Verhalten der Wissenschaftler, die zugleich Produzenten und Konsumenten sind, die Produktionsformen wissenschaftlicher Information mitbestimmen.

Aus der Sicht des Autors sind im Bereich der Biowissenschaften die Fachinformationszentren oder sonstigen nationalen Informationsressourcen nur von zweitrangiger Bedeutung. Das gilt weniger für den Bereich der Chemieinformation.

#### **2.4 Zentrale Auswirkungen der globalen Wissens- und Informationsmärkte**

Wissenschaftliche Informationen werden in großem Umfang auf dem Internet angeboten, deren Spektrum von der persönlichen Datensammlung bis hin zur institutionalisierten Referenz-Ressource (z.B. European Bioinformatics Institute, Hinxton; NCBI Cambridge). Diese Institutionen haben im Bereich der Lebenswissenschaften eine zentrale Funktion übernommen, deren Einfluß einer Monopolisierung nahekommt, zumal die Infrastrukturaktivitäten durch exzellente Forschung ergänzt werden.

In den Biowissenschaften ist ein starker Trend zur Internationalisierung und Monopolisierung zu beobachten. Dabei spielen deutsche Zentren nur eine untergeordnete Rolle. Eine forschungspolitische Strategie, die auf die internationale Entwicklung durch eigene Beiträge Einfluß nehmen kann, ist kaum erkennbar. Bei Fragen nach der aktiven Förderung wissenschaftlicher Informationsressourcen wird häufig auf Aktivitäten in den Vereinigten Staaten verwiesen. Die bisher geleisteten Beiträge zu Initiativen in Europa sind eher lokalen Charakters als dass man von einem politischen Gewicht sprechen könnte.

In der Vergangenheit wurden vor allem im Bereich der Chemiedatenbanken wichtige strategische Positionen aufgegeben. Die in den 50er Jahren erfolgte Gründung der Chemical Abstracts (Columbus, Ohio) hat die relevante Information zur Chemie kleiner Moleküle praktisch monopolisiert. Rechte an den zentralen Datensammlungen von Beilstein und Gmelin sind in amerikanischen Händen. Eine Diskussion über die Richtigkeit der Entscheidungen in der Vergangenheit kann hier nicht geführt werden. Festzustellen bleibt, dass die Möglichkeit der Kontrolle oder auch nur Mitsprache bei Entscheidungen über internationale Informationsressourcen in diesem Bereich nicht mehr gegeben ist.

Zweifelsohne können globale Informationsmärkte lokale Aktivitäten nicht vollständig ersetzen. Die Notwendigkeit, experimentell zu teilweise erheblichen Kosten generiertes Wissen zu sichern und verfügbar zu machen ist unbestritten. Zunehmend werden Daten gesammelt, die derzeit nicht vollständig interpretiert werden und erst unter Einbeziehung komplementärer Informationen bewertet werden können. Data mining ist in diesem Sinne weit mehr als die Suche nach statistisch auffälligen Informationen in großen Datensätzen. In diesem Bereich klafft eine erhebliche Lücke zwischen den Kosten der Datenerhebung und den Aufwendungen Daten zu sichern, zu strukturieren, qualifiziert auszuwerten und öffentlich verfügbar zu machen.

## **2.5 Verfügbarkeit vs. Schutzrecht**

Verfügbarkeit und Schutzrecht von Informationen repräsentieren divergierende Interessen. Einerseits ist Wissensgenerierung als Prozess im wirtschaftlichen Kontext zu sehen, andererseits basiert das naturwissenschaftlich geprägte Erkenntnisinteresse auf dem zutiefst menschlichen Wunsch nach rationaler Interpretation. Während im Bereich der reinen, abstrakten Erkenntnis wenig Konfliktpotential zu erkennen ist, steigt mit zunehmender wirtschaftlicher Nähe auch das Konfliktpotential zwischen der Privatisierung von Wissen und seiner öffentlichen Verfügbarkeit. Dieser Gegensatz ist auch ein Gegensatz von Rechtsgütern: technologisches Know-how ist oft nur von am Forschungsprozess beteiligten Personen wirtschaftlich zu verwerten, andererseits unterliegt öffentlich geförderte Forschung dem Primat dem Allgemeinwohl zu dienen. Abstrakt gesehen besteht dieses Dilemma bei aller durch öffentliche Mittel geförderter Akkumulation von Wissen nicht nur beim Technologietransfer, sondern auch in Ausbildung und Forschung. Einerseits hat der Arbeitgeber keinen Anspruch auf das Wissen seines Arbeitnehmers, sofern es sich nicht um ‚proprietäres‘ Know-how handelt, andererseits gehören die Rechte zur Verwertung auch im Forschungsbereich dem Arbeitgeber. In den vergangenen Jahren hat sich die Praxis der Nutzung von Forschungsergebnissen wesentlich geändert. Die Einrichtungen der Helmholtz Gemeinschaft sind zur wirtschaftlichen Nutzung ihrer verwertbaren Ergebnisse angehalten und sie vermarkten Rechte und Materialien erfolgreich.

