

Manuskript, erschienen in: Soziale Welt, Jg.45/4, 1994, S.430-454 (Copyright beim Verlag)

Die Vorverlegung der Folgenerkenntnis Science Assessment als Selbstreflexion der Wissenschaft

Von Bernhard Gill (1994)

Wissenschaftsfolgen schlagen auf die Wissenschaft zurück, was diese dazu anhalten *könnte*, systematisch über die Bedingtheit dieser Folgen nachzudenken, mithin Selbstreflexion zu betreiben. Der Konjunktiv ist wichtig: Ulrich Beck hat in jüngerer Zeit seine ehemals als beinahe selbstläufig konzipierte Theorie reflexiver Modernisierung dahingehend modifiziert, zwischen dem empirisch-analytisch konstatierten Reflex von Modernisierungsfolgen auf Modernisierungsgrundlagen, und der voraussetzungsvollen und keinesfalls selbstverständlichen Reaktion der Reflexion dieser Modernisierungsfolgen zu unterscheiden (Beck 1993, S.14 ff.). Dementsprechend ist zunächst zu verdeutlichen, inwiefern gerade die Naturwissenschaft zum Opfer ihres eigenen Erfolgs wird (Teil I). Als Ausweg werden mögliche Ansatzpunkte eines Science Assessment skizziert (Teil II), dessen Konsequenzen und Realisierungschancen - dem eigenen Anspruch nach - wiederum selbstreflexiv abzuwägen sind (Teil III).

Teil I: Industrialisierungsfolgen als Reflex gegen Wissenschaft

(Natur)Wissenschaft und Technologie werden heute meist in einem Atemzug genannt, wenn von der Revolutionierung industrieller Produktion und gesellschaftlicher Lebensweise gesprochen wird. Die alltägliche Redeweise reflektiert darin die Verwissenschaftlichung der Technologie und umgekehrt die Technologisierung der Wissenschaft (Böhme u.a. 1978a). Auch in der neueren Wissenschafts- und Technikforschung wird die enge Vernetzung der Wissenschaft mit ihren Förderkontexten und Verwendungszusammenhängen betont (z.B. Krohn/Küppers 1989). Mithin wird nicht wie in der traditionellen Wissenschaftssoziologie (z.B. Merton 1985) die Differenz, sondern die Kopplung von sozialen Organisationen und Handlungslogiken betont. Diese Kopplung soll, folgt man den in der weltweiten Innovationskonkurrenz antizyklisch aufflammenden Argumenten zum jeweiligen 'Industriestandort', auch politisch absichtsvoll weiter verstärkt werden.

Dieser Prozeß trifft aber in entwickelten Industriegesellschaften nicht mehr auf den Fortschrittskonsens "einfacher Modernisierung" (Beck). Durch die mit der zunehmend globalisierten Arbeitsteilung einhergehende Zergliederung der Produktions-, Distributions- und Konsumptionsverhältnisse lösen sich auch die 'Schicksalgemeinschaften' (der Industrieregion, der Nation) auf, in denen ehemals das stets spannungsvolle Verhältnis von Risiko (der Entscheidung) und Gefahr (der Betroffenheit)¹ sozial überbrückt wurde und 'rauchende Schloten', wenn nicht schlechthin als Zeichen des Fortschritts, so doch als quasi naturnotwendige Begleiterscheinung galten. Mit der Verwissenschaftlichung weiterer gesellschaftlicher Bereiche steigen aber auch die Erfolgs- und Sicherheitserwartungen und mithin die Enttäuschungen, die nicht nur dem Anwendungskontext, sondern ebenfalls in einem Atemzug *auch* der Wissenschaft angetragen bzw. angelastet werden.

Dieser Reflex gegen Wissenschaft, soll, Niklas Luhmann zufolge, durch eine Rücknahme der wissenschaftlichen Erfolgs- und Sicherheitsversprechen wie auch der diesbezüglichen Erwartungen abgewehrt werden. Die Gesellschaft müßte sich daran gewöhnen, mit Unsicherheit zu leben (Luh-

¹ vgl. Luhmann 1991

mann 1991, S.232 f.). Sein Apell verkennt aber sowohl die empirischen wie die normativen Randbedingungen gegenwärtiger Wissenschaftsentwicklung:

- * Experimentelle Wissenschaft erfordert immer größere finanzielle Ressourcen, in den entwickelten Industrieländern mittlerweile 2 - 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts, die von der öffentlichen Hand oder der Wirtschaft aufgebracht werden müssen. Insofern sind Wissenschaftler in der Konkurrenz um Fördermittel immer wieder genötigt, schnellen außerwissenschaftlichen Nutzen zu reklamieren und uneinlösbaren Erwartungen Vorschub zu leisten, auch wenn einigen die daraus resultierenden Gefahren des langfristigen Glaubwürdigkeitsverlusts durchaus bewußt sind.
- * Nicht zuletzt um die materiellen Reproduktionsbedingungen ihrer Forschung zu verbessern, neigen viele Wissenschaftler dazu, ihre Projekte aktiv in Verwendungszusammenhänge zu überführen und sich selbst - zusammen mit Industrievertretern, Politikern und Verwaltungsbeamten - in 'Hybridgemeinschaften' zu integrieren, die die resultierenden Techniklinien befördern. Dabei ist zu beobachten, daß die Zeitabstände zwischen wissenschaftlicher Erfindung und industrieller Anwendung historisch gesehen immer kürzer werden (Pfetsch 1974) und Grundlagenforschung und Anwendung in vielen Wissenschaftsbereichen immer stärker verschmelzen (z.B. Hack/ Hack 1985). Zur Aufrechterhaltung der Handlungs- und Investitionsbereitschaft müssen aber die einmal gegebenen Erfolgs- und Sicherheitsversprechen extern und intern stets erneuert werden. Hieraus resultiert gerade bei riskanten Entscheidungen eine häufig zu beobachtende Selbstdogmatisierungstendenz und die Politisierung der zunächst als Erfinder und später als Gutachter tätigen 'Experten' (Schimank 1990, Japp 1992).
- * Die zeitliche und räumliche Potenzierung von Folgewirkungen ist nicht nur ein quantitativer Effekt großindustrieller Produktion und Distribution. Sie ist z.T auch als qualitativer Effekt der Wissenschaft selbst zuzurechnen, die wirkungsvollere Eingriffsmöglichkeiten, wie etwa die Kernspaltung, zugänglich macht.
- * Experimentelle Wissenschaft dringt in Bereiche vor, in der sie bestimmte Hypothesen nicht mehr im Containment des Labors, sondern unter Realbedingungen erprobt. Z.B. wurde das theoretisch hergeleitete Postulat des Van-Allen-Gürtels, eines Magnetschirms um die Erde, 1958 auf dem Höhepunkt des Kalten Krieges durch eine zunächst geheimgehaltene überirdische Atombombenexplosion getestet (Sullivan 1962). Ein aktuelles Beispiel sind die derzeit weltweit im großen Maßstab stattfindenden Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Organismen. Soweit die Gesellschaft dann selbst "zum Labor" wird, kann Forschung nicht mehr als folgenentlastetes Probehandeln betrachtet werden (Krohn/ Weyer 1990). Die Wissenschaftsfreiheit wird normativ durch höherwertige Schutzgüter und entsprechende gesetzliche Restriktionen relativiert.

Nachdem aber der Wahrheitsanspruch der Wissenschaft - und damit der Glaube an die endogene Determiniertheit ihrer Entwicklung - auch wissenschaftstheoretisch vielseitig relativiert wurde, muß sich Wissenschaft gerade über ihre außerwissenschaftlichen Bezüge legitimieren (Lau 1994). Insofern wird man sich nicht nonchalant auf eine ihr wesensmäßig inhärente Unsicherheit zurückziehen können, sondern den Umgang mit der je verbleibenden Ungewißheit rationalisieren müssen.

Teil II: Reflexivität der Wissenschaft als mögliche Reaktion

Angesichts der Unübersichtlichkeit und zunehmend ambivalenten Bewertung von Technikfolgen wurde seit Mitte der 60er Jahre das Instrument des Technology Assessment (TA) eingeführt. TA-Studien setzen in aller Regel an fest etablierten oder kurz vor der Einführung stehenden Techniklinien an, bei denen sich unerwünschte Folgewirkungen oder soziale Widerstände bereits klar abzeichnen. Da zu diesem Zeitpunkt Schäden oft schon eingetreten, Investitionen getätigt, Akteurskoalitionen und Interessenkonstellationen bereits festgelegt sind, kommt TA häufig 'zu spät'. Im Sinne einer "Vorverlegung der Folgenerkenntnis" (Mieth 1991) liegt es also nahe, über TA hinaus die Konstitutionsbedingungen wissenschaftlicher Erkenntnis in die Folgenreflektion einzubeziehen - ein Vorgehen, das demnach als Science Assessment zu bezeichnen wäre. Dabei handelt es sich nicht um eine neue Erfindung, denn als wissenschaftsinterne und öffentliche Kontroverse, etwa zu den potentiellen Gefahren der Gentechnologie, findet Science Assessment in der Praxis gelegentlich schon statt und ist punktuell in Gesetzen, Richtlinien, Ethik-Kommissionen und Sicherheitsausschüssen institutionalisiert worden. Die EU-Kommission hat 1990 einen Richtlinien-Entwurf zur "strategischen Umweltfolgenabschätzung" vorgelegt, der u.a. staatlich geförderte Forschungs- und Entwicklungsprogramme einbeziehen soll. Woran es indes mangelt, ist eine systematische Aufarbeitung bisheriger Erfahrungen und die Ausarbeitung eines umfassenden und übertragbaren Konzepts.

A) Erkennen und Anerkennen: zwei Fallbeispiele

Wie Technology Assessment (Bechmann/ Gloede 1991) unterliegt auch das Science Assessment einer doppelten Fragestellung: (1) Wie können wir wissen? (2) Wollen wir wissen? Wenn wir denn wüßten, würden wir daraus auch Konsequenzen ziehen?

In der Praxis überlagern sich die erkenntnistheoretischen und wissenschaftssoziologischen Aspekte häufig, das Wissen-Können und das Wissen-Wollen bedingen sich oft gegenseitig. Um den doppelten Problemhorizont des Science Assessment möglichst plastisch herauszuarbeiten, seien im folgenden zwei Fallbeispiele geschildert, in denen sich beide Aspekte der Risikogenese deutlich unterscheiden lassen: die Geschichte der FCKW und die Geschichte der Dioxine.

FCKW wurden erstmals 1931 von *General Motors* hergestellt. Sie galten anfangs als besonders verträgliche chemische Verbindung, weil sie unbrennbar, ungiftig und geruchlos sind. Man ging davon aus, daß sie 'inert' seien, d.h. mit keinem anderen chemischen Stoff in der Atmosphäre reagierten. Dementsprechend wurden sie zunehmend in verschiedenen industriellen Bereichen eingesetzt, als Treibgas in Spraydosen, in Feuerlöschern, als Blähgas bei der Kunststoffverschäumung, als Lösemittel etc. In Kühlaggregaten ersetzten sie das vormals verwandte Ammoniak, das bei Leckagen Atemschocks bei umstehenden Personen hervorrufen konnte. Die Verwendung erfolgte also vielfach gerade unter Sicherheitsaspekten. Außerdem lassen sich über die Synthese von FCKW die anderweitig in der chemischen Produktion anfallenden Giftstoffe Chlor und Fluorwasserstoff kostengünstig 'entsorgen'.

Zu Beginn der 70er Jahre wurde die Bedeutung der Ozonschicht für das Leben auf der Erde erstmals in einer breiteren (Fach)Öffentlichkeit thematisiert, und zwar im Zusammenhang mit der US-amerikanischen Diskussion über den Bau von zivilen Überschallflugzeugen. Man befürchtete damals, daß deren Treibstrahl einen negativen Einfluß auf die Ozonschicht haben könnte. Der Brite James Lovelock entwickelte zu dieser Zeit ein Instrument, mit dem man FCKW in geringen Spuren messen konnte, nicht etwa, weil er diese für gefährlich hielt, sondern weil er sie als Markersubstanz (tracer) für die Erforschung von Luftbewegungen in der Erdatmosphäre nutzbar machen wollte.

