Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 109 (1991)

Heft: 50

Artikel: Moderne Biotechnologie: Unsicherheiten, Risiken und Gefährdungen in der Entwicklung

Autor: Albrecht, Stephan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-86068

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

satisfy current operations and future demands. The records provide a basis for specifying required network modifications and enhancements. Also, the records are used to support systematic inspection and testing of equipment to identify potential problems before they compromise public safety or disrupt the customer service.

In the data flow diagram (Figure 2), it is obvious that the work order or change order has been developed as a mechanism for changing the facility information systems. The major corporate functions of planning and operating the facilities use the change management process as a tool to keep the various record systems up-to-date and synchronized and to direct physical changes in the field.

Change Management Processes

Engineering, operations, and maintenance change orders are primary sources of modifications to the facility records. Change orders define a detailed set of specifications for modifying the facilities network. The designs reflected in the change orders are based on records of installed facilities and pending changes to those facilities. The pending changes (approved, but not installed) reflected in the orders become, in turn, the primary source of updates to the installed facilities records.

Change orders are extremely interdependent. The changes proposed by one order frequently depend on the conditions created by other preceding orders. Composing a design requires accurate data information about both the installed facilities and any pending modifications. Revising a change order requires an assessment of the impact on other potentially dependent change orders.

Address of the authors: *K.E. McDaniel* and *M.A. Stice*, c/o Intergraph (Switzerland) AG, Thurgauerstrasse 40, 8050 Zürich.

Sicherheit und Risiko

Moderne Biotechnologie

Unsicherheiten, Risiken und Gefährdungen in der Entwicklung

In Teilen der fortgeschrittenen industrialisierten Gesellschaften des Nordens wird schon seit geraumer Zeit recht kontrovers über die möglichen Folgen der Entwicklungen in der modernen Biotechnologie, speziell deren gentechnischem Teil, gestritten: Für die Befürworter ging es um Lösungsmöglichkeiten für Welternährung, globale Seuchen und Umweltprobleme [1], wohingegen die Einwender eine neue, letztlich die Lebensgrundlagen bedrohende anthropogene Einmischung in die Evolution [2] heraufziehen sahen. Nachdem solche Extremstandpunkte heute etwas abgeklungen sind, bietet sich nun eine Chance für eine fundierte gesellschaftliche Erörterung um Anwendungsrichtungen und darauf bezogene angemessene politische Entscheidungen.

«Und wie sollten unsere Einsichten nicht ungewiss und eingeschränkt sein? Unsere Organe sind so schwach, unsere Mittel so kurz, unsere Studien so zerstreut, unser Leben so unruhig und der Gegenstand unserer Untersuchungen so weitläufig. Arbeitet unermüdet, Naturforscher, Naturlehrer, Scheidekünstler, Weltweise, Beobachter aller Art; und nach Jahrhunderten von vereinigten und fortgesetzten Bemühungen werden die Geheimnisse, die ihr der Natur entrissen haben werdet, im Vergleich mit ihren unermesslichen Reichtümern nur ein Tropfen Wasser sein, den ihr dem Ozean entrissen habt.»

G. Raynal und D. Diderot 1770

Entwicklungsbedingungen der modernen Biotechnologie

Zumindest jedes zweite Buch zu Aspekten der modernen Biotechnologie beginnt mit der beruhigenden Feststellung, dass Menschen sich schon seit Jahrtausenden gezielt biologische Abläufe zunutze gemacht haben, etwa beim Backen von Brot oder beim Brauen von Bier. Die Herstellung von Nahrungs-

VON STEPHAN ALBRECHT, HAMBURG

und Genussmitteln – beispielsweise mittels Hefe- oder Milchsäurebakterien – ist lange erprobt und sehr bewährt. Es dürfte so auch kein Zufall sein, dass die Lebensmittelindustrie technologisch bis vor ganz wenigen Jahren eine ausgesprochen konservative Branche gewesen ist: Mit Nahrungsmitteln experimentiert man eben nicht. So beruhen die lebensmittelrechtlichen Vorschriften auf der Maxime, dass nur das gemacht wird, was aus Erfahrung gut ist.

In diesem geruhsam dahinfliessenden Strom traditioneller biologischer Technologie, die gegenüber der synthetischen Chemie, der Metallurgie oder der Informatik hoffnungslos unterlegen und auch ohne Perspektive erschien, sind nun etliche neuere Strömungen und Wirbel aufgetaucht. Entwicklungen in der Genetik, der Biochemie, der Zell- und Molekularbiologie, der Mikrobiologie, der Labor-, Computer- und Verfahrenstechnik haben weitergehende oder neuartige Praktiken ermöglicht, die im folgenden mit dem Terminus moderne Biotechnologie bezeichnet werden. Diese *moderne Biotechnologie* wird insbesondere geprägt von Techniken der genetischen Modifikation mittels der rekombinanten DNA-Technik (Gentechnik) und solchen der Kultivierung von Zellen, der Regeneration von Geweben und Organismen.

Dieses Set von neuen Techniken ist in seiner Entstehung aus mehreren Quellen gespeist worden. Eine sei hier ausdrücklich erwähnt, weil sie in besonderer Weise bedeutend erscheint: die *Tumor- und Krebsforschung*. In der medizinischen Auseinandersetzung mit dem Krankheitsbild Krebs waren dominante Therapiemethoden wellenartig angewandt worden, zunächst physikalische, dann chemische. Trotz unbestreitbarer Fortschritte blieben kausale Heilerfolge, die auf einer abgesicherten Ätiologie beruhten, aus. Es kam als drittes der biologische, insbesondere zellbiologische und virologische Kontext des Krebses in den Blick der Medizin. Da lag es nahe, mittels molekularbiologischer und -genetischer Verfahren die Aufklärung der Entstehung ungebremsten Zellwachstums zu versuchen. Beginnend in den 60er Jahren, vergab die Regierung der USA rapide wachsende Forschungsgelder in diesem Gebiet. Es war kein Zufall, dass Anfang der 70er Jahre das Experiment von *Paul Berg*, das die ersten Kontroversen zur rekombinanten DNA-Technik, nämlich die Konferenzen in Asilomar 1973 und 1975 [3], ausgelöst hat, im Rahmen eines

solchen Krebsforschungsprogramms durchgeführt worden ist.