Ein Leitfaden für die Steuerung der Veröffentlichung von Daten und Informationen könnte der gesellschaftliche Nutzen sein. Dem oft vorgebrachten Argument der öffentlichen Förderung und der damit verbundenen Öffentlichkeit der Daten fehlt die Begründung, denn die Nutzung ist nicht auf die jeweiligen Steuerzahler begrenzt. Unglücklicherweise wird das Problem der internationalen Schutzrechte weiter durch die unterschiedliche Rechtslage zwischen den Vereinigten Staaten und Europa verschärft. Solange die Rechtssysteme nicht angeglichen sind, kann auch keine Chancengleichheit bei unmittelbarer Veröffentlichung von Daten gegeben sein.

Die geforderte Schaffung von Arbeitsplätzen in Start-ups und Ausgründungen wird nur durch die hohe persönliche Motivation der Gründer erreicht. Das Investitionsklima reagiert sehr sensibel auf die Einflußnahme politischer Steuerung, es ist vom rechtlichen Rahmen und seiner Interpretation abhängig. Es ist in Deutschland gelungen, ein positives Umfeld sowohl für die Investoren, als auch für die Gründer zu schaffen, in dem in der Neuen Biotechnologie bereits etwa 80.000 Arbeitsplätze geschaffen werden konnten.

## 2.6 Formen und Instrumente zur Veredelung von Informationen

Global und jederzeit zugängliche Informationen erlauben eine weit effizientere Umsetzung von Wissen in produktive und wissensbildende Prozesse als das im Zeitalter der gedruckten Informationen der Fall war. Die Selektion von Information aus der Fülle der angebotenen Daten stellt sich mit zunehmendem Volumen verschärfendes Problem dar. Nutzer sind oft in mehrfacher Hinsicht überfordert: (1) die Auswahl der durch die Suchmaschinen auf eine Anfrage gefundenen Informationen entspricht selten dem gewünschten Ergebnis, d.h. die relevanten Informationen gehen im Rauschen nicht-relevanter Informationen unter, (2) die Struktur der gefundenen Informationen ist ungeeignet zur Beantwortung der gestellten Frage und (3) die Form der wiedergegebenen Informationen eignet sich nicht für die intelligente Postprozessierung und damit der Ausgabe eines selektierten Informationsangebots. Beispiel: Unter dem Stichwort ‚Anthrax‘ erwartet ein Nutzer grundlegende Informationen zu Biologie dieses pathogenen Mikroorganismus‘, ein anderer möchte die aktuellen Forschungsergebnisse bezogen auf das Anthraxtoxin (Nature, November 2001) finden. Die Suchmaschine Google liefert 2.230.000 Treffer. Das effiziente Auffinden von Informationen durch die Suchmaschinen wird zum Problem, denn erst die langwierige Suche in den gefundenen Einträgen liefert das gewünscht Ergebnis.

Die Verfügbarkeit von Fachinformationen in Form speziell aufbereiteter Texte ist fester Bestandteil der Wissensgenerierung, hat sich jedoch teilweise bereits überholt. Dies gilt immer dann, wenn entweder der Zugriff nicht durch Lesen und intellektuelle Verarbeitung der angebotenen Informationen erfolgt oder die Inhalte in ihrer Form nicht durch Visualisierung verarbeitet werden können (siehe Fig. 1).