Seine Messungen über die Verteilung von FCKW in der unteren Erdatmosphäre publizierte er 1973 in *Nature*. In diesem Zusammenhang stellten sich aber andere Arbeitsgruppen die Frage, wo die FCKW - man produzierte mittlerweile jährlich weltweit über 600.000 metrische Tonnen davon - letztlich bleiben würden. Sherry F. Rowland und Mario Molina entwickelten 1974 die These, daß sie allmählich in die Stratosphäre aufsteigen würden, dort von kurzwelligen UV-Strahlen zerlegt würden, die freiwerdenden Chlor- oder Brom-Atome als Katalysatoren wirksam würden, und daher bereits ganz geringe Mengen FCKW ausreichten, um große Mengen Ozon (O₃) in gewöhnlichen Sauerstoff (O₂) umzuwandeln.

Weil damals eine große Sensibilität für Umweltthemen im allgemeinen und für das Ozonthema im besonderen in der amerikanischen Öffentlichkeit und Fachöffentlichkeit gegeben war, stieß die These von Rowland und Molina auf unmittelbare Resonanz. Viele Meteorologen und Chemiker kannten sich schon aus den Kongreß-Hearings zum Überschalltransport. Als Mitglieder aus akademisch ziemlich weit voneinander entfernten Disziplinen diskutierten sie nun gemeinsam die FCKW/Ozon-Theorie und drangen auf genauere Untersuchungen. Auch die allgemeine Öffentlichkeit reagierte sofort: 1975 setzten in den USA und Europa erste Verbraucherboykotte gegen FCKW-gefüllte Spraydosen ein. Die FCKW-Hersteller setzten indes in der Fachöffentlichkeit wie in der allgemeinen Öffentlichkeit zur Verteidigung ihrer Produkte und zur Entkräftung der FCKW/Ozon-These an.

Von da an mischten sich die Aspekte 'Erkennen' und 'Anerkennen': Was wird als 'endgültiger' Nachweis anerkannt oder ab welcher Verdichtung von Gefährdungshinweisen sind prophylaktische Maßnahmen angezeigt und allgemein durchsetzbar? Ein weithin anerkannter meßtechnischer Nachweis des Ozonabbaus - die Konzentration von Ozon unterliegt auch natürlichen Schwankungen - wurde erstmals 1983 erbracht. Erst als *DuPont*, bis dato Hauptproduzent der FCKW, unter dem Eindruck der neuen Meßergebnisse die Entwicklung von Ersatzstoffe wieder aufnahm - sie war nach zwischenzeitlichen Entwarnungen vorübergehend eingestellt worden -, forcierte die US-Regierung ein internationales Umweltregime zum Umstieg auf diese Ersatzstoffe. Seither ist die FCKW/Ozon-These im Prinzip allgemein anerkannt, es gibt allerdings noch Differenzen über die quantitative Entwicklung (Schnabel 1993). Potentielle Entlastungseffekte durch die Ersatzstoffe, deren Umweltwirkung ebenfalls wiederum umstritten ist, werden sich erst in Jahrzehnten bemerkbar machen: Weil die FCKW besonders reaktionsträge sind - ironischerweise vormals ein Zeichen ihrer Umweltverträglichkeit -, wurde ihre zerstörende Wirkung nicht sofort erkannt und wird sich auch noch lange Zeit fortsetzen.

Das Problem der 'Anerkennung' der FCKW/Ozon-These seit 1974 ist in der Literatur ausführlich diskutiert (Haas 1992, Oberthür 1992, Dotto/ Schiff 1978, Roan 1989). Meßlatte für unsere Fragestellung nach den Chancen eines Science Assessment müßte aber sein: Hätte man das Problem nicht früher erkennen können, vielleicht sogar schon vor dem Produktionsbeginn in den 30er Jahren? Der Gefährdungszusammenhang ist zugebenermaßen nicht gerade naheliegend: Die FCKW/Ozon-These überspannt eine ganze Kette von relativ unabhängigen Einzelaussagen aus verschiedenen Wissensgebieten - von dem Transport dieser Stoffe in die Stratosphäre, ihrer Zersetzung durch UV-Licht, der Existenz und Funktion der Ozonschicht, dem Ablauf der chemischen Reaktionsketten des Ozonabbaus bis hin zu den ökologischen Wirkungen einer verstärkten UV-Strahlung. Daher gilt der FCKW-Fall allgemein als Beispiel einer überraschenden und kaum vorhersehbaren Gefährdung.

Erste Ergebnisse einer von uns angestregten Recherche verweisen jedoch darauf, daß einzelne Gesichtspunkte schon relativ früh bekannt waren (Böschen 1993). Von Thomas Midgley war zwar 1930 gezeigt worden, daß FCKW-Verbindungen chemisch äußerst stabil sind, woraus auf ihre allgemeine Unschädlichkeit geschlossen wurde. Jedenfalls konnten die Mängel bis dato üblicher Kühlmittel, wie Toxizität und leichte Entzündlichkeit, durch den Einsatz der FCKW überwunden

werden. Aber schon 1932 stellte sich in Nannie Thorntons Experimenten heraus, daß dieselben FCKW-Verbindungen physikalisch sehr wohl zu zerlegen sind und durch elektrische Entladung bezeichnenderweise an der Bindungsstelle zum Chlor aufgebrochen werden (Chlor katalysiert, wie man später erfuhr, den Ozonabbau). In seit den 1920er Jahren eingeführten UV-Spektraluntersuchungen hätte man auch die Dissoziation von FCKW durch ultraviolette Strahlung nachweisen können. Angesichts ihrer seit 1930 schnell wachsenden wissenschaftlichen und kommerziellen Bedeutung erscheint es ungewöhnlich, daß die UV-Spektren von FCKW tatsächlich erst in den 50er Jahren aufgenommen und erst 1973 ausführlich kommentiert wurden. Die Existenz der Ozonschicht und ihre Rolle bei der Absorption der UV-Strahlen des Sonnenlichts waren bis 1930 weitgehend bekannt. Die Einflüsse des UV-Lichts auf die menschliche Haut wurde in den 1920er Jahren mittels Quecksilberdampflampen ('Höhnsonnen') gezeigt. Dabei wurde vereinzelt auch schon über den Zusammenhang von UV-Licht und Hautkrebs diskutiert.

Vom Stand der Einzelwissenschaften her waren in der Frühzeit der FCKW's lediglich die quantitative Bestimmung der stratosphärischen UV-Strahlung (erstmal 1957) und der Nachweis von Spurenkonzentrationen der freigesetzten FCKW's (erstmal 1973) noch nicht erfolgt. Aber selbst wenn alle Einzelsätze der Hypothese wissenschaftlich-technisch schon verfügbar - oder bei entsprechendem Interesse verfügbar zu machen - gewesen wären, so hätte es - wie die Geschichte in den frühen 70er Jahren zeigt - immer noch dreier sozialer Komponenten bedurft, um sie auf die politische Agenda und damit stärker in den Bereich der 'Anerkennung' zu rücken:

- * Der Sensibilisierung innerhalb der Wissenschaft, um eine solch 'abwegige' Frage überhaupt zu stellen und zu diskutieren.
- * Der interdisziplinären Verknüpfung von verschiedenen Spezialdisziplinen, deren Ausdifferenzierung entlang anderer Erkenntnisinteressen erfolgt ist.
- * Der Resonanz in der politischen Öffentlichkeit.

Trotz aller heute verfügbaren meßtechnischen Möglichkeiten wäre es denkbar, daß wir gegenwärtig weder eine Zunahme von durch UV-Strahlung ausgelösten Schäden registrierten - "in Chile gibt es blinde Schafe, aber die gab es dort vor zwanzig Jahren auch schon"² -, noch ihre Ursachen kennen würden - wenn nicht zufällig diese Faktoren eines nachträglichen informellen Assessment in den 70er Jahren zusammengewirkt hätten. Insofern ist das FCKW-Beispiel auch instruktiv, welche sozialen Komponenten neben den wissenschaftlich-technischen Erfordernissen für ein Science Assessment hilfreich wären.

Dioxine treten als Verunreinigungen in vielen Produkten der ca. seit 1890 im größeren Maßstab sich entwickelnden Chlorchemie auf. Ihre Giftigkeit war von Anfang an bekannt. Die bei stärkeren Expositionen von Chemikararbeitern akut sich bildenden Hautveränderungen wurde schon 1899 in der *Münchener Medicinischen Wochenschrift* als "Chlorakne" beschrieben. Im Lehrbuch der "Arbeits- und Gewerbehygiene" von K.B. Lehmann aus dem Jahr 1919 wird auch von Erbrechen, Durchfall und Magenbeschwerden berichtet. Auch auf viele der chronischen Folgen - wie Leberveränderungen, neurologische und psychische Störungen - wurde bereits früh hingewiesen. Die Weltöffentlichkeit wurde bezeichnenderweise Mitte der 70er Jahre durch den Unfall in Seveso wachgerüttelt; zuvor war es weltweit - nach Schätzungen von Wassermann (1992, S.31) - zu ca. 30 z.T. sehr viel schwerwiegenderen Explosionsunfällen in der Chlorphenol-Produktion gekommen.

Der Holzchemiker Wilhelm Sandermann, der die genauere Ursachen von rätselhaften Erkrankungen nach einer Explosion untersuchte, die sich 1953 in der Holzschutzmittelproduktion von BASF ereignete, beschrieb erstmals das besonders giftige 2,3,7,8-TCDD, das später als 'Sevesogift'

² Rumen Bojkov, zit. in Schnabel 1993, S.38

bekannt wurde. Eine ausführliche Veröffentlichung wurde ihm von der vorgesetzten Dienststelle, dem Bundesministerium für Ernährung, mit der Begründung untersagt, daß das billig herzustellende TCDD von militärischer Seite als Kampfstoff verwendet werden könnte (Sandermann 1984). Hinweise auf die entdeckte Verunreinigung von PCP-Holzschutzmittel mit Dioxinen wurden aber von Kollegen 1958 im *Chemischen Zentralblatt* und in den *Chemical Abstracts* veröffentlicht. PCP wurden 1989 in der Bundesrepublik endgültig verboten. Der Prozeß um die Entschädigung der Betroffenen dauert an.

Die Geschichte des Dioxins handelt in sehr extremer Form vom Problem des 'Anerkennens'. Fundierte Dokumentationen, z.T. belegt durch firmeninternen Unterlagen, weisen auf Ignoranz, Informationsunterdrückung und Absprachen zwischen Firmen, Behörden und 'unabhängigen' wissenschaftlichen Gutachtern hin (Karmus 1989, Wassermann 1992). Eine arbeitsmedizinische Gutachterin hat in den USA die vorsätzliche Fälschung von Daten vor Gericht zugegeben (Hay/ Silbergeld 1985). Die Grenzwerte für Dioxin-Belastungen unterscheiden sich international und national von einer Regulierungsbehörde zur anderen teilweise ganz erheblich, obwohl der Stand des Wissens bzw. Nichtwissens - was die genauen Dosis-Wirkung-Beziehungen anbetrifft - gleich ist (Harrison 1991). Der Aspekt des 'Erkennens' ist aber auch hier von Bedeutung, weil mit zunehmenden Wissen der Spielraum für Interpretationen kleiner wird und voneinander abweichende Festsetzungen dann explizit mit politisch zu verhandelnden Güterabwägungen begründet werden müssen. 'Erkennen' spielt aber auch insofern eine Rolle, als erst eine geringe Zahl der von Wassermann (1992, S.33) auf eine Zahl von 50.000 geschätzten möglichen Dioxinverbindungen überhaupt nachgewiesen werden können.

B) Mögliche Ansatzpunkte eines Science Assessment

1. Historische Perspektive

Die oben skizzierten Fallbeispiele geben schon erste Hinweise, was bei einer Vorverlegung der Folgenerkenntnis zu beachten wäre. Sie wurden unter einem Blickwinkel rekonstruiert, den man als *Risikogeneseforschung* bezeichnen könnte. Anders als bei der Technikgeneseforschung wird nicht nach der Entstehung und Durchsetzung einer Nutzungsidee, sondern nach der Entwicklung der wissenschaftlichen Wahrnehmung nicht-intendierter und unerwünschter Folgen gefragt. Anhand weiterer Fallbeispiele heutiger Risiken wäre nach den Bedingungen zu fragen, unter denen Folgenerkenntnis früher oder später zustande kommt, welche Art von Fragen man zu einem früheren Zeitpunkt hätte stellen müssen und welche Art von Fragen man hätte stellen können.

