

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

Heidrun C. Hoppe und Wilhelm Pfähler*
Universität Hamburg

„Am wichtigsten ist es, nicht mit dem Fragen aufzuhören. Die Neugier hat eine eigene Existenzberechtigung.“

(Albert Einstein)

1. Einleitung

In jüngerer Zeit steht die Grundlagenforschung wieder im Mittelpunkt heftiger wissenschafts- und wirtschaftspolitischer Debatten. Die *wissenschaftspolitische* Debatte wurde auf internationaler Ebene wesentlich von Kealeys (1996) Buch *The Economic Laws of Scientific Research* angestoßen. Der Mediziner und Biochemiker Kealey fordert darin nicht weniger als den vollständigen Rückzug des Staates aus Wissenschaft und Forschung. Zur Begründung führt er im wesentlichen aus, daß bei der Bereitstellung und Finanzierung von Grundlagenforschung kein „Marktversagen“ zu befürchten wäre, daß – im Gegenteil – öffentlich finanzierte Grundlagenforschung zu ineffizienten Ergebnissen führe oder bestensfalls private Forschungsinvestitionen verdränge (siehe auch Kealey, 1998a, 1998b). Dem halten die Gegner, insbesondere die Ökonomen David (1997) und Stoneman (1997), entgegen, daß Kealey die Ursachen und Erscheinungsformen von „Marktversagen“ im Falle der Grundlagenforschung verkenne und wesentliche ökonomische Effekte der Grundlagenforschung nicht ins Kalkül ziehe.

Die *wirtschaftspolitische* Debatte findet ihren Niederschlag in der derzeitigen Ausrichtung der Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiepolitik in vielen westlichen Industrieländern: So wird der markt- und industrienahen sowie der regional konzentrierten Forschung und Entwicklung (F&E) in Kooperation mit der Wirtschaft oftmals politische Priorität gegenüber der wissenschaftlichen Grundlagenforschung eingeräumt. In Deutschland standen bislang die „Förderung von Spitzentechnologien als Innovationsmotoren“ und die „Innovationsorientierung in der Forschungspolitik“ an oberster Stelle der Liste der zentralen

* Wir danken dem Herausgeber und einem anonymen Gutachter für hilfreiche Anmerkungen.

forschungspolitischen Ziele der Regierung.¹ Sogenannte „Leitprojekte“ in Forschung und Entwicklung und „regionale Kompetenzzentren“ stehen beispielhaft für diese strategische Ausrichtung. Zudem werden universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen immer stärker in die Rolle von aktiven Vermittlern und Anwendern des neuen Wissens gedrängt, indem man sie politisch verpflichtet (und finanziell dabei fördert), den Wissens- und Technologietransfer und Existenzgründungen technologieorientierter Unternehmen zu forcieren. Man verspricht sich von alledem eine höhere Innovationsdynamik der Wirtschaft, eine gesteigerte internationale (technologische) Wettbewerbsfähigkeit und schließlich mehr Wachstum und Beschäftigung.²

Die aktuelle Diskussion wird beflügelt durch eine Reihe jüngerer Entwicklungen. Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung stößt in immer extremere Dimensionen der Materie vor. Die dafür notwendigen instrumentellen Hilfsmittel (Laboratorien, Großgeräte) werden technologisch und finanziell immer aufwendiger. Dieser steigende Finanzierungsbedarf stößt gleichzeitig auf immer enger werdende Finanzierungsspielräume der Staates, da der größte Teil der Forschungsausgaben bereits für die institutionelle Förderung und für europäische und internationale Großprojekte langfristig gebunden ist. An nachhaltige Budgetaufstockungen für Forschungs- und Technologiezwecke ist kaum zu denken. Aufgrund des verhaltenen Wirtschaftswachstums und der gleichbleibend hohen oder gar steigenden Arbeitslosigkeit verschieben sich die finanzpolitischen Prioritäten zugunsten öffentlicher Ausgaben- und Steuersenkungsprogramme, von denen man sich – im Gegensatz zur Förderung der Grundlagenforschung – bereits kurzfristig mehr Arbeitsplätze und Wachstumsimpulse verspricht.