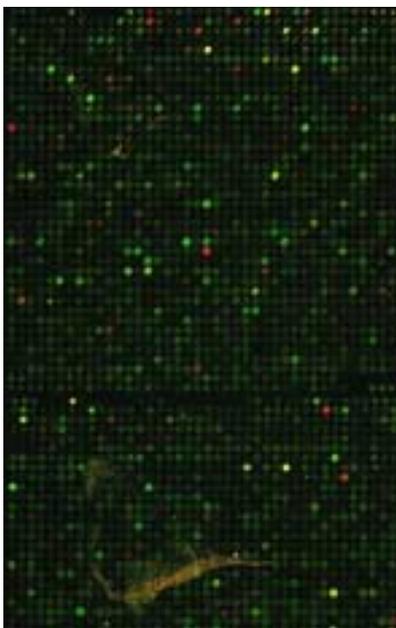


Fig. 1: DNA-chip in der funktionellen Genomforschung

Zu diesen Informationen gehören unter vielen anderen Daten aus der Chemie, der molekularen Biologie, wie Strukturen organischer und anorganischer Moleküle, DNA- und Proteinsequenzen und, rasch zunehmend, experimentelle Primärdaten. Biologi-

sche Daten sind von fundamentaler Bedeutung für die Medizin, die Umweltforschung und die Biotechnologie. Datenressourcen in diesen Gebieten – soweit öffentlich – werden intensiv genutzt. Diese Nutzung beruht vor allem auf der Notwendigkeit, Daten ständig vergleichend zu analysieren. Datenbanken in der Genomforschung verzeichnen mehrere Hunderttausend Zugriffe pro Tag, ein Wert der von keiner anderen Ressource in den Naturwissenschaften erreicht wird. Im Bereich ‚strukturiertes Wissen‘ sollte unserer Meinung nach die angewandte Forschung in der Informatik intensiv gefördert werden.

Die Strukturierung von Forschungsdaten und Wissen und seine Verfügbarkeit in Datenbanken und deren Integration ist ohne Zweifel von hoher strategischer Bedeutung. Intelligente, deklarative Schnittstellen sollen dem Nutzer die flexible interaktive Exploration von Daten ermöglichen. Standardisierte Schnittstellen für Software sind bereitzustellen. Die strategische Bedeutung von Informationsressourcen wird in 2.7 diskutiert.

### **2.7 Herausforderungen aus dem internationalen Wettbewerbsdruck**

Mit zunehmendem Wettbewerbsdruck muß nach der Positionierung der deutschen Forschung gefragt werden, die noch vor kurzer Zeit den Anspruch erhob, in der Genomforschung einen Platz an der Weltspitze einzunehmen. Solche publikumswirksamen Ansprüche sind mit dem immerwährenden Optimismus des Fussballweltmeisters von 1954, 74 und 90 vergleichbar. Andererseits fehlt die Erkenntnis, das im globalen Wettbewerb nicht nur die Qualität des Einzelnen, sondern auch die Quantität und die Fokussierung auf strategisch relevante Ziele zählt. Nicht die pro-Kopf, sondern die absolute Größe der Forschungsaufwendungen muß daher verglichen werden. Im exemplarisch ausgewählten Bereich der genomorientierten Forschung kann Deutschland im internationalen Vergleich nur als zweitrangig bewertet werden. Der deutsche Beitrag bei der Entschlüsselung des Humangenoms wurde zwar publikumswirksam herausgestellt, kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass nur etwa 3% des Genoms in deutschen Labors sequenziert wurden. Die in den USA, Japan und auch in England (Wellcome Trust) getätigten Investitionen müssen hier als Maßstab genommen werden. Im internationalen Vergleich ist der deutsche Beitrag zweitrangig geworden<sup>2</sup>, er liegt bei etwa 25% der geschätzten Ausgaben in den Vereinigten Staaten, in denen erheblich mehr im privat finanzierten industriellen Bereich investiert wird (z.B. die Firmen Celera, Incyte). Dabei dürften die Zahlen für Deutschland nicht ganz korrekt sein, denn für die Genomanalyse von Mikroorganismen standen im Jahr 2000 nicht 80 Mio. \$ bereit, während die Förderung der grünen Genomforschung hier nicht auftaucht. Interessant und besonders hervorzuheben ist die Investition in die Informationsressourcen in den USA (NCBI, National Center for Biotechnological Information) mit ca. 8 Mio. US \$/Jahr.