"Im Nachhinein ist man immer klüger", spottet allerdings schon der Volksmund, und so muß die Perspektive der Risikogeneseforschung eine doppelte sein, ex post und ex post pro ante: Zum einen rückwärtig auf den Entstehungs- und Begründungszusammenhang der *heute gültigen* Gefährdungshypothese, zum anderen aus dem Blickwinkel der zeitgenössischen Wissenschaftler auf die möglichen Negativfolgen ihrer Nutzungsidee³. Denn letztere Perspektive ist 'realistischer', in ihr befinden wir uns, wenn wir im Sinne eines Science Assessment versuchen, in die Zukunft zu schauen. Insofern wären in einer instruktiven Fallstudie - gewissermaßen als Kontrollgruppe - auch Beispiele von Gefährdungshypothesen einzubeziehen, die sich als unzutreffend herausgestellt haben⁴.

³ Vergleichbare ex post-Projektionen wurden auch seinerzeit unternommen, um die Realisierbarkeit von TA zu untersuchen (Jochem u.a. 1976).

⁴ Ich erinnere mich noch, daß man nach der ersten bemannten Mondlandung die Astronauten nach ihrer Rückkehr erst einmal unter Quarantäne gestellt hat, weil man fürchtete, daß sie unbekannte Krankheitserreger aus dem All einschleppen könnten.

Eine weitere Kontrollgruppe ist wahrscheinlich aber noch instruktiver: Die Gruppe der Gefährdungshypothesen nämlich, die 'erfolgreich' waren, erfolgreich in dem Sinne, daß entsprechende Gefährdungen von vornherein vermieden wurden und deshalb unspektakulär geblieben sind. Natürlich stellt sich hier sofort die Frage: Wie kann man dann davon erfahren? Im Sinne eines fiktiven 'Physikers' - im Sinne des gleichnamigen Dramas von Friedrich Dürrenmatt -, der eine potentiell gefährliche Idee seiner Umwelt erfolgreich verschwiegen hätte, bliebe man hier auf reine Vermutungen angewiesen. Was man allerdings untersuchen kann, ist die Entwicklung der Sicherheitskonzepte der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen - der Bakteriologie, der Virologie, der Chemie etc., die entsprechende Gefährdungen, die zu ihrer Formulierung Anlaß gaben, möglicherweise minimiert oder ausgeschlossen haben⁵.

Hier bietet sich die Möglichkeit, im transdisziplinären Vergleich Strategien eines Science Assessment auszumachen, die aufgrund ihrer Selbstverständlichkeit noch gar nicht als solche erkannt wurden, aber u.U. von einer Disziplin auf die andere übertragbar wären. Andererseits kann die Kenntnis der Genese der Sicherheitskonzepte auch Hinweise geben, welche Risiken entstehen, wenn Forschungsgegenstände oder -instrumente von einer Disziplin zur anderen überwechseln oder im Sinne funktioneller Interdisziplinarität bearbeitet werden, ohne daß auch die entsprechenden Sicherheitskonzepte weitergegeben würden⁶ - sämtliche Unfälle, die sich als Negativ-Erfahrung in diesen Sicherheitskonzepten niedergeschlagen haben, könnten sich dann u.U. wiederholen.

Eine weitere, daran anschließender Komplex wäre ebenfalls vor allem in historischer Perspektive zu bearbeiten. Wenn es richtig ist, daß die Zeitabstände zwischen wissenschaftlicher Erfindung und industrieller Anwendung historisch besehen immer kürzer werden und grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung tendenziell verschmelzen, dann stellt sich die Frage, in welcher Form implizite Sicherheitsreserven des Forschungs- und Entwicklungs-Systems (FuE-System) und seine traditionell etablierten Sicherungsmechanismen davon tangiert werden. So wäre zu klären, ob die implizite Sicherheitsreserve, als die man die Zeit ansehen kann, die früher zwischen einer Erfindung und ihrer breiteren Nutzung verstrich, heute durch explizite Maßnahmen, etwa feinere Meß- und Prognosemethoden kompensiert werden. Zu untersuchen wäre auch, in welcher Form sich die Beziehungen zwischen den traditionell unterschiedlichen Sicherheitsphilosophien⁷ von

⁵ Soweit wir die wissenschaftshistorische Literatur überblicken, ist diese Frage bisher nicht systematisch bearbeitet worden.

⁶ Entsprechende Vorwürfe wurden vor allem zu Beginn der Genforschung von Seiten der Virologen gegenüber Chemikern, Biologen und Physikern erhoben, die in dieses Forschungsgebiet vordrangen, ohne über eine entsprechende Ausbildung oder Erfahrung im Umgang mit pathogenen Materialien zu verfügen.

⁷ Wissenschaftler sind in ihrem Drang, neues zu entdecken, qua Profession eher risikofreudig. Ingenieure dagegen haben die Aufgabe, Prozesse und Produkte für den Eigentümer, die Operateure und das Publikum verläßlich zu handhaben; sie sind daher eher risikoscheu. Vielfach ist es aber auch eine Frage, welchem historischen Kontext die jeweiligen Sicherheitskonzepte entstammen. Ein Beispiel dafür ist die Pflanzengenetik, wenn wissenschaftlich orientierte Gentechniker mit eher handwerklich orientierten Pflanzenzüchtern kooperieren. Bei der Erörterungsveranstaltung über die Freisetzung von Kartoffeln kam es daher zu der interessanten Situation, daß die Genetik dieser Pflanzen bis in die Sequenzdaten hinein präzisiert wurde, die Anbaubedingungen aber in den eher lebensweltlichen Begriffen züchterischer Praxis beschrieben wurde. Unter Berufung auf das Gentechnikgesetz wurde von den Kritikern dagegen eingewandt, daß die Darlegung der Anbaubedingungen nicht hinreichend präzise und nachprüfbar sei, und daher nicht dem gesetzlich vorgeschriebenen 'Stand der Wissenschaft' genüge. In diesem Fall unterliegt also die wissenschaftlich-methodische Seite des Trajekts einer strengeren Sicherheitsphilosophie als die anwendungspraktische Seite.

Wissenschaftlern und Ingenieuren im jetzt notwendigerweise engeren Zusammenspiel verändern - ob sie sich besser ergänzen oder gegenseitig blockieren. In organisationstheoretischer Perspektive könnte man die Dynamik des Forschungs- und Entwicklungs-Systems schließlich im Hinblick auf die Zunahme von Komplexität und Kopplung (Perrow 1989) beschreiben, wobei zu fragen wäre, ob sich das instrumentelle und das reflexive Wissen dabei die Waage halten, ob also die Folgenerkenntnis ebenfalls komplexer und in angemessener Weise *rückgekoppelt* wird.

2. Systematische Perspektive

Die Vergangenheit läßt sich nicht rückgängig machen, vielleicht kann man aber aus ihr lernen. In gegenwärtiger Perspektive käme es also darauf an, die vorliegenden Erfahrungen systematisch auszuwerten und entsprechende Konzepte in Pilotprojekten zu erproben. Dabei wären zwei Perspektiven zu unterscheiden:

1. der Blickwinkel von innen, d.h. aus der Entfaltungsperspektive der jeweiligen Forschungsrichtung und ihres Gegenstandes,
2. der Blickwinkel von außen, als disziplinäre oder interdisziplinäre Zusammensicht der häufig verstreuten bzw. die Fachgrenzen überschreitenden Wirkungen und Synergismen.

Aus der Innenperspektive des Forschungsprojekts, des Forschungsprogramms oder der Forschungsrichtung richtet sich der Blick zunächst auf den jeweils bearbeiteten Gegenstand, seine Eigenschaften im Herkunftsbereich, sein Verhalten unter experimentellen Bedingungen im Labor und in den denkbaren Anwendungsfeldern. Hier wären die im Zuge 'normaler', auf instrumentell nutzbare 'wenn/ dann'-Verknüpfungen orientierten Forschung ausgeblendeten Randbedingungen des Herkunfts-, Labor- und Anwendungskontexts in unten näher skizzierter Form ins Auge zu fassen, um Hinweise auf unbeabsichtigte und u.U. unerwünschte Folgen zu gewinnen.

Forschung beginnt niemals bei Null. Ihre Fragestellungen ergeben sich entweder aus unerklärlichen Phänomenen oder neuen Instrumenten, die im Zuge disziplinärer Forschung aufgetaucht sind, oder aus praktischen Bedürfnissen im Zusammenhang von industriellen bzw. sozialen Prozessen. Hinweise auf mögliche Gefährdungen lassen sich daher häufig aus bisherigen Erfahrungen mit der experimentellen Bearbeitung oder dem natürlichen, technischen oder sozialen Herkunftskontext vorangegangener, mehr oder weniger analoger Fragestellungen ableiten. Ähnlich wie 'normale' Forschungshypothesen wären auch Gefährdungshypothesen im Analogieschluß aus bekannten Konstellationen zu generieren (vgl. Gill 1992, S.422). Risikoanalysen in der Genforschung z.B. rekurren auf die Erfahrungen der Mikrobiologie und der Ökologie mit ähnlichen Organismen, um die Verlässlichkeit des Laborcontainment oder die Gefahrenpotentiale von Freilandversuchen abzuschätzen. Bei der Erforschung und Produktion des Holzschutzmittel PCP hätte man, wie das Fallbeispiel zeigt, auf Problemhinweise aus der Produktion ähnlicher Stoffe zurückgreifen können.

Hinweise, wie sich das Konstrukt in der Umwelt verhalten wird, ergeben sich u.U. schon zufällig im Labor, wenn die verschiedensten Randbedingungen probenhalber variiert bzw. als Störfaktoren identifiziert und ausgeschlossen werden. Abweichungen vom theoretisch oder technologisch erwünschten Resultat werden in der Regel nicht weiterverfolgt und nur selten veröffentlicht⁸. Insofern als diese Abweichungen aber Randbedingungen bzw. Störfaktoren geschuldet sind, die auch

⁸ In einer Studie im Auftrag der EG-Kommission zur Sicherheitsproblematik bei der Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen heißt es z.B.: "Furthermore, the scientific literature is strongly biased against the description of unwanted genetic changes. In general, observations of this nature are discarded by the scientist, or eliminated from the publication as erroneous results or side effects. Hence, the potential effects which can result from the introduction of extraneous DNA can only be discussed on a purely theoretical basis." (zit. in Schell 1992, S.92)

im späteren Umweltkontext auftauchen können, würde es sich hier um die mehr oder weniger zufällige Antizipation von u.U. unerwünschten Folgen handeln⁹. Sofern also unvorhergesehene Reaktionsabläufe im Labor auftreten, könnte man deren Bedingungen näher untersuchen und diese Ereignisse zumindest dann sorgfältiger dokumentieren und veröffentlichen, wenn nicht auszuschließen ist, daß sie in ähnlicher Form auch unter Umweltbedingungen eintreten könnten.

Spezifischere Hinweise auf Gefährdungen ergeben sich gelegentlich anhand von Gesundheitsbeeinträchtigungen beim Laborpersonal und bei Versuchspersonen, die nolens volens als 'biologische Sensoren' im Vorfeld von ggf. die Allgemeinheit betreffenden Risiken anzusehen sind. Unmittelbare Gefährdungen im Versuchsablauf - Giftigkeit, Explosivität, Infektiösität - sollte das Laborpersonal schon aus Eigeninteresse kontrollieren. Bei chronischen, akkumulierenden und synergistischen Effekten ergeben sich aber Erkenntnisprobleme selbst für die unmittelbar betroffenen Forscher. Infektiösität kann beim Laborpersonal selbst folgenlos bleiben, sich aber auf immunschwächere Kontaktpersonen auswirken. Die Erfahrung zeigt außerdem, daß Wissenschaftler bzw. ihre Vorgesetzten die mit ihren Experimenten verbundenen Risiken häufig ignorieren oder verschweigen, um den Fortgang der Forschung nicht zu beeinträchtigen¹⁰. Spezifische arbeitsrechtliche Vorkehrungen für abhängig beschäftigtes Laborpersonal, wissenschaftsinterne Transparenzvorkehrungen und systematische epidemiologische Untersuchungen könnten hier frühzeitige Warnungen ermöglichen bzw. Hinweise liefern, die später auch die Allgemeinheit betreffen, wenn die entsprechenden Stoffe, Organismen und Verfahren zur technischen Reife gelangen.