Seither gibt es eine parallele Entwicklung von wissenschaftlich-technisch-wirtschaftlicher Entfaltung der modernen Biotechnologie und eben darauf bezogener innerwissenschaftlicher und politisch-gesellschaftlicher Kritik. In diesem Streit wird vielfach nicht um wirtschaftliche, soziale oder ökologische Fakten, sondern um Erwartungen gestritten, um Legitimation stiftende oder bestreitende Argumentationen, um Postulate und Analogien. Denn als eigenständige ökonomische Grösse im Sinne von Produktionsvolumen und -wert sowie Umsatz existiert die moderne Biotechnologie bis jetzt lediglich in Ansätzen.

In allen industrialisierten Ländern des Nordens wird die moderne Biotechnologie mit erheblichen öffentlichen Geldern subventioniert. Durch den engen Zusammenhang von Forschung, Entwicklung und Produktion reichen diese Subventionen bis weit in den privatwirtschaftlichen Sektor. Bisweilen wird deswegen von einem wissenschaftlich-industriellen Komplex [4] gesprochen. Unabhängig davon, welche Konnotation man dieser engen Verbindung von öffentlich finanzierter Forschung, Entwicklung und Anwendung unterlegt, ist daran bedeutsam, dass die moderne Biotechnologie ohne Steuergelder weder als Forschungsgebiet noch als Wirtschaftsbereich überhaupt nennenswert existent wäre. Der Haushaltsvorschlag des Präsidenten der USA für das Haushaltsjahr 1991/92 sieht vor, dass die Biotechnologie insgesamt mit 4,1 Mrd. US $ gefördert werden soll. 1987 waren es gut 2,7 Mrd. US $. Nach Schätzungen der EG-Kommission liegen die staatlichen Förderungen der Biotechnologie in der und durch die EG bei etwa 2 Mrd. US $. Die Investitionen des privaten Sektors erreichen weder in den USA noch in der EG auch nur die Hälfte dieser Beträge. Die Zahlen werden hier angeführt, um zu skizzieren, in welch hohem Mass die moderne Biotechnologie von öffentlichen Investitionen abhängt.

Anfang 1990 waren in den an der Börse in den USA gehandelten Unternehmen 13247 Menschen beschäftigt, die Firmen hatten einen Kapitalstand von 3,46 Mrd. US $ und einen Umsatz von 3,3 Mrd. US $. Auch wenn man einbezieht, dass in den ersten vier Monaten des Jahres 1991 ein kleiner Aktienboom in den USA für Biotech-Firmen eingesetzt hat, so bleibt doch augenfällig, in welchen Dimensionen frühere Prognosen und heutige Wirklichkeit der biotechnischen Ökonomie auseinanderklaffen: Da war von Marktvolumina zwischen 13 und 50 Mrd. US $ gesprochen worden. Die zeitweilige Goldgräbereuphorie ist mittlerweile einer nüchterneren Einschätzung gewichen: Es geht alles nicht so schnell, und der Weg vom Labor auf den market place ist nicht problemlos. Darauf weisen die anhaltenden Konzentrationsprozesse hin, die im wesentlichen durch Übernahme kleiner Biotechnologiefirmen durch multinationale Unternehmen aus der Pharma-, Chemie- und Agro-Industrie gekennzeichnet sind. Prominentes Beispiel war die Übernahme von Genentech durch Hoffmann-La Roche.

Dem etwas holperigen Vermarktungsprozess kontrastiert auffällig das schnelle Tempo und die weitere Verbreitung moderner biotechnischer Methoden in der Forschung und Entwicklung. Auf dem Mitte 1990 in Kopenhagen abgehaltenen 5. Europäischen Biotechnologiekongress konnte man das an dem breiten Themenspektrum sehen. Es ging um industrielle Anwendungen der Kultivierung von pflanzlichen Zellen, mikrobielle Pflanzenschutzmittel, Impfstoffproduktion mittels genetischer Techniken, Nutzung von Pilzen für die Expression von Proteinen, industrielle Enzyme, Milchsäurebakterien in der Nahrungsmittelproduktion, Biotechnologie anaerober Bakterien, Monitoring und Kontrolle in der Umweltbiotechnologie, Trinkwasseraufbereitung und Abwasserreinigung, neue Methoden der genetischen Diagnostik, DNA-fingerprinting, bio-organische Synthese, Expression von Proteinen in transgenen Tieren, Biosynthese von Aminosäuren, On-line-Messsysteme in der Biotechnologie, Polysaccharide aus Mikroben und Algen, Biodegradation von toxischen Abfällen und schliesslich um Sicherheits- und Regulierungsfragen. Neben der Landwirtschaft und der pharmazeutischen Industrie spielen zunehmend die Nahrungs- und Genussmittelindustrie sowie die industrielle Umweltbiotechnologie (Vor- und Halbprodukte, Enzyme, Aufreinigung von Abwässern, Abfällen usw.) eine nennenswerte Rolle.

Im folgenden sollen anhand von drei Beispielen Unsicherheiten, Risiken und Gefährdungen in der Entwicklung der modernen Biotechnologie behandelt werden.

Zum Beispiel L-Tryptophan

L-Tryptophan ist eine essentielle Aminosäure, d.h. sie wird im menschlichen Körper nicht synthetisiert. Die notwendige Aufnahme von L-Tryptophan ist durch eine eiweissreiche Nahrung gesichert. L-Tryptophan wird in beträchtlichem Umfang auch biotechnisch industriell hergestellt und als Lebensmittelzusatzstoff, z.B. zur Beschleunigung von Gewebsneubildung bei frisch Operierten, sowie als Futterzusatz in der Schweine- und Geflügelmast eingesetzt.