---

<sup>2</sup> Quelle: <http://www.stanford.edu/class/siw198q/websites/genomics/Gov&nonprofitTotal.htm>

<b>Funding</b>	<b>Country</b>	<b>2000 in 1000 US\$</b>
National Human Genome Research Institute, NIH (USA)	USA	326,391
National Science Foundation	USA	92,000
US Department of Energy	USA	88,900
American Cancer Society	USA	50,000
Cancer Genome Anatomy	USA	21,800
Howard Hughes Medical	USA	20,000
Nat. Center Biotech. Info.	USA	8,000
Merck Genome Res.	USA	7,000
Environmental Genome Program	USA	5,008
US Defence Advanced Research	USA	4,000
Nat. Inst. of General Medical Sciences	USA	3,500
<b>Total USA</b>		<b>626,599</b>
Science and Technology	Japan	115,431
Ministry of Education	Japan	84,398
MITI	Japan	72,908
Ministry of Health and Welfare	Japan	65,359
Kazusa DNA Research	Japan	14,400
<b>Total Japan</b>		<b>352,496</b>
Wellcome Trust (UK)	UK	121,406
BBSRC	UK	110,091
Imperial Cancer Research	UK	12,894
<b>Total UK</b>		<b>244,391</b>
German human genome	Germany	79,000
German microbial genomes	Germany	80,000
<b>Total Germany</b>		<b>159,000</b>
Genome Canada	Canada	152,542
Canadian Inst. of Health	Canada	5,925
Nat. Academy of Sciences	China	1,811
Ministry Science and Technology	China	6,642
Estonia Genom Foundation	Estonia	6,941
European Commission	EU	108,459
GenHomme	France	25,000
Foundation Jean Dausset	France	4,956
Centre Nat. de Sequencage	France	8,900
Assoc. Contre les Myopathies	France	9,200
Korea Research Inst.	Korea	8,000
Netherlands Genomics res.	Netherlands	50,000
Knut and Alic Wallenberg Foundation	Sweden	35,000
The SNP Consortium	Int.	22,000

Im Vergleich mit internationalen Forschungsprogrammen in den Biowissenschaften fehlen in Deutschland bisher zentren- und institutionsübergreifende Programme mit gemeinsamer Zielsetzung. Es wird immer wieder kritisiert, dass sich die Leistungsfähigkeit, gemessen an den Publikationskoeffizienten, mit den Forschungsinvestitionen nicht linear steigern läßt. Während die Qualität der individuellen Beiträge als gut bis

sehr gut beurteilt wird, fehlen Breite und Perspektiven. Was in der Diskussion gern übersehen wird, ist die Tatsache, dass in den Biowissenschaften in den nächsten 10 Jahren die Ausgangspositionen für die Verwertung und die wirtschaftliche Positionierung auf den Weltmärkten vergeben werden. Wenn bei erwarteten Umsatzvolumina allein im Bereich der medizinischen Diagnostik und Therapie von mehreren 100 Mrd. € zu rechnen ist, dann relativieren sich die öffentlichen Aufwendungen für Forschung in der molekularen Biologie, die den Betrag von 1 Mrd./Jahr mit Sicherheit nicht übersteigen.

Ähnliches gilt für den Bereich der Informationstechnologien. Wichtige Gebiete wie Bioinformatik und Computerlinguistik führen (noch) ein Schattendasein, trotz individueller Erfolge und Beiträge auf internationalem Niveau. Mit der Entscheidung der DFG, in der Bioinformatik erstmalig in strategische Bildungsfragen einzugreifen, indem 50 Millionen DM für die Förderung von Studiengängen in der Bioinformatik bereitgestellt wurden, wurde ein richtungsweisender Präzedenzfall geschaffen, der dennoch der internationalen Entwicklung zunächst hinterherläuft. Die DFG Initiative zeigt, wie Entwicklungen, die innerhalb der Hochschulen noch Jahre gebraucht hätten, wirkungsvoll beschleunigt werden können.

### ***2.8 Auswirkungen internationaler Konzentrations- und Kommerzialisierungstendenzen***

Die Aussichten der absehbaren Entwicklung im Bereich Information und Kommunikation für die Entwicklungsländer sind zurückhaltend einzuschätzen. Es besteht die Gefahr, dass die bestehende Kluft sich weiter vertiefen wird. Eine Erleichterung des Zugangs zu Informationen allein wird nicht ausreichen, um den Abstand in der wissenschaftlichen Produktivität zu überwinden. Die politische Gestaltung muß über die Entwicklungs- und Bildungspolitik erfolgen, sie ist nur sekundär abhängig vom Zugang zu relevanten Forschungsinformationen. Sobald die entsprechenden Kommunikationsstrukturen in den Ländern der dritten Welt verfügbar sind, werden auch ausreichende Möglichkeiten zum Informationsaustausch gegeben sein. Erste vielversprechende Ansätze sind in der Sequenzierung pathogener Bakterien (Brasilien, (Simpson et al., 2000)) und dem gerade initiierten Projekt zum Bananengenom (u.a. Mexiko, Nigeria; Nature News 19. 07. 2001) zu sehen.