Kontrollierte Versuche am Menschen sind, nach vorangegangenen Tierversuchen, zumindest in der Medizin unerlässlich, es sei denn, man wollte auf Behandlungsfortschritte gänzlich verzichten. Sie stellen ihrerseits schon eine Rationalisierung des Risikos dar, weil sonst die entsprechenden Stoffe und Methoden unmittelbar in der Praxis, d.h. unter unkontrollierten Bedingungen getestet würden. Die Abwägung der therapeutischen Risiken und die informierte Zustimmung der Patienten sind gesetzlich vorgeschrieben und sollen von Ethik-Kommissionen überwacht werden. Hier wäre sicherlich einiges im Detail zu verbessern; insbesondere könnte auch hier Transparenzregeln und Berichtspflichten dazu beitragen, daß aufgetretene Risiken allgemein bekannt und daher an anderer Stelle - z.B. bei Versuchen mit derselben Stoffklasse - vermieden werden könnten. Vom Grundgedanken her ist das Verfahren der Arzneimittelprüfung aber als begrüßenswerter Ansatz eines regelmäßigen Science bzw. Technology Assessment zu begreifen. Es wäre zu überlegen, ob dieses Verfahren auf andere experimentelle Behandlungsmethoden - in den USA ist dies vorgeschrieben -, und auf andere Produkte und Verfahren zu übertragen wäre.

⁹ Z.B. wurden Versuche mit gentechnisch veränderten Bakterien unternommen, die das relativ giftige Herbizid 2,4 D abbauen sollten (vgl. Schell 1992, S.323). In landwirtschaftlich genutzten Böden erfolgte ein vollständiger Abbau im Zusammenspiel mit der darin vorhandenen Mikroflora. In Kontrollversuchen mit nicht-kultivierten, ariden Böden entstanden dagegen Abbauprodukte, die toxischer als 2,4 D waren. Diese Abbauprodukte waren vom Autor schon bei Vorversuchen in Flüssigkultur beobachtet worden.

¹⁰ Am Institut Pasteur in Paris war es 1985 zu insgesamt sieben Krebsfällen in einer Abteilung gekommen, in der mit gentechnischen Methoden an Tumorzellen gearbeitet wurde. Daraufhin wurde eine Nachrichtensperre verhängt und eine Untersuchungskommission eingesetzt. Erst vier Jahre später legte die Kommission einen Zwischenbericht vor, der ein epidemiologisch "erhöhtes Krebsrisiko" einräumt, dessen Ursachen man bei den im Labor verwendeten Chemikalien vermutet (MacKenzie 1990). Von Kritikern geforderte pathologische Untersuchungen, die einen direkteren Hinweis auf die Verursachung geben könnten, wurden nicht veröffentlicht. Nun soll an einem Kollektiv von weltweit 30.000 Molekularbiologen der Häufigkeit von bestimmten Krebsformen nachgespürt werden.

Der mehr oder weniger kontrollierten Kontext der Versuchsanordnung unterscheidet sich von dem natürlichen bzw. technischen Nutzungskontext, in den ein Laborkonstrukt gestellt werden soll, wenn es zur technologischen Reife gelangt (Bonß u.a. 1992). Die Möglichkeit, daß sich das Konstrukt unter den veränderten Randbedingungen des Umweltkontextes anders verhält als im Labor, wird selten systematisch bedacht, die 'Freisetzung' des Konstrukts geschieht also meist im trial and error-Verfahren. Die Verhaltensabweichungen, d.h. nicht-intendierten Folgen, des Konstrukts in seiner Umwelt sind nicht zwangsläufig negativ, können sich aber als technisches Versagen und/oder Umweltgefährdungen bemerkbar machen¹¹. Stattdessen könnte eine planvolle 'Implementierung' vorgenommen werden: Die Verhaltensspielräume unter veränderten Randbedingungen könnten aus theoretischen Überlegungen abgeleitet bzw. durch Simulierung erwartbarer Randbedingungen noch im Labor-Containment erprobt werden. Hier könnten sich auch genauere Hinweise ergeben, was genau beobachtet werden soll, wenn das Konstrukt bei seiner Einführung in die Umwelt einem Begleitmonitoring unterzogen wird.

Naturwissenschaftliche Forschung¹² als solche tangiert 'naturgemäß' zunächst ihren natürlichen Gegenstand und damit die oben abgehandelten Fragen von Gesundheits- und Umweltverträglichkeit. Die spätere Verwendung naturwissenschaftlicher Forschung ist häufig nicht genau genug vorherzusehen, um eine Sozialverträglichkeitsprüfung im engeren Sinne¹³ vorzunehmen.

Das gilt insbesondere für explorative und deskriptive Forschung, während die Verifikation exakter 'wenn/dann'-Beziehungen schon ein gewisses Maß an Finalisierung bedeuten kann¹⁴. Klarer liegt der Fall, wenn es sich um probleminduzierte, meist stärker anwendungsorientierte Forschung, z.B. aus einem bestimmten industriellen Kontext heraus, handelt. Dann ist zumindest ihre nächste Verwendung schon relativ klar vorgezeichnet. Fragen zur Sozialverträglichkeit ergeben sich dann - wie oben skizziert - aus dem Kontext, dem auch die Problemstellung entstammt, oder können bei einer vorgesehenen Um- bzw. Neukontextuierung im Rahmen einer schrittweise erfolgenden Probeimplementierung abgearbeitet werden.

Im Unterschied zu Negativfolgen für Umwelt und Gesundheit, die niemand wünscht, ist bei Sozialfolgen zu beachten, daß sie häufig ambivalent eingeschätzt werden (vgl. Daele 1993): Rationalisierungseffekte sind häufig das Ziel von technischen Verbesserungen; Produkte, die die einen für überflüssig oder sozial schädlich halten, werden von anderen dringend gewünscht - ein Beispiel dafür ist etwa die Debatte über die 'Abtreibungspille' RU 486 von *Hoechst*. Hier kann die Funktion

¹¹ Besonders prekär ist dies, wenn die Freisetzung nicht rückholbar ist, z.B. bei Organismen, die sich von selbst ausbreiten und vermehren.

¹² Sozialwissenschaftliche Forschung ist, vom Sonderfall der counter insurgency strategies einmal abgesehen, weitgehend neutral gegenüber dem Nutzungskontext: Wie die Verwendungsforschung (z.B. Beck/ Bonß 1989) gezeigt hat, ist die Idee der 'Sozialtechnik' als sozialwissenschaftliche Planung der Gesellschaft gescheitert. Deshalb soll sie hier auch nicht weiter berücksichtigt werden.

¹³ Das Problem, daß Forschung mit den kulturellen Übereinkünften einer Gesellschaft in Konflikt geraten kann, wird weiter unter thematisiert.

¹⁴ Bei der Finalisierung wäre dann zu unterscheiden, ob diese eher auf die Generierung eines Werkzeuges oder einer Technologie ausgerichtet ist (vgl. Marx 1977: 391 ff.). Ein Werkzeug ist für vielfältige, vom Nutzer zu überblickende und entscheidende Zwecke einzusetzen und ist daher selbst eher verantwortungsneutral - die Verantwortung liegt eher beim Nutzer. Dagegen ist bei einer Techno-Logie die Weiterentwicklung auf einen Trajektkorridor eingengt und die Verwendung weitgehend determiniert. Der Nutzer wird hier tendenziell zum Bediener reduziert. Die Verantwortung geht damit auf die Technologie bzw. ihren arbeitsteiligen Generierungskontext über.

des Science Assessment wohl kaum in der eigenmächtigen Folgenvermeidung liegen, sondern nur in einer frühen Aufklärung der politischen Öffentlichkeit¹⁵.

Die militärische Verwendung ist ein Unterfall der Sozialverträglichkeitsfrage, wobei allerdings aus dem Blickwinkel derjenigen, die die Technik zum Einsatz bringen, die Folgen, die andere für unverträglich halten, eindeutig intendiert sind.

Forschung mit besonders gefährlichen Agentien wird oft zu militärischen Zwecken betrieben. Diese kommen aber häufig auch in der Natur oder in zivilen technischen Abläufen vor, so daß eine Erforschung, auch vom pazifistischen Standpunkt aus betrachtet, nicht immer von vornherein unterbleiben kann. Wie sich am oben geschilderten Beispiel des später so genannten 'Sevesogifts' TCDD zeigt, kann daher auch die Nicht-Veröffentlichung schon im Hinblick auf zivile Zwecke kontraproduktiv sein. Außerdem schürt sie Mißtrauen und Angst und provoziert damit u.a. gleiche oder noch weitergehende Schritte bei potentiellen Gegnern.

Wissenschaftlicher Austausch und Transparenz scheinen dagegen eher zur Entspannung beizutragen. Allerdings wäre denkbar, daß Arbeiten mit bestimmten Agentien international meldepflichtig würden, oder in bestimmten Fällen nur unter Aufsicht der UNO stattfinden dürften¹⁶. Klassische Proliferationskontrolle, wie sie auch im Kriegswaffenkontrollgesetz vorgesehen ist, sollte sich dagegen nur auf anwendungsorientierte Forschung und auf spezifische Instrumente und Anlagen beziehen. Diese sind häufig im Hinblick auf eine eindeutige Verwendung festgelegt. Allerdings gilt hier das (ironische) Diktum, daß man mit einem Hammer auch morden und mit einer Pistole Nägel einschlagen kann. Besondere Probleme ergeben sich aus den Dual-use- und Add-on-Strategien der Militärs, die von der Friedensforschung zur Zeit näher untersucht werden¹⁷.

Viele unbeabsichtigte Folgen und Synergismen werden aus der notwendigerweise spezialisierten Innenperspektive auch beim besten Bemühen nicht zu erschließen sein. Deshalb ist komplementär zur Innenperspektive auch eine auf Zusammensicht angelegte Außenperspektive erforderlich. Zwar gibt es sporadisch bereits diese Zusammensicht - wie etwa beim oben geschilderten FCKW-Fall. Es käme jedoch darauf an, diese zu systematisieren und zu verstetigen.

Dabei ist jedoch zu bedenken, daß die "Spezialisierung auf den Zusammenhang" (Beck) schwer einzulösen ist, weil 'der Teufel' häufig im Detail steckt und Synergismen, die die Gegenstandsbereiche verschiedener Fachdisziplinen überspannen, eben nur in der Zusammenarbeit der entsprechenden Fachleute zu entschlüsseln sind. Daher würde auch ein permanentes Monitoring aller nur denkbaren Synergismen zwischen allen möglichen Gegenstandsbereichen an den mathematischen

¹⁵ Norbert Wiener, der 'Vater' der Kybernetik hat in seiner Autobiographie (1962) darauf hingewiesen, daß er über die Rationalisierungseffekte seiner Forschungsrichtung von Anfang besorgt war. Da entsprechende Erfindungen seiner Erfahrung nach nicht dem besonderen Genie einer Person zu verdanken seien, sondern aus dem jeweiligen Stand der Forschung sich mehr oder weniger zwangsläufig ergäben (daher auch das Phänomen der koinzidentiellen Mehrfachentdeckung), würde ein individueller Ausstieg aus Gewissensgründen wenig bewirken. Er sei an die Gewerkschaften herangetreten, um sie frühzeitig auf das Problem aufmerksam zu machen.

¹⁶ Im Programm "Vaccines for Peace" wird dies z.B. für die Entwicklung und Herstellung von Impfstoffen gegen exotische Erreger vorgeschlagen, die den Einsatz von Biowaffen ermöglichen könnten (Geissler/ Haynes 1991).