Die japanische Firma Showa Denko KK (Tokio) hat ein neues Verfahren entwikkelt, bei dem gentechnisch modifizierte Bakterien *(Bacillus amyloliquefaciens)* verwendet werden, die eine weit höhere Effektivität aufweisen als bislang eingesetzte Stämme.

1989 und 1990 sind nun in den USA mehr als 1500 Menschen an einem seltenen Krankheitsbild, dem Eosinophilie-Myalgie-Syndrom (EMS) erkrankt. Mehr als fünfundzwanzig Menschen sind infolge des EMS, das Blutzellen und Muskelgewebe befällt, gestorben. Untersuchungen in Krankenhäusern ergaben, dass eine hohe Korrelation bestand zwischen dem Auftreten des EMS und der vorherigen Verabreichung von L-Tryptophan als Ernährungsergänzung zur Behandlung von Schlaflosigkeit und Depression. Inzwischen sind auch in Deutschland EMS-Fälle dokumentiert.

Zunächst war es ausserordentlich schwierig, überhaupt Informationen von der japanischen Herstellerfirma zu bekommen über das Produktionsverfahren und dessen Modifikationen gegenüber der konventionellen biochemischen Synthese. Es wird darüber gestritten, ob die gentechnische Modifikation der eingesetzten Bakterienstämme etwas mit der toxischen Wirkung des L-Tryptophans zu tun hat. Möglicherweise rührt die krankmachende Wirkung gar nicht von dem L-Tryptophan her, sondern von zwei Verunreinigungen. Von diesen Verunreinigungen wiederum ist nicht klar, woher sie stammen. Tierversuche in den USA und Japan sollen zur Aufklärung beitragen [5].

Zum Beispiel rBST

In Rindern wird ein Hormon synthetisiert, das als Bovines SomaTropin (BST, manchmal auch bovine Growth Hormone, bGH) bezeichnet wird. Dieser Stoff konnte bislang nicht technisch hergestellt werden. Wissenschaftler, u.a. der Firmen Eli Lilly und Monsanto, haben neuerdings ein gentechnisch produziertes BST (rekombinantes, rBST) entwikkelt, mit dessen Verabreichung an Milchkühe deren Milchleistung gesteigert werden kann. Der Vorteil ist eine höhere Milchleistung bei gleicher Fütterung, also eine verbesserte Produktivität des Tieres.

Auf dem Weg zu einer Zulasssung des rBST als Tierarzneimittel begann der bis heute dauernde Streit um Sinn und Unsinn des rBST [6]. Gegenwärtig ist das rBST in einigen Bundesstaaten der USA zugelassen, in anderen nicht. In der EG

soll bis Ende 1991 eine Lösung gefunden werden, die Tschechoslowakei und die UdSSR haben das Mittel zugelassen. Die Vorstände einiger grosser Kaufhäuser in den USA, wie z. B. Safeway, haben entschieden, Milch von rBST-behandelten Kühen nicht in das Sortiment aufzunehmen.

Umstritten sind nicht allein die pharmazeutische Wirksamkeit sowie Art und Ausmass der Nebenwirkungen auf die Reproduktionskraft und die Gesundheit der Kühe und auf Menschen, die Milch von diesen Tieren trinken. Beinahe am heftigsten umstritten sind die möglichen oder absehbaren sozialökonomischen Folgen der Einführung des rBST in die Milchwirtschaft. Wird der Trend zu hochspezialisierten, mit modernsten wissenschaftlichen Methoden organisierten Betrieben beschleunigt zu weiteren Lasten des «rural America» und der bäuerlichen Landwirtschaft? Was macht eine solche Steigerung des Milch-Output für einen Sinn angesichts immer noch bzw. jetzt wieder wachsender Butterberge und über die Ufer tretender Milchseen in der EG?

Zum Beispiel das Human Genome Project

Das gesamte, aus Desoxyribonucleinsäure (DNS, engl. DNA) aufgebaute Ensemble menschlicher Gene, das Genom, besteht aus etwa 100 000 bis 150 000 Genen, die sich wiederum aus 3 bis 5 Mrd. Basenpaaren zusammensetzen. Gene codieren nach dem Dogma der Molekularbiologie für Proteine, also für Eiweissstoffe, die das biochemische System des menschlichen Stoffwechsels ermöglichen. Defekte Gene führen oft zu schweren Krankheiten, von denen etliche in der Generationenfolge übertragen werden. Heute ist es möglich, mit Hilfe der Molekularbiologie, der Gen- und Informationstechnik sowohl eine Aufzeichnung der Abfolge der Basenpaare (Sequentiierung) wie auch eine räumliche Kartierung von Genabschnitten oder Genomen durchzuführen. Bei wirtschaftlich als interessant eingestuften Lebewesen wie dem Hefebakterium, Getreiden wie Weizen, Gerste und Reis oder auch beim Schwein oder Labormäusen laufen bereits internationale Aktivitäten zur vollständigen Sequentiierung bzw. Kartierung der Genome. Auf dem Weg über die Patentierung sollen aus diesen Genomaufschlüsselungen Vorteile im Kampf um die erhofften Zukunftsmärkte erzielt werden.