### ***2.9. Effektive Auffindung und kreative Nutzung und Verknüpfung von Informationen***

Die Nutzung von Informationen erfolgt durch Kommunikation semi-strukturierter Daten, im ungünstigsten Fall in Form von freien Texten. Im Fall technischer Informationen kann der Informationsaustausch weitgehend ohne menschliche Interaktion erfolgen (Fahrzeugdaten, Flugbewegungen, Koordinaten zur Darstellung 3-dimensionaler Strukturen). In diesen Fällen liegt der Kontext eindeutig fest, im Fall wissenschaftlicher Veröffentlichungen bedienen sich die Autoren weitgehend freier Sprachformen zur Darstellung wissenschaftlicher Daten. Darin unterscheidet sich die wissenschaftliche Literatur wesentlich von technischen Informationen mit exakt festgelegter Syntax (z.B. Musikdaten im MP3-Format). Um Informationen und Inhalte in großen Suchräumen (alle Seiten des Internets) zu finden, bedient man sich komplexer Indizierungsmethoden, die nach der Auswahl von Stich- oder Suchworten exakt

oder assoziative Suchen durchführen. Die weitgehende Vollständigkeit des Suchraums ermöglicht das Auffinden von Informationen, wenn Suchbegriffe ausreichend spezifisch sind (z.B. ‚Journal-crisis‘), führen aber dann nicht zum gewünschten Ergebnis, wenn hohe fachliche Spezifität erforderlich oder die Suchbegriffe unzureichend genau formuliert werden können.

Im wissenschaftlichen Bereich existieren fachspezifische Termini und Nomenklaturen. Die Zuweisung dieser Begriffe erfordert ein hohes Mass an Fachkenntnissen und kann nur partiell automatisiert werden. So sind beispielsweise die wesentlichen Informationen über ein Gen aus der Menge der verwandten Gene zu entnehmen, dennoch führt eine automatische Zuweisung zu einer unerwünscht hohen Fehlerrate. Eine entsprechende Strukturierung der Informationen müßte also mehr leisten als die statistische Erfassung von Stichworten und ihrer Kombinationen; sie sollten in der Lage sein, Informationen fachspezifischen Ontologien zuzuordnen. Ontologien sind Begriffswelten, die nicht nur Begriffe, sondern auch deren Relationen untereinander in Form von Graphen definieren.

Aus diesen Überlegungen folgt der duale Charakter der notwendigen Anstrengungen zur Strukturierung wissenschaftlicher Information einerseits und der weitergehenden semantischen Analyse textbasierter Informationen andererseits. Die Strukturierung wissenschaftlicher Informationen liefert hochinteressante Fragestellungen für die Informatikforschung. Die Weiterentwicklung von Suchmaschinen wird sich verbesserter heuristischer Verfahren bedienen müssen, um eine deutlich höhere Spezifität und bessere Strukturierung der Suchergebnisse zu erzielen. In beiden Fällen muß die intelligente Präprozessierung der gefundenen Seiten deutlich verbessert werden. Immer noch wird der Nutzer von Informationen überschüttet, deren Auswahl zeitraubend und ineffizient ist. Forschungsförderung dieser Bereiche wird nicht nur den Komfort verbessern, sondern auch helfen, neue Verfahren zur Verknüpfung von Daten zu entwickeln, die unmittelbare Antworten auf komplexe Fragen erlauben. Im wissenschaftlichen Bereich werden auch Ansätze zur Definition von Metadaten (z.B. Dublin Convention) diskutiert, die helfen können, das strukturierte Auffinden von Dokumenten zu erleichtern (z.B. durch standardisierte Formatierung der Angaben über die Autoren, Titel, Inhalte etc.).

## **2.10 Reformansätze im Hochschulbereich**

Jeder Paradigmenwandel stößt naturgemäß auf Widerstand, der erfahrungsgemäß eher durch die historische Entwicklung als durch proaktives Handeln überwunden wird. Darin unterscheiden sich die technischen Revolutionen der Vergangenheit nicht von der Globalisierung der Kommunikation und dem daraus resultierenden Wandel zur Informationsgesellschaft. Den Hochschulen fällt dabei die Aufgabe zu, diesen Wandel zu leben. Er wird alle Bereiche von Forschung und Lehre einschließen, von der Digitalisierung mittelalterlicher Texte bis hin zur Einführung dezentraler interdisziplinärer Studiengänge und Lerninhalte.