Die Erfahrungen mit industrie- und marktnahen Förderprogrammen wecken allerdings auch Zweifel an der ökonomischen Sinnfälligkeit der bisherigen Ausrichtung der Forschungs- und Technologiepolitik. Die Kritiker weisen auf die Gefahr von Verdrängungs- bzw. Mitnahmeeffekten seitens der privaten Industrie hin, sie sehen ferner die Gefahr innovationspolitischer Fehlentwicklungen infolge staatlicher Anmaßung von Wissen und Anfälligkeit gegenüber Lobbyaktivitäten der forschenden Wirtschaft. In den USA führt dies bereits zu Empfehlungen, der Staat möge sich wieder primär auf seine Aufgaben im Bereich der wissenschaftlichen Grundlagenforschung besinnen (siehe z.B. Brown, 1998).

Diese wissenschafts-, wirtschafts- und haushaltspolitische Gemengelage gibt hinreichenden Anlaß zu einer Neubesinnung und ggf. einer Neueinschätzung des Stellenwerts der (insbesondere naturwissenschaftlichen) Grundlagenforschung. Unverzichtbare, wenngleich natürlich nicht alleinige Grundlage einer solchen Neubesinnung ist eine Analyse der Grundlagenforschung aus ökonomischer Sicht. Zu diesem Zweck muß man sich wenigstens mit vier

1. Siehe Bundesbericht Forschung 1996, S. 7. Momentan scheint sich allerdings eine Trendwende in der deutschen Wissenschafts- und Forschungspolitik abzuzeichnen; siehe Bundesbericht Forschung 2000, S. 18.

2. Siehe Bundesbericht Forschung 1996, S. 28f, Bundesbericht Forschung 2000, S. 13f.

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

Fragenkomplexen befassen:

- Welche Rolle spielt Grundlagenforschung im Innovations- und Wachstumsprozess einer Volkswirtschaft (Abschnitt 2)?
- Welche ökonomischen Effekte hat Grundlagenforschung (Abschnitt 3)?
- Welche allokatonspolitische Rolle sollte der Staat bei der Finanzierung und Durchführung von Grundlagenforschung spielen (Abschnitt 4)?
- Und welche wissenschaftspolitischen Empfehlungen resultieren aus der Analyse und Beantwortung dieser Fragen (Abschnitt 5)?

Natürlich muß eine Analyse dieser Fragen auf einer klaren Definition und Abgrenzung von Grundlagenforschung beruhen. Aus Gründen, die später noch viel deutlicher werden, folgen wir hier nicht der gängigen (und im übrigen uneinheitlichen) Definition und Abgrenzung, wonach sich Grundlagenforschung von angewandter Forschung hinsichtlich der Methoden und Anwendbarkeit unterscheidet. Eine solche Abgrenzung erweist sich für die Ökonomie der Grundlagenforschung als völlig untauglich. Zum einen wird bereits per definitionem ausgeschlossen, daß Ergebnisse der Grundlagenforschung in der privaten Wirtschaft anwendbar sind. Ergebnisse der Grundlagenforschung können aber ebenso ein wichtiger Input für angewandte Forschung sein, wie umgekehrt die Erkenntnisse über neue Technologien und deren Anwendungsmöglichkeiten ein unverzichtbarer Input für Grundlagenforschung sind. Zum anderen beobachten wir, daß sowohl im Wissenschaftsbereich als auch in der privaten Wirtschaft oftmals mit ähnlichen wissenschaftlichen Methoden geforscht wird. Wir halten es deshalb für sinnvoll, wie von de Solla Price (1984) vorgeschlagen, Grundlagenforschung und angewandte Forschung hinsichtlich ihres *Untersuchungsgegenstandes*, nicht aber hinsichtlich ihrer *Methoden* oder *Anwendbarkeit* zu unterscheiden:

- Grundlagenforschung ist danach die theoretische, experimentelle oder empirische Erforschung von Natur und Umwelt.
- Angewandte Forschung ist dagegen die theoretische, experimentelle oder empirische Analyse von bestimmten Technologien und ihren Anwendungsmöglichkeiten.