Bislang wurde von diesem Weg der Verwertung die menschliche DNA ausgeklammert. Seit einigen Jahren gibt es Anstrengungen in den USA, Japan und einigen EG-Ländern, das menschliche Genom festzuhalten [7]: das Human Genome Project (HGP), dessen internationale Organisation den sympathischen Namen HUGO trägt. Nach vorsichtigen Schätzungen aus den USA dürfte das Unternehmen HGP/HUGO etwa 3 Mrd. US $ bei einem geschätzten Zeitaufwand von fünfzehn Jahren kosten, also etwa 200 Millionen US $ pro Jahr. Das ist kein geringer Betrag, in den USA entspräche er etwa 5% des für das nächste Haushaltsjahr vorgesehenen Volumens zur Förderung der Biotechnologie, in Deutschland sogar etwa einem Drittel des Jahresetats der Max-Planck-Gesellschaft oder der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Nun ist HUGO ein internationales Unternehmen, und auch der Streit um HUGO war von Beginn an international. Intern geht es um die Frage, wem die Ergebnisse unter welchen Konditionen zugänglich sein sollen. James Watson, einer der Manager von HUGO, vertritt ein in Aktiengesellschaften gebräuchliches Prinzip: Dividende bekommen die Aktionäre, wer also nicht in HUGO investiert, bekommt auch keine Dividende. Dividende – das ist bei HUGO das Anrecht auf die Mitteilung von Forschungsergebnissen. Doch was sind Ergebnisse im Falle HUGO? Zunächst immense Mengen von Daten über die Abfolge von Basenpaaren. Nach heutigem Stand verstehen wir von solchen Daten erst recht wenig, insbesondere von den weiten Bereichen, die als repetitive Sequenzen bezeichnet werden. Was wären Erkenntnisse, zu denen uns HUGO verhelfen könnte? Was wüssten wir, wenn wir ein menschliches Genom sequentiiert hätten? Wie verschieden davon sind die übrigen menschlichen Genome?

Die Protagonisten von HUGO sagen, es handle sich um echte Grundlagenforschung, die aber hochinteressante medizinische Anwendungskorridore eröffnen dürfte. Demnach soll geübt und geprüft werden, wie sequentiiert und kartiert wird, wie die Daten daraus verglichen und interpretiert werden können, ob medizinisch und/oder wirtschaftlich interessante Gene identifiziert werden können und wieweit das Auftreten von Krankheitsbildern über die heute schon bekannten hinaus mit genetischen Konstellationen in Verbindung gebracht werden kann.

Kritik wird um folgende Fragen herum formuliert: Ist seriös abschätzbar, ob aus dem teuren Vorhaben etwas entsprechend Nützliches im medizinischen Sinne herauskommen dürfte? Wieviele Schritte auf dem Weg zu einem Verlust von personaler Identität und Selbstbestimmung bringt uns HUGO voran [8]? Gibt es nach HUGO eine neue Norm des Normalen, diesmal eine genetische, mit allen möglichen Folgen für die Abweichungen von dieser genetischen Fixierung? Und, besonders in Deutschland: Kommen nicht Erinnerungen auf an den terroristischen Versuch der Nazis, seinerzeit mit ganz plumpen und cruden Methoden Abweichungen von der Norm zu eliminieren? Ist mit HUGO vielleicht der entscheidende Schritt gemacht zur Vorbereitung von Eingriffen in die menschliche Keimbahn, denen heute noch Politik und Wissenschaft öffentlich abschwören?

Wirkungsdimensionen der Biotechnologie

Bevor die Frage erörtert werden soll, was die ausgewählten Beispiele über Gefährdungen, Risiken und Unsicherheiten in der Entwicklung der modernen Biotechnologie aussagen, soll kurz erläutert werden, warum gerade mit diesen Begriffen gearbeitet wird.

Unsicherheiten, Risiken und Gefährdungen sind weder Beschreibungen fixer Zustände noch wertneutral. Nichts ist an sich unsicher, risikoarm oder -reich, gefährdend oder gefährdet. Unsicherheit, Risiko und Gefährdungen sind vielmehr relationale Qualifizierungen. Nach welchen Gesichtspunkten etwas unsicher usf. ist, ist gesellschaftlich durchaus umstritten. Wir erleben das jeden Tag. Das kann in Gesellschaften, die kein verbindliches religiöses oder weltliches Wertesystem haben oder sich nach keinem solchen verhalten, gar nicht anders sein.

Im Kontext der modernen Biotechnologie spielen vor allem folgende Dimensionen eine Rolle: internationale Wettbewerbsfähigkeit, Sicherheit, Moral, Verfassungsrecht, Gesundheit. Diesen Dimensionen können spezielle Aspekte zugeordnet werden, so z.B.:

- internationale Wettbewerbsfähigkeit: allgemeiner Lebensstandard, internationale Handelsbeziehungen, Nord-Süd-Probleme, Ressourcenverschwendung, Hunger . . .
- Sicherheit: ökologische Sicherheit, Agrarumweltprobleme, Seuchen, Arbeitssicherheit, Versorgungssicherheit mit Pharmazeutika, Arbeitsplatzsicherheit . . .
- Moral: Menschenbild, Schöpfung, Naturbeherrschung, Mitmenschlichkeit, Mitweltlichkeit, Freiheit, Verantwortung, Zukunft . . .
- Verfassungsrecht: Menschenwürde, Selbstbestimmungsrecht, Recht auf Unversehrtheit von Leib und Leben,

Forschungsfreiheit, Sozialstaatsgebot, Demokratiegebot . . .

- Gesundheit: Ernährung, Lebens- und Arbeitsbedingungen, Kampf gegen weltweite Seuchen, Krankheitsprävention, Eugenik, Sterben als Teil des Lebens . . .

Es ist leicht zu sehen, dass die aufgeführten Gesichtspunkte und Kriterien gegeneinander nicht widerspruchsfrei sind und zudem gewichtet werden müssen, um am Ende zu einer Beurteilung als Grundlage von Handlungsoptionen gelangen zu können.