Der Strukturwandel der Hochschulen benötigt Leistungsträger in einem von der Industrie umworbenen Berufsfeld. Die Motivation qualifizierter Führungskräfte einen lange mit Unsicherheit verbundenen Berufsweg bei vergleichsweise schlechter Bezahlung zu beschreiten sinkt dramatisch. Bereits jetzt können C3 Professuren nur mit

großer Mühe qualifiziert besetzt werden. Kommunikations- und Biowissenschaften gehören zu den Forschungsschwerpunkten mit ausgezeichneten Berufsaussichten. Die akademische Laufbahn in Deutschland ist für Spitzenkräfte aus dem Ausland nur im Bereich C3/C4 interessant. Das wird sich spätestens dann ändern, wenn die derzeit von der Bundesregierung vorgeschlagen Änderung bei der Besoldung der Hochschullehrer greifen. Von hochqualifizierten ausländischen Bewerbern werden vor allem zwei Gründe genannt, aus denen Forschungspositionen in Deutschland wenig attraktiv erscheinen: starres Gehaltsgefüge nach BAT und lange wissenschaftliche Abhängigkeit in hierarchisch strukturierten Arbeitsgruppen.

#### **Zusatz:**

#### **Bedeutung der globalen Kommunikation in den Biowissenschaften**

Die molekulare Biologie steht im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses, sie gilt als die Wissenschaft des frühen 21. Jahrhunderts. Mit der Möglichkeit, die zelluläre Information in Form der DNA Sequenz zu ‚lesen‘ hat sich innerhalb weniger Jahre ein entscheidender Paradigmenwechsel vollzogen. Aus einer phänomenologisch beobachtenden hat sich eine systematisch datenorientierte Wissenschaft entwickelt. Basierend auf der genomischen Information haben sich massiv datengenerierende Technologien entwickelt, die nicht nur entscheidende wissenschaftliche Fortschritte wie die Sequenzierung des Humangenoms ermöglicht hat, sondern auch in kurzer Zeit zu einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung durch Unternehmensgründungen und die Schaffung von ca. 80.000 Arbeitsplätzen in Deutschland geführt hat.

Es besteht mit Sicherheit kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der zeitgleich stattgefundenen Entwicklung globaler Informationssysteme und den DNA-Sequenzierungsmethoden. Dennoch hat in keinem Wissenschaftszweig die Verknüpfung allgemein zugänglicher Informationsressourcen eine vergleichbare Wirkung gezeigt. Die Grundlagen der Netzwerkkommunikation ist die unabdingbare Voraussetzung für die weltweite Nutzung genombezogener Daten. Während noch Ende der 80er Jahre die wenigen damals verfügbaren Datenbanken aktuell in keinem einzelnen Forschungszentrum verfügbar waren, besteht heute die Möglichkeit, praktisch von jedem internetfähigen Rechner der Erde mehrere hundert Datenbanken in der Molekularbiologie als Informationsquellen heranzuziehen.

Die Lebenswissenschaften haben herausragende gesellschaftliche und ökonomische Bedeutung. Allein das Gesundheitswesen mit etwa 500 Mrd. DM Umsatz/Jahr steht an der Spitze aller Wirtschaftszweige. Die Diagnose und Therapie bisher nur unvollständig behandelbarer Erkrankungen wie Diabetes, Asthma, Krebs, die Herz-Kreislaufkrankungen, Infektionen, umweltbedingte Erkrankungen usw., die Aufklärung und Prävention genetisch bedingter Dispositionen ebenso wie die Erforschung ökologischer Zusammenhänge können nur über die Nutzung genombasierter Informationen erreicht werden. Die Genomforschung ist zum Schlüssel des wichtigsten und komplexesten Forschungsgegenstands, des Lebens selbst, geworden.

Die Daten des Lebens sind einmalig, jede gewonnene Erkenntnis ist ein Forschungsergebnis, an dem Rechte nur einmal vergeben werden. Der aktuelle Wettbewerb um

Spitzenpositionen ist daher langfristig und strategisch zu sehen, er ist prototypisch für die Globalisierung wissenschaftlicher Informationen.

#### Referenzen

Simpson,A.J., Reinach,F.C., Arruda,P., et al. (2000). The genome sequence of the plant pathogen *Xylella fastidiosa*. The *Xylella fastidiosa* Consortium of the Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis. *Nature* 406, 151-157.

Webster,D. (2000). Emerging Responses to the Science Journal Crisis. *IFLA Journal* 26, 97-102.