¹⁷ Im Zeichen knapper gewordener Rüstungshaushalte findet ein Umdenken in den Verteidigungsministerien statt. Militärische Technologie soll nicht mehr, wie bisher, parallel zur zivilen Forschung, oder dieser vorauslaufend, ansetzen, sondern es soll darauf gedrungen werden, daß im zivilen Sektor Technologien entwickelt werden, die doppelt, d.h. auch militärisch verwendet (dual use) bzw. weiterentwickelt (add on) werden können.

Regeln der Kombinatorik, d.h. am praktisch unermesslichen Aufwand scheitern. Insofern ist kritische Interdisziplinarität, Sicherheits- und Begleitforschung auf Anhaltspunkte für mögliche Gefährdungen angewiesen, die in der Regel aus einer folgensensiblen Innenperspektive generiert werden bzw. generiert werden müssen. In einer die einzelnen Disziplinen bzw. das Forschungssystem als ganzes überspannenden Außenperspektive wären indes die Bedingungen folgensensibler Innenperspektiven zu analysieren und zu formulieren, die die Generierung und Berücksichtigung von Anhaltspunkten systematisch ermöglichen:

- * Zentrale Erfassung von Risikowissen: Das wissenschaftliche Publikationswesen ist bisher vor allem auf die Erfassung und Verbreitung von 'normalem' Wissen ausgerichtet. Außer in einigen Sonderbereichen - z.B. bei Arzneimitteln - werden unerwartete Vorkommnisse und Störfälle im Herkunfts-, Labor- und Nutzungskontext allenfalls verstreut und beiläufig publiziert. Hier wäre allgemein eine zentrale und universell zugängliche Erschließung - in der Regel in Datenbanken - zu konzipieren¹⁸.
- * Kritische Disziplinarität: Berücksichtigung und Reflexion von Kontextwissen werden erleichtert, wenn konkurrierende Deutungsmuster vorliegen, aus denen sich Interpretationsangebote für dem zunächst verfolgten Theorieansatz nach unerwartete und daher häufig beiseite geschobene Phänomene ergeben. In diesem Sinne wäre auch das Ziel der "paradigmatischen Reife" (Böhme u.a. 1978b) zu überdenken, das einzig auf die instrumentelle Nutzbarkeit von Gegenstandsbereichen orientiert ist, die damit verbundene Verengung des Ideenreservoirs aber vernachlässigt¹⁹. Andererseits kann theoretischer Pluralismus aber nur zur Generierung von Risikowissen beitragen, wenn die unterschiedlichen Herangehensweisen nicht nach dem Motto 'Anything goes' indifferent auseinandertreiben, sondern eine kontinuierliche Diskussion zwischen den verschiedenen Denkweisen stattfindet.
- * Risikowissen und Reputation: Die Generierung von Risikowissen, die innerwissenschaftlich - wie etwa der FCKW-Fall zeigt - denselben Entdeckungs- und Begründungsregeln wie 'normales Wissen' unterliegt, müßte von den Karriere- bzw. Reputationsmustern her gleichberechtigt sein, auch in Bereichen, in denen (noch) kein Anlaß für die Ausdifferenzierung von spezifischen Risikoforschungs-Communities besteht. Kritiker dürften nicht als 'Nestbeschmutzer' ausgegrenzt werden, sondern wären in einer wissenschaftlichen Streitkultur zu integrieren, wie sie in Ansätzen in den USA - im Gegensatz zu Europa - existiert (vgl. Jasanoff 1986). Andernfalls ist die Diskussion von Risikowissen allein auf die Resonanz in der Öffentlichkeit angewiesen, die jedoch nur begrenzt aufnahmefähig ist und ihrer eigenen, nicht immer sachbezogenen Rationalität folgt.

In dieser Weise könnte die Generierung von Anhaltspunkten für Gefährdungen durch die einzelnen Disziplinen und Subdisziplinen erleichtert werden. In Bereichen, in denen sich die Anhaltspunkte verdichten, könnten dann aufwendigere Science Assessment-Projekte in kritischer Interdisziplinarität ansetzen, um die Risikopotentiale der solcherart vorindizierten Forschungsrichtungen auszuloten. In ihrer methodischen Vorgehensweise wären diese interdisziplinären Analysen TA-Projekten vergleichbar²⁰ und bedürften wie diese ebenfalls einer unabhängigen Institutionalisierung.

3. Kulturelle Perspektive

¹⁸ Dies empfiehlt auch ein "Gutachten zur Biologischen Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik" (Gassen u.a. 1991: 102).

¹⁹ Z.B. hat in der Geschichte der Genetik das Zellkern-Paradigma alternative Ansätze der Mitochondrien-Genetik (zeitweilig) abgedrängt (Sapp 1987, Harwood 1989).

²⁰ Zur Methodik von TA vgl. Bechmann /Jörissen 1992; Paschen /Petermann 1991.

Während in den voranstehenden Abschnitten neben allgemein unerwünschten Nebenfolgen zwar durchaus auch von *Interessendivergenzen* die Rede war, so sind wir dennoch davon ausgegangen, daß es sich um Forschung handelt, die auf einem grundsätzlichen gesellschaftlichen *Wertkonsens* beruht²¹. Nun ist es aber durchaus möglich, daß der Forschungsgegenstand selbst oder die *intendierten* Zwecke mit dem Wertfundament der Gesellschaft kollidieren. Dies ist z.B. bei der Embryonenforschung der Fall, die seit 1990 in Deutschland gesetzlich weitgehend eingeschränkt ist. Die entsprechenden Verbote beziehen sich einmal auf den Forschungsgegenstand, nämlich menschliche Embryonen, die für die Forschung nun weder hergestellt noch verbraucht werden dürfen, zum anderen auf einen naheliegenden Zweck, die gezielte Veränderung der menschlichen Keimbahn und damit der Nachkommenschaft. Keimbahnexperimente, die im Moment technisch noch zu unzuverlässig sind, als daß sie beim Menschen anwendbar wären, werden zumindest in den USA von manchen Genforschern und Ethik-Experten ziemlich offensiv propagiert²².

Eine ähnliche Wertkollision ist denkbar, wenn sich die Erforschung der Alterungsgenetik²³ Fortschritte machen sollte, die auf den Menschen übertragbar wären. Genforscher sorgten jüngst für Schlagzeilen, indem sie ankündigten, der Mensch könnte 400 Jahre alt werden. Es liegt auf der Hand, daß dann das gesamte Institutionengefüge der Gesellschaft durcheinander geriete. Andererseits könnte eine an individuellen Freiheitswerten orientierte Gesellschaft ihren Mitgliedern den Wunsch nach Lebensverlängerung kaum verwehren²⁴. Science Assessment könnte hier selbstverständlich keine Entscheidung treffen, aber frühzeitige Diskussionen initiieren, wie die Gesellschaft mit diesen Konflikten umgehen soll.

In kultureller Perspektive könnte die Aufgabe von Science Assessment also darin bestehen, neue Forschungsrichtungen unter Einbeziehung des Institutionen- und Wertewandels auf ihr zukünftiges gesellschaftliches Konfliktpotential hin zu untersuchen. Eine vergleichbare Aufgabe könnte Science Assessment auch beim interkulturellen Wissenschafts- und Technologietransfer übernehmen, der im Hinblick auf die sog. Dritte Welt schon immer Friktionen unterlegen war und der im Zuge der

²¹ Wir unterstellen dabei, daß neuzeitliche Forschung, die auf den Prinzipien der Aufklärung beruht, zumindest grundsätzlich in den spätindustriellen Gesellschaften weiterhin akzeptiert wird und sich 'postmoderne' Prinzipien der Resakralisierung und Teleologisierung nicht in größerem Umfang durchsetzen werden.

²² Leroy Walters, der Vorsitzende des Gentherapie-Komitees bei der Nationalen Gesundheitsbehörde (NIH), schlägt vor: "Wenn sich die Technik als sicher und wirksam herausstellt .. und wenn Menschen die Verbesserung ihres Langzeitgedächtnisses für sich wünschen, denke ich, daß das in die Kategorie persönlicher Wahlfreiheit fällt, die zu schützen ist. Meiner Ansicht nach liegt das in einem Kontinuum mit anderen Dingen, die wir tun, um unsere Fähigkeiten zu verbessern - z.B. Trainings- oder Erziehungsprogramme verschiedener Art." (zit. n. Rawls 1984, S.44)

²³ Die Alterungsgenetik geht davon aus, daß das Lebensalter von Organismen evolutionär 'programmiert' und die Obergrenze genetisch festgelegt ist. Biologische Arten, deren Überleben in instabilen Umwelten auf starker genetischer Varianz, gekoppelt mit einer hohen Vermehrungsrate beruht, leben relativ kurz, um bald ihren Nachkommen Platz zu machen. Arten, die in stabilen Umwelten leben, haben dieser Theorie zufolge wenige Nachkommen und erreichen ein hohes Lebensalter. Bestimmte Bakterien teilen sich alle 20 Minuten, Schildkröten werden bis zu 150 Jahren, Grannenkiefern bis zu 4900 Jahren alt. Bei Schleimpilzen ist es bereits gelungen, die Lebensspanne durch Genmanipulation um 40 Prozent zu verlängern.

²⁴ Im Süddeutschen hat sich bereits eine Bürgerinitiative unter dem Namen "Aktions-Club Gen-Technologie" (abgekürzt: ACGT!) gegründet, die sich dafür einsetzt, den Traum vom ewigen Leben durch aktive Forschungsförderung auf dem Gebiet der Alterungsgenetik zu erfüllen (vgl. Layh 1992).

zunehmenden ethnischen Vielfalt ('Multikulturalität') eine zusätzliche, innergesellschaftliche Dimension erhält²⁵.

4. Organisatorische Perspektive

Neben dem kognitiven Aspekt, inwieweit unerwünschte Folgen überhaupt frühzeitig erkannt werden können, kommt es auch darauf an, daß prinzipiell mögliches Folgenwissen generiert und vorgehalten wird (Grundlagenforschung, Sicherheitsforschung) und daß diese Kenntnisse zur rechten Zeit am rechten Ort verfügbar sind und umgesetzt werden können. Dies ist ein sozialer Prozess, der von der organisatorischen Vernetzung der Akteure und der Ausbalancierung von unterschiedlichen Erkenntnis- und Durchsetzungsinteressen abhängt. Um die Dimension zeitlich und (sub)kulturspezifisch variierender Werte frühzeitig einzubeziehen, erscheint außerdem die Partizipation von Vertretern der interessierten Öffentlichkeit angezeigt.

Bedingung für die Möglichkeit der wirksamen Umsetzung eines frühzeitig ansetzenden Assessment ist seine Einbindung in laterale Verhandlungssysteme zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren - sowohl innerwissenschaftlich, als auch zwischen Wissenschaft, Industrie, Gewerkschaften, Verwaltung und Öffentlichkeit. Eine Umsetzung durch materielles Recht wird dagegen nur bei Grundsatzentscheidungen oder in Einzelfällen sinnvoll sein, weil anders die politische Spitze - Gesetzgebung durch Regierung und Parlament - überlastet wäre. Außerdem käme es beim Gang durch die "Normierungspyramide" (Wolf 1982) zu Zeitverzögerungen und zu formaljuristisch bedingten Informationsverlusten, die die Vorteile des frühzeitigen Assessments zunichte machten. U.U. kann es sich aber als sinnvoll erweisen, daß die politische Spitze im Sinne prozeduraler Reglements eingreift, um strukturelle und machtbedingte Ungleichgewichte zwischen den Akteuren auszugleichen (vgl. Willke 1993).

Seit einiger Zeit werden - vor allem in den USA - verschiedene organisatorische Verfahren einer besseren Folgenberücksichtigung erprobt: Sie reichen vom arbeitsrechtlichen Schutz individueller moralischer Entscheidungen (z.B. 'Whistle-blower-protection') über Ethik- und Sicherheitskommissionen bis hin zu allgemeinen Akteneinsichtsrechten. Ihre Angemessenheit für die Umsetzung frühzeitiger Hinweise auf u.U. unerwünschte Folgen - in Relation zu der oben skizzierten kognitiven Dimension - wäre zu erforschen. Dabei sollte deutlich werden, in welcher Form Science Assessment in bezug auf Projekte, Programme, Disziplinen und das FuE-System wirksam auf den jeweils relevanten Ebenen der Forschungsorganisation zu implementieren wäre.