Lange Jahre ist im Kontext technischer Systeme eine versicherungsmathematische Risikodefinition angewandt worden, mit der das Risiko als Produkt aus Schadensausmass (gemessen in toten Menschen pro Jahr) und Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmt worden ist (R = S * W). Diese Definition ist schon seit längerem vor allem aus zwei Gründen als ergänzungsbedürftig erkannt worden. Zum einen, weil bestimmte technische Systeme über ein inhärentes Schadenspotential verfügen, das auch durch eine noch so niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit nicht aufgewogen wird, Beispiele dafür sind Staudämme oberhalb dichtbesiedelter Gebiete und nukleartechnische Anlagen. Zum zweiten aber auch, weil die Messzahl der Jahrestoten lediglich eine wichtige Qualität erfasst. Z.B. wird damit nicht erfasst ein Systemeffekt des Automobils, der darin besteht, dass bald noch die letzte freie Fläche in Ballungsgebieten zugestellt wird und dass weite Wohngebiete entwertet werden durch Lärm, Erschütterungen und Luftverschmutzung.

Es gibt internationale Risikodiskussionen, risk assessment und risk evaluation, auch eine Risikokommunikationsforschung. Gleichwertige Aufmerksamkeit von wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Seite widerfährt nicht dem Gebiet der Unsicherheiten. Wohingegen es im Feld der Gefährdungen ein ganzes Bündel von Vorschriften und Institutionen gibt, die dafür sorgen sollen, dass Gefahren gemindert oder ausgeschlossen werden. Die Dimensionen von Prüfung und Zulassung sind die der Wirksamkeit (tut das technische Konstrukt das, was es tun soll?) und der Sicherheit, also des weitgehenden Ausschlusses von direkten Schäden. Die Geschichte des Umgangs mit unmittelbaren Gefahren, die von technischen Innovationen und Konstrukten ausgehen, ist wiederholt beschrieben worden. Die Triebkräfte von Regelungen liegen auf der Hand, es geht um Arbeitsschutz auf der einen Seite, auf der anderen Seite um die Sicherung wirtschaftlicher Güter wie Anlagen und die Vermarktbarkeit von Produkten. Dabei hat sich eine gesellschaftliche Hierarchie herausgebildet, in der die verschiedenen Ebenen der Problementstehung, -erfassung, -erörterung und -regelung in der Weise miteinander verzahnt sind, dass die Regulierung von Technikfolgenproblemen systematisch der Problemgenerierung hinterherläuft. Diesem time lag und dem damit verbundenen Dilemma versucht die Risikodiskussion beizukommen. Die Erfahrung ist allerdings, dass die Risikobewertung – anders als in der oben geschilderten Definition des Risikos – ein Quotient aus dem absehbaren oder erhofften, meist wirtschaftlichen Nutzen in Relation zum möglichen Schaden ist (BewR = N : S * W).

Die Regulierung von Technikfolgenproblemen oder technikinduzierten Problemen setzt deshalb nach wie vor schwerpunktmässig an Gefährdungen an, nicht an Risiken und erst recht nicht an Unsicherheiten.

Kategorie	*L-Tryptophan*	*rBST*	*HGP / HUGO*
Unsicherheit	**	#	**
Risiko	**	#	#
Gefährdung	**	¶	¶
Wirksamkeit	#	#	¶¶
Nebenwirkungen	**/¶¶	¶	0 / ¶
Nutzen	¶	¶¶	¶¶

Legende: ** sehr stark; # vorhanden; 0 neutral; ¶ umstritten; ¶¶ stark umstritten

Tabelle 1. Kriterien zur Einordnung der angeführten Beispiele

Zu vergleichen sind Äpfel und Birnen

Wenn wir nun die ausgewählten Beispiele in der modernen Biotechnologie anschauen, so ist zunächst zu sehen, dass jeweils unterschiedliche Dimensionen von Gefährdung, Risiko und Unsicherheit eine Rolle spielen.

Bei L-Tryptophan gibt es zahlreiche Erkrankungen und mehrere Dutzend Verstorbene. Man müsste also von einer akuten Gefährdung ausgehen, wenn nicht

- die Unsicherheit wäre darüber, ob das L-Tryptophan die EMS und die assoziierten Todesfälle verursacht hat und
- Unsicherheit darüber bestünde, was an dem verwendeten L-Tryptophan die desasterösen gesundheitlichen Konsequenzen ausgelöst hat, welche biochemischen Veränderungen also nicht beseitigt oder erst hineingebracht worden sind und
- unklar wäre, welche Quellen die Verunreinigungen haben: das technische Aufreinigungsprozedere oder Effekte der gentechnischen Modifikation des *Bacillus-amyloliquefaciens*-Stammes.

Es ist danach auch unsicher, ob im Fall des L-Tryptophans überhaupt ein spezifisches Problem der modernen Biotechnologie vorliegt oder eines, das auch bei konventionellen Verfahren im pharmazeutischen Bereich vorkommen kann. Der therapeutische Nutzen des L-Tryptophans ist nicht umstritten. Die Frage ist hier, ob das neuartige, wirtschaftlich ungleich produktivere Herstellungsverfahren das tut, was es soll.

Im Falle des rBST gibt es eine Gefährdung auf der Ebene der Tiergesundheit – allerdings ist diese Aussage bereits umstritten. Risiken gibt es vor allem im Sektor der landwirtschaftlichen Betriebsstruktur, wobei die Risiken in den USA andere sind als in der EG, und in nicht industrialisierten Ländern wären es wiederum andere, da die Preisbildungsmechanismen für Milch und die Marktordnung recht verschieden sind. Unsicherheiten liegen darin, dass mögliche Stoffwechselwirkungen der Milch von rBST-behandelten Kühen auf Konsumenten in ihrer Qualität und in ihrem Ausmass nicht eingeschätzt werden können. Ein Produktivitätsgewinn je Milchkuh infolge der Verabreichung von rBST ist, auch wenn das Ausmass um Grössenordnungen differierend (8–24%) beziffert wird, unbestritten. Um so heftigeren Streit gibt es um den gesellschaftlichen Nutzen einer solchen einzelbetrieblich orientierten Sichtweise angesichts genereller Überproduktion im Milchsektor in den USA und der EG [9]. Ebenso angesichts des heute schon praktizierten Umgangs mit den Hochleistungsmilchkühen, der dazu führt, dass die Tiere im Durchschnitt nach drei Jahren ausgemustert werden. Hinzuzusehen sind die Umweltwirkungen hochgradig spezialisierter landwirtschaftlicher Betriebe.

In dem dritten Beispiel, bei HUGO liegen unmittelbare Gefährdungen wohl nur auf einem Gebiet vor, dem der vergeblichen Verausgabung grosser Summen von Steuergeldern [10]. Probleme mit HUGO liegen im Bereich von Risiken und Unsicherheiten. Unsicher ist, ob

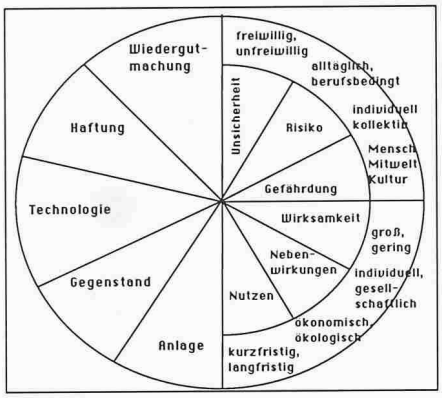

Bild 1. Dimensionen der modernen Biotechnologie, bezogen auf die aufgeführten Beispiele

ein erfolgreiches genome mapping relevante diagnostisch oder therapeutisch nutzbare Erkenntnisse zeitigen wird. Unsicher ist, welchen Gruppen von Menschen solche Erkenntnisse zur Verfügung stehen und zugute kommen werden. Risiken wären Missbräuche der genetischen Daten in allen möglichen beruflichen und privaten Zusammenhängen, Verunsicherungen von Menschen durch Informationen über genetisch analysierte Dispositionen, eine verstärkte gesellschaftliche Orientierung an einer humanen Norm und entsprechend verstärkter Abgrenzung gegenüber Abweichungen von dieser Norm. Und schliesslich liegt ein Risikofeld erfolgreicher Genomkartierung in der möglicherweise subtilen und suggestiven Folgewirkung eines Überganges von der analytischen zur konstruierenden Handlungsebene. Die Geschichte bisheriger wissenschaftlich-technischer Fortschritte weist dafür viele Beispiele auf. Auch wenn eine genetische (Teil-)Neukonstruktion von Menschen aus heutiger Sicht praktisch unausführbar und moralisch unstatthaft erscheinen mag, so ist das Risiko in HUGO angelegt, dahingehend zu wirken, dass eben diese Begrenzungen fallen könnten. Bei Mäusen werden bereits aus chromosomal weiblichen Mäusen transgene Mäuseriche konstruiert und produziert. Diese Mäuseriche sind zwar steril, aber morphologisch sind sie schon Mäuseriche.

Bild 1 stellt die Risikodimensionen der Beispiele dar, Tabelle 1 kategorisiert die Beispiele. Offenkundig ist es nicht sinnvoll, die ganz unterschiedlichen Dimensionen und Reichweiten von Unsicherheit, Risiko und Gefährdung, die bei den gewählten Beispielen auftreten oder auftreten könnten, gegeneinander zu saldieren. Vielleicht lassen sich aber einige gemeinsame «Bruchlinien» benennen, die auf spezifische Probleme der modernen Biotechnologie hinweisen.

Ein Problem ist die Nachweisbarkeit von Ursächlichkeiten. Sowohl bei L-Tryptophan wie bei rBST resultieren daraus viele Unsicherheiten. Das zweite Problem ist der Gegenstand vieler Teile der modernen Biotechnologie, der Mensch. Sei es unmittelbar in Form des genetischen Skeletts wie bei HUGO oder seien es mittelbar Ernährung und Stoffwechsel wie bei rBST und L-Tryptophan. Ein drittes Problem resultiert aus dem spezifischen Charakter bestimmter biotechnischer Innovationen. Im Falle von L-Tryptophan und rBST geht es um Rationalisierungseffekte auf Prozess- bzw. betrieblicher Ebene, die Produkte sind kein Novum. Das wirft die Frage auf, ob die Rationalisierungsgewinne die Unsicherheiten aufwiegen und ob eine Rationalisierung wie bei der Milchproduktion überhaupt angestrebt werden sollte. Bei biotechnischen Innovationen wie denen, die mit HUGO verfolgt werden und die ganz neuartige medizinische Praktiken ermöglichen könnten, ist das unsichere Risiko gegen den unsicheren Nutzen abzuwägen, was ein viertes Problem ausmacht. Die beiden letztgenannten Problembereiche illustrieren, dass die Frage nach dem Nutzen im engeren, funktionellen Sinn ebenso wie im weiteren, gesellschaftlichen von den Entfaltungen der modernen Biotechnologie neu und verstärkt aufgeworfen wird. Bleibt schliesslich ein fünftes Problemfeld zu nennen: der politische Charakter der modernen Biotechnologie. Ohne ursprüngliche und fortwährende politische Entscheidungen, hauptsächlich zur Förderung biomedizinischer Forschung, gäbe es die Biotechnologie in ihren jetzigen Umrissen und mit den ihr immanenten Problemen gar nicht. Man wird in der Wissenschaftsgeschichte ausser im Feld der Waffentechnik und der Nukleartechnik vergeblich nach parallelen Fällen so politischer Wissenschaftssteuerung suchen. Dabei weiss keine der steuernden Instanzen eigentlich, wo die Strasse genau verläuft, auf der man langfahren will, noch, wo das Ziel liegt. Es ist mehr so wie in einem Autoscooter: Die Bewegung ist das Ziel, oder, anders ausgedrückt, das Ziel entsteht erst unterwegs.