²⁵ Diese Dimension wird in den USA schon seit längerem berücksichtigt, etwa wenn bei der Beurteilung humangenetischer Diagnosemethoden deren Auswirkungen auf die Familienstruktur in verschiedenen Volksgruppen untersucht wird.

Teil III : Realisierungschancen des Science Assessment

A) Entscheidungstheoretische Abwägung eines früh ansetzenden Assessment

Das Problem eines spät einsetzenden Assessment besteht darin, daß zu diesem Zeitpunkt meist schon größere Summen in Forschung und Entwicklung investiert wurden, die organisatorischen Strukturen für die Produktion und Distribution der jeweiligen Technologien relativ festgelegt sind und spezifische Erwartungen bei den potentiellen Anwendern und beim Publikum bereits geweckt wurden. Daher sind die Spielräume für die Modifikation oder Aufgabe bestimmter Techniklinien zu diesem späten Zeitpunkt naturgemäß ziemlich stark eingeengt (Collingridge 1980). Nicht umsonst wird daher in der TA-Literatur gerade die 'Umsetzung', die Frage also, inwiefern TA-Ergebnisse von den Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft überhaupt berücksichtigt werden (können), als Hauptproblem des TA-Prozesses beschrieben (z.B. Paschen u.a. 1991).

Umgekehrt besteht das Problem eines früh ansetzenden Assessment in seiner prognostischen Unsicherheit - sowohl in wissenschaftlich-technischer Hinsicht wie auch im Hinblick auf die sozialen Nutzungsformen. Was in retrospektiver Sicht einleuchtend erscheinen mag - es wäre volkswirtschaftlich und ökologisch günstiger gewesen, schon früh die Gefährdungen durch die Atomtechnik, den massenhaften Automobilverkehr, die FCKW-Problematik etc. zu befassen -, erweist sich in prospektiver Sicht als weitaus aufwendiger und komplizierter:

- * Viele technischen Entwicklungslinien führen gar nicht zu Risiken.
- * Was im nachhinein als Entwicklungslinie oder Trajekt rekonstruierbar ist, ist gerade im frühen Stadium zunächst nur eine Idee, deren Entwicklung sich noch vielfach verzweigen und mit anderen Ideen kreuzen und vermengen kann.
- * Der übergroße Teil früher technischer Entwicklungsideen wird aus ganz anderen Gründen niemals realisiert (Dierkes u.a. 1992). Die Kosten, hier einschlägigen Warnhinweisen nachzugehen, wären also unnötig.
- * Gefährdungshypothesen können sich als falsch erweisen. Sie können also ansonsten wünschenswerte technische Entwicklungen unnötigerweise be- oder verhindern.
- * Die Zahl der zu jeder einzelnen Entwicklungsidee theoretisch möglichen Gefährdungshypothesen tendiert gegen unendlich; welche davon konkret verfolgt werden sollen, ist häufig umstritten. Es gibt bisher keine explizit formulierten Regeln zur Generierung *triftiger* Gefährdungshypothesen, erst recht keine Regeln, mit denen geprüft werden kann, ob *alle* potentiell triftigen Hypothesen generiert wurden.
- * Was als Gefahr oder Risiko angesehen wird, ist letztlich auch eine Wertungsfrage. Erwünschte Folgen und Nebenfolgen können längerfristig in unerwünschte umschlagen - und umgekehrt. Außerdem verschieben sich die Werthierarchien und damit die Kollisionsregeln der Güterabwägung (Inglehart 1982). Diese Prozesse entwickeln sich nicht nur in der Zeit, sondern changieren auch zwischen einzelnen Kulturen und Subkulturen (Douglas/ Wildavsky 1982).

Aaron Wildavsky (1984) verteidigt daher das traditionelle Modell von trial and error der Technischeinführung und Nachsorge bei eingetretenen Schäden. Er argumentiert, daß der erwirtschaftete ökonomische Nutzen die Reaktionsfähigkeit gegenüber den - in seiner Deutung ohnehin kaum vorhersehbaren - Negativfolgen verbessere, während umgekehrt ein Verzicht die Kapazitäten zum Krisenmanagement und zur Nachsorge schwäche. Übersehen wird dabei allerdings, daß der Verzicht auf eine Techniklinie nicht gleichbedeutend mit einem generellen Investitionsverzicht ist, sondern die Entwicklung alternativer Lösungsvarianten eröffnet, die ebenfalls und u.U. sogar in höherem Maße die allgemeine Reaktionskapazität der Gesellschaft erweitern. In Abkehr vom 'Alles oder Nichts'-

Prinzip einmal entschiedener Großinvestitionen ist hier eine Pluralisierung der Technikentwicklung denkbar. Einen wichtigen Vermittlungsvorschlag hat David Collingridge (1980) formuliert: Entscheidungen (über die Entwicklung und Einführung von Techniklinien), die unter Unwissenheit (ignorance) getroffen werden müßten, sollten offen und leicht revidierbar gehalten werden; sie sollten von einem ständigen Monitoring begleitet sein, um gegebenenfalls umsteuern zu können. Umsteuern ist aber umso eher möglich, als gleichzeitig alternative Lösungen zur Hand sind, d.h. traditionelle Wissensbestände erhalten und neue Wege erschlossen wurden. Insofern ist festzuhalten, daß Gefährdungshypothesen nicht schon per se zu einem Abbruch einer Entwicklungslinie führen müssen, sondern häufig begleitend zur im FuE-Prozess stattfindenden Prüfung der Nutzenhypothesen verfolgt werden können. *Welche* Entwicklungslinien revidierbar gehalten werden sollen und *was* bei einem Monitoring beobachtet werden kann, ergäbe sich aus einem früh ansetzenden Assessment. Ebenso könnten Wissensbestände, die zur Beurteilung der Wirkungen einer Techniklinie zwar erforderlich, aber bei einem spät ansetzenden Assessment ad hoc häufig nicht verfügbar sind, infolge eines früh ansetzenden Assessment parallel entwickelt werden.

Der Vorsorgeidee entgegengehalten wird auch, daß die Einbeziehung potentieller nicht-intendierter Folgen und pluraler Bewertungen zu Verunsicherung in Organisationen und damit entweder zum Handlungs- und Investitionsverzicht oder zur Verhärtung und Abschottung bei einmal getroffenen Entscheidungen führt (Japp 1992). Das könne zur Folge haben, daß nicht nur Projekte 'einfacher Modernisierung' paralyisiert oder dogmatisiert werden, sondern auch notwendige Gegenmaßnahmen (z.B. gegen das Waldsterben) endlos vertagt oder aber trotz ihrerseits wiederum kontraproduktiver Effekte blindlings 'durchgezogen' werden. Dieses Argument bezieht sich allerdings nur auf die Binnensituation der jeweils verantwortlichen Organisationen und erklärt deren 'Harthörigkeit'. Die Komplexitätssteigerung, mit der sie konfrontiert sind, ist - in entwickelten Industriegesellschaften - normativ gegeben und läßt sich, wie die Akzeptanzforschung wider Willen gezeigt hat, weder mit Apellen an den Wertekonsens der 50er Jahre, noch mit der Macht der Organisationen verdrängen. Anders ausgedrückt: Der "post-decisional regret" (auch bei non-decisions), zu dem viele Organisationen intern nicht fähig sind, beherrscht gleichwohl den Diskurs in der Gesellschaft. Die Organisationen müssen also lernen, die erhöhte Komplexität - z.B. eben durch Science Assessment - intern sinnvoll zu verarbeiten. Empirische Beispiele (s.u.) zeigen, daß einige Organisationen sich offenbar in diese Richtung transformieren.

Zu berücksichtigen ist schließlich auch der umgekehrte Einwand, daß gerade eine gesteigerte Gefahrensensibilität erst die für ein enthemmtes ökonomisches Wachstum erforderlichen 'unabschließbaren Bedürfnisse' hervorbringt und mit ihnen eine unendliche Zahl von ihrerseits wiederum potentiell schädlichen Gegenmaßnahmen und Ersatzprodukten (Baumann 1992). Dabei wird allerdings übersehen, daß zum Glück nicht alle, sondern nur ein geringer Teil der in 'einfacher Modernisierung' hervorgebrachten Produkte schädlich ist und dies, selbst ohne die Einführung subtilerer Testverfahren, wie sie hier vorgeschlagen werden, vermutlich auch für die Ersatzstoffe gelten wird - also müßte die Zahl schädlicher Produkte tatsächlich zu reduzieren sein. Schwerer wiegt dieser Einwand dagegen, wenn man ihn qualitativ wendet: Viele der heute thematisierten Gefahren sind Gefahren der zweiten Generation, sind also ihrerseits schon als nicht-intendierte Wirkungen von Gegenmaßnahmen und Ersatzstoffen zu verstehen. Wie sich etwa am Beispiel des FCKW gezeigt hat (s.o.), wurde hier eine *unmittelbare*, d.h. akute und sofort sichtbare Gefahr durch eine *mittelbare* Gefahr abgelöst, deren Wirkung sich nur langsam entfaltet und die deshalb lange Zeit nicht erkannt wurde. Nur auf diese Weise konnte sie sich quantitativ in der heute zu gewärtigenden Form ausbreiten und ist selbst durch radikale Gegenmaßnahmen, wie den bis zum Jahr 2000 international umzusetzenden Produktionsstopp, nur sehr langsam zu bewältigen - der Ozonabbau wird

sich trotzdem noch lange im 21. Jahrhundert fortsetzen. Was einstmals als Kriterium der Ungefährlichkeit galt, die Reaktionsträgheit, erweist sich nun als Problem verlangsamten Abbaus und daher zeitlich stark verzögerter Rückholbarkeit. Hier zeigt sich, daß Science Assessment auch die Metareflexion der eigenen Kriterien einbeziehen müßte.

B) Fallbeispiele eines frühen Assessment

Beispiele aus der Industrieforschung zeigen, daß dort die Vorverlegung der Folgenerkenntnis tatsächlich in einigen Fällen praktiziert wird. Ludger Pries zeigt in einer industriesoziologischen Studie über den Automobilbau, wie verschiedene Aufgaben des Entwicklungs- und Fertigungsprozesses - auch der Qualitätskontrolle, Betriebssicherheit und ökologischen Verträglichkeit -, im Sinne einer "reflexiv-systemischen Modernisierung" zeitlich parallel organisiert und nicht mehr, wie in früheren Zeiten, sukzessive abgearbeitet werden. Auf diese Weise sollen die Entwicklungszeiten verkürzt und die Produktion flexibilisiert werden, denn Konkurrenzvorteile ergeben sich heute weniger durch die 'economies of scale' (hohe Stückzahlen, niedrige Stückkosten), als durch Innovationsvorteile und individuelleres Reagieren auf Kundenwünsche (Pries 1991).

Einige Pharmafirmen, wie z.B. die Schering AG in Berlin, verfügen über betriebsinterne Ethik-Kommissionen, die die moralische Zulässigkeit von Medikamentenversuchen überwachen sollen, unabhängig von der Prüfung durch externe Kommissionen bei den Landesärztekammern. Da sie gesetzlich zur Einrichtung der betriebsinternen Kommissionen nicht verpflichtet sind, scheint ihre Funktion darin zu bestehen, Teststoffe mit absehbar unvermeidbaren Effekten möglichst frühzeitig aus der Entwicklung zu nehmen, bevor weitere Investitionskosten auflaufen. Denn ihre Weiterentwicklung könnte nicht nur zu Imageverlusten, sondern auch zu einer Versagung der Zulassung nach Arzneimittelgesetz bzw. zu Schadensersatzansprüchen aus der Produkthaftung führen. Mit entscheidungstheoretischen Kalküle wird versucht, den richtigen Zeitpunkt für den Abbruch der Versuche näher zu bestimmen (Lai 1984).