Vom Umgang mit einer Lokomotive, die sich selbst die Schienen legt

Was wären angemessene Umgangsformen hochentwickelter Gesellschaften mit den angedeuteten Entwicklungsproblemen? Die moderne Biotechnologie ist keineswegs eine ingeniöse Sache, die sich im freien Elfenbeinturm der Wissenschaft entwickelt hat. Sie trat und tritt zudem in eine industrialisierte und nicht industrialisierte Welt, die voller Probleme steckt. Diese sind guten Teils erst durch Techniken, Technologien und deren Gebrauch entstanden. Die Dialektik von Problemlösung und Problemgenerierung ist eines der Kennzeichen moderner technischer Innovationen. Und beide Hauptelemente dieses wechselseitig verflochtenen Prozesses treffen die moderne Biotechnologie, formen ihre Entwicklungsschritte ebenso wie die Hemmungen und Brüche.

So wenig die Entwicklungsbedingungen losgelöst betrachtet werden können von dem Zustand unserer Welt und dem Problemdruck der heutigen Zeit und bisher angewandter technischer Mittel, so verfehlt wäre es, nach angemessenen gesellschaftlichen Umgangsformen mit der Biotechnologie zu suchen, die nicht die Umgangsformen mit bisher praktizierter Technik reflektieren. Dabei sind die verschiedenen Stadien von Technikgenese, Technikentwicklung, Technikanwendung und Technikverbreitung zu unterscheiden, die jeweils besondere Formen und Dimensionen der Regulierung bzw. Nichtregulierung aufweisen. Regulierungen, die mit Unsicherheiten

Literatur

[1] *Hahlbrock, Klaus:* Kann unsere Erde die Menschen noch ernähren? München – Zürich 1991

[2] *Kollek, Regine et al. (Hrsg.):* Die ungeklärten Gefahrenpotentiale der Gentechnologie, München 1986

[3] *Krimsky, Sheldon:* Genetic Alchemy, Cambridge – London 1982

[4] *Kenney, Martin:* Biotechnology: The University-Industrial Complex, New Haven and London 1986

[5] *Fox, Jeffrey L.:* Tryptophan Production Questions Raised, BIO/TECHNOLOGY 8, 992

[6] *Isermeyer, Folkhard et al.:* BST. Technologie, Zusammenhänge und Folgen, insbesondere ökonomische, agrarstrukturelle, soziale und ökologische Folgen, Bonn 1988

[7] *Collins, J. and A. J. Driesel (Eds.):* Genome Analysis: From Sequence to Function. 1st European Meeting Human Genome Organisation (HUGO), Heidelberg 1991

[8] Bundesminister für Forschung und Technologie (Hg.): Die Erforschung des menschlichen Genoms. Ethische und soziale Aspekte, Frankfurt a. M. – New York 1991

[9] *Gendel, Steven M.* et al. (ed.): Agricultural Bioethics. Implications of Agricultural Biotechnology, Ames/Iowa 1990

[10] U.S. Congress, Office of Technology Assessment: Mapping Our Genes. Genome Projects: How Big, How Fast? Washington D.C. 1988

und Gefährdungen zu tun haben, setzen ganz überwiegend erst im Stadium der Technikanwendung an, wohingegen im Stadium der Technikentwicklung immerhin schon Gefährdungen einbezogen werden.

Diese Konstellation hat damit zu tun, dass in den hochorganisierten industrialisierten Gesellschaften eine grundlegende Arbeitsteilung besteht, in der die privat organisierte Wirtschaft nach ihren eigenen Rationalitätskriterien entwikkelt und produziert. Die gesellschaftlichen Institutionen definieren sogenannte Rahmenbedingungen, gleichsam Korridore, innerhalb derer sich die Privatwirtschaft ungehindert entfalten können soll. Was mit dem Produzierten wird, entscheidet ein von Branche zu Branche sehr unterschiedlich freier oder auch reglementierter Markt. Dieser Markt hat auch seine Rationalitätskriterien. In diesen spielen überwiegend Faktoren eine Rolle, die in Geld ausgedrückt werden können, die Zeitdimension ist extrem kurz. 5 Jahre gelten als lange Frist.

Vor diesem Hintergrund von Handlungs- und Regulierungsebenen ist es nicht überraschend festzustellen, dass bestimmten Dimensionen in Entscheidungszusammenhängen gar kein oder kaum Gewicht zukommt. Dabei handelt es sich beispielsweise um längerfristige und mittelbare Folgen oder nicht direkt in US $, SFr oder DM formulierbare Faktoren. Unerwünschte Konsequenzen dieser Verhältnisse sind uns allen geläufig. Im Feld der modernen Biotechnologie, so sollten die angeführten Beispiele zeigen, gibt es nun eine Fülle von langfristigen, nicht pekuniär bezifferbaren, moralischen, politischen und anderen Fragen. Wie sollten wir damit umgehen?