In der Gentechnik wurde erstmals versucht, das Frühwarnprinzip auf hypothetischer Basis zu institutionalisieren, noch bevor größere Schäden überhaupt aufgetreten sind. Die vorsichtige Handhabung und Markteinführung von gentechnisch veränderten Organismen beruht zwar auf Warnhinweisen aus der Wissenschaft (v. Schomberg 1993), wird aber von den betroffenen Gentechnologen nur zum Teil als notwendig anerkannt. Die gesetzliche Festschreibung ist als Resultat öffentlicher Meinungsbildung anzusehen, bei der auch kulturelle Vorbehalte zum Ausdruck kommen. Hier zeigt sich, daß die marktnah operierende Forschung offenbar eher willens und in der Lage ist - und sei es auch nur aus Gründen der Akzeptanzwerbung -, den Vorschriften Folge zu leisten (Hasse 1994). Verstöße gegen das Gentechnikgesetz wurden dagegen vor allem an Universitäten registriert (Gewerbeaufsicht 1992). Wie sich an der Art der Nichtbefolgung zeigt, resultiert diese zum Teil aus der schlechten materiellen Ausstattung der Universitätsforschung, scheint aber stärker noch durch die eher 'lockere' Organisationsform bedingt zu sein. Hier dürften auch Mentalitätsunterschiede in den Organisationen eine Rolle spielen: Während man in der Industrie schon lange an den Umgang mit gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen gewöhnt ist, werden diese in den Universitäten häufig noch als unzulässige bürokratische Behinderung der Forschungsfreiheit angesehen.

Insofern scheint die eher offene Organisationsform und die Multidisziplinarität der Universitäten zwar geeignet, Warnhinweise auf bisher völlig unbekannte Folgen zu generieren und zu diskutieren, die in der Industrie aufgrund des stärker monofunktional ausgerichteten Entwicklungsprozesses entweder gar nicht in den Blick kämen oder nicht veröffentlicht würden. Die tendenziell rigiden Maßnahmen zur Folgenvermeidung sind aber mit der offenen Organisationsform nur schwer in Übereinstimmung zu bringen. Diese Widerstände gegen Science Assessment könnten allerdings

vermieden werden, indem die eher kreativen Komponenten der Folgenwahrnehmung dem dafür grundsätzlich geeigneten Organisationstyp, etwa der Universität, und die eher rigiden Komponenten der Folgenvermeidung einem strafferen Organisationstyp, etwa der Industrieforschung, zugewiesen würden.

Wie sich an den oben aufgeführten Beispielen zeigt, gibt es nicht nur normative, sondern auch pragmatische Gründe für die Vorverlegung der Folgenerkenntnis. In dem Maße, wie Normen des Gesundheits- und Umweltschutzes in der Gesellschaft allgemein gültig werden, wird auch ihre Einhaltung ökonomisch funktional, zumindest für Wirtschaftsunternehmen, die längerfristig kalkulieren. Die aus Gründen der internationalen Innovationskonkurrenz angestrebte Verkürzung der Entwicklungszeiten legt dann die Integration der Folgenabschätzung im FuE-Prozess nahe. Das heißt allerdings nicht, daß sich eine frühe Folgenabschätzung nun quasi von selbst durchsetzen würde. Denn der theoretische Nachweis der ökonomischen Sinnhaftigkeit allein, der im einzelnen von vielfältigen und im voraus schwer kalkulierbaren Randbedingungen abhängig ist, bedeutete noch nicht die praktische Durchsetzung gegen Mentalitätsblockaden und verkrustete Organisationsstrukturen. In dem Maße, wie Ökonomie und Politik aber einem erhöhten öffentlichen Legitimationsdruck ausgesetzt und zu Transformationen gezwungen sind, werden sie diesen auch an die Forschung als 'Lieferantin' von technologischen Ideen und Technikfolgenabschätzungswissen weitergeben - umso eher dort, wo aufgrund der aus Innovationsgründen angestrebten Kopplung bereits enge 'Lieferbeziehungen' vorhanden sind.

Wenn die Wissenschaft von diesen Entwicklungen, z.B. der zunehmenden Verrechtlichung der Forschung, nicht unvorbereitet und bloß reaktiv betroffen sein will, müßte sie sich mit den Anforderungen des Publikums auch selbst auseinandersetzen. Daß sie dabei in gesellschaftliche Auseinandersetzungen hereingezogen wird, ist unvermeidbar. Denn die Verunsicherung, die Wissenschaft in der Gesellschaft auslöst, muß notgedrungen auch auf die Wissenschaft in der Gesellschaft zurückschlagen (Lau 1994). Anachronistisch ist also das Bedauern, man hätte etwa die innerwissenschaftlichen Bedenken über Gefahren der Gentechnik zu Beginn ihrer Entwicklung bei der Konferenz in Asilomar 1974 nicht an die Öffentlichkeit geben sollen (Trautner 1992). Im Zuge der daran, vor allem in den USA, früh anschließenden Debatte wurde der Gentechnik das o.g. Vorsorgeprinzip auferlegt. Selbst wenn es eines Tages einen Konsens darüber geben sollte, daß die Wirkungen der Gentechnik vollkommen kalkulierbar seien, werden sich die anfänglichen Erschwernisse als vergleichsweise tragbar herausstellen im Vergleich zu den Belastungen, die im Zuge einer infolge schwerer Schäden spät ausgelösten Debatte - wie bei der Atomtechnik - über die Wissenschaft hereinbrechen würden. Mit den kulturellen Veränderungen, die von der Gentechnik ausgelöst werden, muß sich die Gesellschaft ohnehin befassen, sobald die entsprechenden Innovationen den allgemeinen Markt erreichen. Der Problemstau, den eine späte Debatte dann auslöst, läßt auch die Wissenschaft nicht unberührt²⁶.

C) Schluß

Die alten Sicherheitsversprechen lassen sich also nicht restaurieren, auch nicht in dem mit der frühen Folgenerkennung intendierten Versuch, die faktische und normative Unsicherheit kalkulierbarer zu machen. Inwieweit sich die Vorverlegung der Folgenerkenntnis durchsetzt, wird ei-

²⁶ In diesem Sinne kann man auch die besonderen Schwierigkeiten deuten, auf die die Entwicklungen der Gentechnik in der BRD, wo die Debatte ca. 10 Jahre später einsetzte, im Vergleich zu den USA stößt.

nerseits von ihrer faktischen und normativen Prognosefähigkeit abhängen, andererseits von dem Legitimationsdruck, der nicht zuletzt von den Sozialen Bewegungen aus dem Selbstwiderspruch der Modernisierung - zwischen Dogmatismus und organisiertem Skeptizismus in der Wissenschaft, zwischen Sicherheitsversprechen und Verunsicherung in der Gesellschaft - gegen die Durchsetzungskartelle 'einfacher Modernisierung' erzeugt wird. So wie sich 'einfache' und 'reflexive' Modernisierung in der gesellschaftlichen Transformation der Industrieländer gegenwärtig überlagern (Prittwitz 1993), sind auch in der Praxis der Wissenschaft beide Tendenzen zu beobachten, die sich z.T. gegenseitig konterkarieren (Hasse/ Gill 1994). Der eingangs angesprochene Übergang vom 'Reflex' zur 'Reflexivität' wäre also davon abhängig, inwieweit sich 'reflexive', d.h. im Bezug auf die Folgenwahrnehmung lernfähige, Organisationen in der Wissenschaft herausbilden und sich - in einem von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen abhängigen - Selektionsprozeß durchsetzen.

Als funktionales Subsystem ist Wissenschaft dabei für den Anspruch der 'Reflexivität' kognitiv durchaus empfänglich: Risikoeffekte sind wie andere Effekte einer theoretischen wie empirisch-analytischen Überprüfung zugänglich, Folgenprognosen wie andere Prognosen im Code von 'wahr' oder 'falsch' - bzw. 'wahrscheinlich' oder 'unwahrscheinlich' - sehr wohl 'anschlußfähig'. Die Risikohypothese zur Auswirkung von FCKW auf die Ozonschicht war von einem Wettlauf um die Erstveröffentlichung in den renommiertesten Wissenschaftszeitschriften begleitet, einem Prioritätsstreit, wie er für wichtige wissenschaftliche 'Entdeckungen' ganz allgemein nicht ungewöhnlich ist (vgl. Merton 1985, S.258 ff.). Auch die Sicherheitsforschung zur Gentechnologie, etwa zum horizontalen Gentransfer²⁷, kann *wissenschaftlich* hochinteressant sein, z.B. weil sich hier neue, unvermutete Aufschlüsse über die Evolution der Lebewesen ergeben können. Wenn viele Projekte als wenig attraktiv gelten, so zum einen deshalb, weil hier Risiken ausgeschlossen werden sollen, die im politischen Diskurs geltend gemacht wurden, aus der Sicht der beteiligten Forscher aber als wenig plausibel erscheinen und mit 'Entdeckungen' daher nicht gerechnet wird. Zum anderen erklärt sich die Zurückhaltung daraus, daß der implizite normative Gehalt der begleitenden Sicherheitsforschung häufig einer möglichst umstandslosen Umsetzung der Nutzungsideen entgegensteht, und damit den - im funktionalen Sinne außerwissenschaftlichen - sozialen Interessen der beteiligten Forscher oder Communities widerspricht. So ist augenfällig, daß 'Entdeckungen', die wider Erwarten in der politisch mehr oder weniger oktroyierten Sicherheitsforschung eben doch gemacht werden (z.B. MPI Köln 1993, S.146), sehr vorsichtig und zurückhaltend dargestellt werden - im Gegensatz zu oft vorschnell und euphorisch verkündeten Effekten mit direkter Nutzungsmöglichkeit.

Aus der zuletzt gewählten Perspektive lassen sich drei Entgrenzungsschritte beim Übergang der Wissenschaft zur 'Reflexivität' ausmachen: In der Wissenschaft konstituieren sich Subdisziplinen, wie z.B. die Ökologie, deren impliziter normativer Gehalt den technologischen Innovationsimpulsen aus anderen Subdisziplinen, wie z.B. der aus der Molekularbiologie resultierenden Gentechnologie, tendenziell widerspricht. Dieser erste, z.T. längst vollzogene Schritt, zeichnet sich dadurch aus, daß die Wahrnehmung potentieller Folgen in anderen Segmenten des Wissenschaftssystems generiert wird, d.h. in sozialer Ferne zur Genese potentieller Folgen. Kognitive oder soziale Strategien der Ausgrenzung werden in diesem Fall nicht wirksam, es kommt stattdessen zum "epistemischen Streit" (v.Schomberg), der meist auf 'subpolitischer' oder politischer Ebene, und daher oft mit großer zeitlicher Verzögerung, ausgetragen wird. Beim zweiten Schritt werden disziplinäre und interdisziplinäre Überlegungen und Auseinandersetzungen auch unmittelbar - und daher zu einem

²⁷ Unter 'horizontalem Gentransfer' versteht man die Übertragung von genetischem Material zwischen Lebewesen, die sexuell nicht miteinander gekreuzt werden können, z.B. zwischen Pflanzen und Bodenbakterien.

früheren Zeitpunkt - in den technologisch relevanten Segmenten wirksam. In dem Maße, wie dann die systematische Befassung mit Ungewißheit in der Wissenschaft direkt internalisiert wird, bricht auch die Dominanz der jeweils gültigen Paradigmen auf und macht einer stärkeren Pluralisierung der zulässigen Perspektiven Platz. Beim dritten Schritt werden Wissenschaftsnutzer und -betroffene an der Diskussion um Forschungsziele beteiligt. Spätestens hier sind die mit den jeweiligen Forschungszielen verbundenen Wertpräferenzen zu explizieren. Stärker noch als beim zweiten Schritt sind dann nicht nur interessenbedingte, sondern insbesondere habituelle und kognitive Barrieren bei vielen der beteiligten Wissenschaftler zu beobachten. Denn hier handelt es sich um eine "Code-Synthese" (Beck 1993, S.193 ff.), indem zwar nicht über Wahrheits-, wohl aber über Relevanzfragen auch anhand außerwissenschaftlicher Kriterien diskutiert wird.

Dieser letzte, noch selten vollzogene Schritt²⁸ ist jedoch nicht mit innerwissenschaftlichen Argumenten, sondern nur mit demokratietheoretischen und gesellschaftspolitischen Erwägungen zu begründen. Immerhin könnte so dem Wertewandel vorausschauend Rechnung getragen werden, denn neue Wertpräferenzen entwickeln sich allmählich bei den im breiteren Sinne Betroffenen, bevor sie von den wissenschafts- und technologiepolitischen Eliten wahr- und schließlich ernstgenommen werden. Geeignete Partizipationsmodelle können hier zu einer wechselseitigen Synchronisation der Werthaltungen führen, die die Entwicklungsziele auf der Angebotsseite und die Verbrauchererwartungen auf der Nachfrageseite bestimmen.

Wenn es insgesamt zutrifft, daß Science Assessment per se weder technikhemmend noch technikfördernd ist, sondern nur die Pluralisierung, Flexibilisierung und Ökologisierung der Technologieentwicklung zur Folge hat, dann blieben Bevölkerungswachstum, ökonomische Expansion und internationale Reichtumsverteilung davon allerdings weitgehend unberührt. Die reflexive Modernisierung der Wissenschaft wäre dann ein notwendiger, aber kein hinreichender Schritt auf dem Weg zu einer zukunftsverträglichen Entwicklung.

²⁸ Z.B. wurde in den USA - zumindest zeitweilig - in der medizinischen Forschungsförderung ein zweistufiges Verfahren eingesetzt. Eingehende Projektanträge wurden zunächst von Wissenschaftlern begutachtet. Über die Priorität ihrer Förderung wurde von einem Laiengremium entschieden (Dutton 1984).

Literatur

- Baumann, Z., 1992: The solution as problem, in: The Times Higher Education Supplement, 13.11.1992, S.25
- Bechmann, G./Gloede, F., 1991: Erkennen und Anerkennen. Über die Grenzen der Idee der "Frühwarnung", in: Petermann 1991, aaO., S.121-150
- Bechmann, G./Jörissen, J., 1992: Technikfolgenabschätzung und Umweltverträglichkeitsprüfung - Konzepte und Entscheidungsbezug, in: Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft, Jg.75/2., S.140-171
- Beck, U., 1986: Risikogesellschaft - Auf dem Weg in eine andere Moderne, Frankfurt/M.
- Beck, U., 1993: Die Erfindung des Politischen, Frankfurt
- Beck, U./ Bonß, W. (Hrsg.), 1989: Weder Sozialtechnologie noch Aufklärung? Analysen zur Verwendung sozialwissenschaftlichen Wissens, Frankfurt/M.
- Böhme, G./Daele W.v.d./Krohn, W., 1978a: Die Verwissenschaftlichung von Technologie, in: Böhme u.a., 1978b, S. 339-376
- Böhme, G. u.a., 1978b: Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts (Starnberger Studien I), Frankfurt/M.
- Bonß, W., u.a., 1992: Risiko und Kontext. Zur Unsicherheit in der Gentechnologie, in: Jahrbuch Technik und Gesellschaft Nr.6, Frankfurt/M. S.141 - 174
- Bösch, S., 1993: Was war wann über die Chemie und Physik der FCKW's, die Existenz und Funktion der Ozonschicht und die Wirkung der UVB-Strahlung bekannt (Arbeitstitel), Erlangen, unveröffentl. Manuskript, 26 Seiten
- Collingridge, D., 1980: The Social Control of Technology, London
- Daele, W.v., 1993: Sozialverträglichkeit und Umweltverträglichkeit - Inhaltliche Mindeststandards und Verfahren bei der Beurteilung neuer Technik, in: Politische Vierteljahresschrift Nr.34, S.219-248
- Dierkes, M., u.a., 1992: Leitbild und Technik - Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen, Berlin
- Dotto, L./Schiff, H., 1978: The Ozone War, Garden City, NY
- Douglas, M./Wildavsky, A., 1982: Risk and Culture, Berkeley
- Dutton, D., 1984: The Impact of Public Partizipation in Biomedical Policy, in: Petersen, J.C. (Ed.): Citizen Participation in Science Policy, Amherst
- Gassen, H.G., u.a., 1991: Gutachten zur Biologischen Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestages (TAB), TH Darmstadt, Inst. f. Biochemie
- Geissler, E./ Haynes, R.H. (Eds.), 1991: Prevention of a Biological and Toxin Arms Race and the Responsibility of Scientists, Berlin
- Gewerbeaufsicht 1992: Jahresbericht 1992 der Gewerbeaufsicht des Landes Nordrhein-Westfalen/Immissionsschutz, S.54-56 (Gentechnische Anlagen), hrsg. vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft
- Gill, B., 1992: Kettenmoleküle und Assoziationsketten - Metaphern in der Gentechnologie und Genomanalyse, in: Prokla, 22.Jg./Nr.88, S.413 - 433
- Haas, P.M., 1992: Banning chlorofluorocarbons - epistemic community efforts to protect stratospheric ozone, in: International Organization, vol.46/no.1, S.187 - 224
- Hack, L./Hack, I., 1985: "Kritische Massen" - Zum akademisch-industriellen Komplex im Bereich der Mikrobiologie/Gentechnologie, in: Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 3, Frankfurt/M.
- Harrison, K., 1991: Between science and politics: assessing the risks of dioxins in Canada and the United States, in: Policy Sciences, vol.24, S.367-388

- Harwood, J., 1989: Gesellschaftsstruktur als Analogie. Genetiker stellen sich die Zelle vor, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte, Jg.12, S.157 ff.
- Hasse, R., 1994: Forschung unter Bedingungen kontroverser Risiko- und Folgenthematisierung, Teil des Berichtentwurfs zum BMFT-Projekt "Die Technologisierung der Biologie. Durchsetzung eines neuen Wissenstyps in der Forschung"
- Hasse, R./Gill, B., 1994: Biotechnological Research in Germany - Problems of Political Regulation and Public Acceptance, in: Schimank, U./Stucke, A. (Eds.): Coping with Trouble - How Science Reacts to Political Disturbances of Research Conditions, Frankfurt/M., S.253-292
- Hay, A./Silbergeld, E., 1985: Assessing the risk of dioxin exposure, in: Nature, vol.315, S.102-103
- Inglehart, R., 1982: Changing Values and the Rise of Environmentalism in Western Societies, Wissenschaftszentrum Berlin, IIUG/pre 82-14
- Japp, K.P., 1992: Selbstverstärkungseffekte riskanter Entscheidungen - Zur Unterscheidung von Rationalität und Risiko, in: Zeitschrift für Soziologie, Jg.21/Heft 1, S.31 - 48
- Jasanoff, S., 1986: Risk Management and Political Culture, New York
- Jochem, E. u.a., 1976: Die Motorisierung und ihre Auswirkungen. Untersuchung zur Frage der Realisierbarkeit der Technikfolgenabschätzung anhand von ex post-Projektionen, Göttingen
- Karmus, W., 1989: Das Zusammenspiel der Wissenschaft, Behörden und Industrie dargestellt am Fall der Risiko-Beurteilung und Risikobewältigung von Dioxinen, Wissenschaftszentrum Berlin, P 89-205
- Krohn, W./Küppers, G., 1989: Die Selbstorganisation der Wissenschaft, Frankfurt/M.
- Krohn, W./Weyer, J., 1990: Die Gesellschaft als Labor - Risikotransformation und Risikokonstitution durch moderne Forschung, in: Halfmann, J./Japp, K.P. (Hg.), 1990: Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale, Opladen, S.89 - 122
- Lai, T.L., 1984: Incorporating Scientific, Ethical and Economic Considerations into the Design of Clinical Trials in the Pharmaceutical Industry: A Sequential Approach, in: Communications in Statistics, Theory and Methods, vol. 13 (19), S.2355-2368
- Lau, C., 1994: Wissenschaft und Unsicherheit, Antrittsvorlesung am 24.1.1994 an der Universität Erlangen-Nürnberg (Manuskript)
- Layh, S., 1992: Gen-Technologie-Club: damit der Mensch 800 wird, in: Rems-Murr-Rundschau v. 29.9.1992
- Luhmann, N., 1991: Soziologie des Risikos, Berlin
- Marx, K., 1977 [1864]: Das Kapital, Band 1, Berlin: Dietz-Verlag
- Merton, R.K., 1985 [1938-1971]: Entwicklung und Wandel von Forschungsinteressen, Frankfurt/M.
- Mieth, D., 1991: Wissenschaft - Technik - Ökonomie: Was können wir verantworten?, in: Wils, J.P./Mieth, D. (Hrsg.): Ethik ohne Chance? Erkundungen im technologischen Zeitalter, Tübingen, S.210-224
- MPI Köln 1993: Report of the Scientific Advisory Board, Meeting 3-5 November 1993, publ. by Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung Köln-Vogelsang, ed. by C. Meyer
- Oberthür, S., 1992: Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, in: Zeitschrift für Umweltpolitik, ZfU 2/92, S.155-185
- Paschen, H. u.a., 1991: Zur Umsetzungsproblematik bei der Technikfolgen-Abschätzung, in: Petermann 1991, aaO., S.151 - 184
- Paschen, H./Petermann, Th., 1991: Technikfolgen-Abschätzung - Ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Techniken, in: Petermann 1991, aaO., S.19 - 42
- Perrow, C., 1989: Normale Katastrophen - Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik, Frankfurt/M.
- Petermann, T. (Hrsg.), 1991: Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung, Frankfurt
- Pfetsch, F., 1974: Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750-1914, Berlin

- Pries, L., 1991: Betrieblicher Wandel in der Risikogesellschaft, Opladen
- Prittitz, V.v., 1993: Reflexive Modernisierung und öffentliches Handeln, in: ders. (Hrsg.):
Umweltpolitik als Modernisierungsprozeß, Opladen, S.31-50
- Rawls, R.L., 1984: Progress in Gene Therapy Brings Human Trials Near, in: Chemical &
Engineering News Vol.62, No. 33 (13.8.1984), S.40-46
- Roan, S., 1989: Ozone Crisis. The 15-year Evolution of a Sudden Global Emergency, New York
- Sandermann, W., 1984: Die Entdeckungsgeschichte des 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxins
(TCDD, Sevesogift), in: Naturwissenschaftliche Rundschau, Jg. 37/no.5, S.173-178
- Sapp, J., 1987: Beyond the Gene. Cytoplasmic Inheritance and the Struggle for Authority in
Genetics, New York
- Schell, T.v., 1992: Die Diskussion um die Freisetzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen
als Beispiel einer interdisziplinären Urteilsbildung, Dissertation, Tübingen
- Schimank, U., 1990: Dynamiken wissenschaftlich-technischer Innovation und Risikoproduktion, in:
Halfmann, J./ Japp, K.P. (Hrsg.): Riskante Entscheidungen und Katastrophenpotentiale -
Elemente einer soziologischen Risikoforschung, Opladen, S.61-88
- Schnabel, U., 1993: Wie groß ist das Ozonloch über uns?, in: Die Zeit v.2.4.1993, S.37-38
- Schomberg, R.v., 1993: Political Decision Making in Science and Technology - A Controversy
About the Release of Genetically Engineered Organisms, in: Technology in Society, vol. 15,
S.371-381
- Sullivan, W., 1962: Angriff auf das Unbekannte. Das Internationale Geophysikalische Jahr, Wien
- Trautner, T., 1992: Die Rechtfertigung von Grundlagenforschung am Beispiel der Gentechnologie.
In: Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen, Heft 1/92, S.182-189
- Wassermann, O., 1992: "Dioxin" - ein facettenreiches Problem, in: Wechselwirkung Nr.54 (April
1992), S.30-36
- Wiener, N., 1962: Mathematik mein Leben, Düsseldorf
- Wildavsky, A., 1984: Die Suche nach einer fehlerlosen Risikominderungsstrategie, in: Krohn,
W./Krücken, G. (Hrsg.): Riskante Technologien - Reflexion und Regulation, Frankfurt 1993,
S.305 - 319
- Willke, H., 1993: Die Ironie des Staates, Frankfurt/M.
- Wolf, R., 1982: Rechtsordnung und Technostruktur, in: Jahrbuch für Rechtstheorie und
Rechtssoziologie, Bd.8