- Wir sollten als erstes lernen, dass es nicht ausreicht, allein bei der Technikentwicklung und Technikanwendung nach direkten problematischen Implikationen zu schauen. Vielmehr sollten im Prozess der Entstehung neuer Techniken, in der Technikgenese Fragen nach der gesellschaftlichen Bedeutung der Neuerungen gestellt und bearbeitet werden. Das erfordert eine Überwindung der spezialistischen Abkapselung der Wissenschaftsdisziplinen, wie sie heute noch vorherrschend ist, und eine Kooperation der Wissenschaft mit anderen gesellschaftlichen Bereichen. Eine derartige Zusammenarbeit ist im Gebiet der Technologiefolgenabschätzung (TA) durchaus erfolgreich begonnen worden. Das müsste allerdings fortgesetzt und verbessert werden.
- In der Gesellschaft ist vonnöten, dass wir uns von der Illusion verabschieden, nahezu jeder materielle oder auch ideelle Wunsch liesse sich technisch erfüllen. Unsere Vorfahren haben keineswegs auf allen Gebieten schlechter gelebt als wir Industriestaatenbewohner heute, vor allem dann nicht, wenn man einbezieht, welche Welt sie uns Nachkommenden hinterlassen haben. Wir sollten umdenken im Umgang mit Wissen und Praxis früherer Generationen. Es gilt, für verschiedene Bedürfnisse verschüttetes Wissen wieder freizulegen, gegen eine primär ökonomisch motivierte Innovationswut eine Renovation bewährten Wissens zu formulieren. Die Zerstörung des landwirtschaftlichen Sektors in den meisten Industriestaaten ist ein bitteres Lehrstück für die Missachtung des Wissens unserer Voreltern. Vielleicht können wir hier auch zuerst eine Abkehr versuchen.
- Um Alternativen überhaupt politisch praktikabel denken zu können, bedarf es der Entwicklung einer demokratischen Streitkultur, in der über Bedürfnisse, Ziele, Notwendigkeiten und Zwecke gesellschaftlichen Handelns Entscheidungen darüber vorbereitet werden, wie wir leben wollen. Dazu ist erforderlich, dass eine umfassende Öffentlichkeit hergestellt wird, eine systematische Aufarbeitung unterschiedlicher Handlungsabfolgen (Pfade) erfolgt und Raum und Zeit zum Denken und Streiten vorhanden sind.

Das alles mag vielen etwas utopisch erscheinen. Das ist es aber durchaus nicht, denn im Kleinen und punktuell gibt es in vielen Ländern solche Aktivitäten, sie sind bislang bloss die Ausnahme, die die anders lautende Regel bestätigen. Wir können ausserdem der Frage nicht entgehen, wie es zu vereinbaren ist, dass wir wissenschaftlich-technisch-betriebswirtschaftlich ein möglichst hohes Mass an funktionaler Komplexität anstreben und zugleich unsere gesellschaftlich-politischen Institutionen in einem Zustand konservieren, der den Aufgaben des 18. Jahrhunderts kaum angemessen gewesen wäre. Die Unsicherheiten, Risiken und Gefährdungen der modernen Biotechnologie wie des erreichten Gesamtzustandes hochindustrialisierter Gesellschaften nötigen uns, diese unglückliche Disproportion zu verändern.

Adresse des Verfassers: Dr. *Stephan Albrecht*, Universität Hamburg, Arbeitsstelle für Technologiefolgenabschätzung und -bewertung, Edmund-Siemers-Allee 1, D-W 2000 Hamburg 13.

Bücher

Entwicklerleitfaden Elektronik

Von Prof. Dr. *Alan D. Wilcox*, unter Mitarbeit von Prof. *Lawrence P. Huelsman*, Prof. *Stanley V. Marshall*, Prof. *Charles L. Phillips*, Prof. *Muhammad H. Rashid* und Prof. *Martin S. Roden*. Aus dem Englischen übersetzt von Dipl.-Ing. (FH) *Achim Jansen*. Reihe: it/nt Informationstechnik/Nachrichtentechnik. Herausgegeben von Prof. Dipl.-Ing. *Eberhard Herter*, Stuttgart, und Prof. Dr.-Ing. *Wolfgang Lörcher*, Esslingen. Coedition Carl-Hanser-Verlag/Prentice Hall International. 248 Seiten, 40 Bilder, 22 Tabellen. 1991. Kartoniert 44,80 DM. ISBN 3-446-16189-9

Als Entwicklerleitfaden der Elektronik vermittelt das vorliegende Buch Grundlagen und Praxis und integriert Entwicklungsprinzipien und Erfahrungen aus der Praxis. Das Ziel des sehr erfolgreichen und bewährten Werkes ist es, eine einheitliche Vorgehensweise für die Projektentwicklung in der Elektronik zu liefern.

In den ersten vier Kapiteln werden die Entwicklungsprinzipien ausgearbeitet, in den weiteren Kapiteln wird die Anwendung an praktischen Entwicklungsprojekten aus den ersten Hauptgebieten der Elektronikentwicklung aufgeführt. Planung und Terminplanung sind lebenswichtige Aspekte eines Entwicklungsprojektes. Die Fertigstellung des Entwurfes und des Prototyps innerhalb eines vernünftigen Zeitraumes erfordert die Beachtung vieler Details.

Das Buch zeigt, wie man technologische, wissenschaftliche Probleme effizient löst und vermittelt Richtlinien und Methoden zur Problemlösung, zur Projektplanung und zur Projektdurchführung. Es berührt viele Entwicklungsbereiche der Elektronik wie digitale, analoge, elektromagnetische sowie Steuerungs-, Kommunikations- und Leistungselektronik.

Erdbau-Wörterbuch Englisch-Deutsch

Zusammengestellt von *Peter Hogrefe*. 368 S., Format 10,5×14,8 cm, Plastikeinband, Preis: DM 36,–. Kirschbaum Verlag, Bonn 1990. ISBN 3 7812 1266 1

Englischer bzw. amerikanischer Sprachgebrauch spielt in den Bereichen Erdbau und Baumaschinentechnik seit langem eine bedeutende Rolle. Grundlage des englisch/deutschen Wörterbuches ist die Terminologie des weltweit grössten Baumaschinenherstellers, der Caterpillar Inc.

Das Werk berücksichtigt die komplexe Konstruktion moderner Baumaschinen, ihre Ausstattung mit aufwendigen mechanischen, hydraulischen, elektrischen und elektronischen Systemen. Die über 9000 Stichwörter beziehen auch das Umfeld – Vertrieb, Service, Einsatz – mit ein. Durch sein handliches Format und seine stabile Ausführung eignet sich das Wörterbuch ebensogut für den Schreibtisch wie für die Baustelle.