In dieser Definition bleibt offen, ob Grundlagenforschung durch private Unternehmen und Organisationen, durch staatliche Förderung von privaten Unternehmen und Organisationen oder direkt durch staatliche Körperschaften betrieben und finanziert wird. Infolgedessen kann sich der Begriff Grundlagenforschung nach dieser Definition auch mit anderen Begriffen, wie „Wissenschaft“, „akademische Forschung“ oder nur „Forschung“ überlappen.³

3. Rosenberg (1990) stellt fest, daß nur sehr wenige Unternehmen in bestimmten Industriebranchen (Chemie, Elektrotechnik, Luft- und Raumfahrt und Maschinenbau) in Grundlagenforschung investieren. Grundlagenforschung dient dann vor allem dem Aufbau und der Erhöhung der Fähigkeit zur Absorption von externem Wissen (s.u.) und damit der Entwicklung eines besseren Verständnisses der Erforschung und Entwicklung von neuen Technologien und ihren Anwendungsmöglichkeiten.

2. Zur Rolle der Grundlagenforschung im Innovations- und Wachstumsprozess

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur wird unumstritten die Ansicht vertreten, daß es eine Verbindung zwischen Grundlagenforschung auf der einen Seite und dem industriellen Einsatz von neuen Technologien und Produkten auf der anderen Seite gibt. Wie diese Verbindung gestaltet ist, war und ist noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Deutungen.

2.1. Das sogenannte lineare Modell des Innovationsprozesses

Die längste Zeit wurde die Verbindung zwischen Grundlagenforschung und Wirtschaftswachstum in einer Weise gesehen, die auch als das „lineare Modell des Innovationsprozesses“ bezeichnet wird. Im Verständnis dieses Modells sind Wissenschaft und Wirtschaft durch einen direkten Pfad verbunden, der von Grundlagenforschung zur angewandten Forschung über Innovation bis zum breiten kommerziellen Einsatz von neuen Technologien und Produkten führt (siehe Abbildung 1).

Diese Sichtweise ist sowohl in der Ökonomie als auch in der Politik weit verbreitet. So unterliegt das sog. lineare Modell im Prinzip der neueren endogenen Wachstumstheorie, in der versucht wird, über eine Endogenisierung des technologischen Fortschritts zu neuen Einsichten über die Rolle von Innovationen für das Wirtschaftswachstum zu gelangen (siehe z.B. Romer, 1990), aber auch der staatlichen Forschungspolitik in vielen Ländern Europas (siehe hierzu Smith, 1994). Zunehmend wird das sog. lineare Modell jedoch von vielen Seiten als eine zu simple Beschreibung des Innovationsprozesses abgelehnt. Ebensowenig wie (private oder öffentliche) Investitionen in Grundlagenforschung automatisch zu neuen Erfindungen bzw. Technologien führen, folgt aus dem Einsatz neuer Technologien automatisch ein Anstieg des Wirtschaftswachstums. Schon ein erster Blick in die Statistik zeigt, daß zum Beispiel Mitte der 90er Jahre in Ländern, in denen öffentliche Mittel in erheblichem Umfang in den Wissenschaftsbereich geflossen sind, wie in Großbritannien, der ehemaligen Sowjetunion und Indien, eine eher schwache wirtschaftliche Entwicklung zu beobachten war, während im asiatischen Raum Wirtschaftswachstum einherging mit einem geringen staatlichen Engagement in der Grundlagenforschung (Smith, 1994).

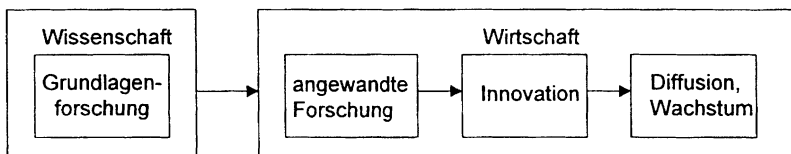


Abbildung 1 Das sog. lineare Modell des Innovationsprozesses

2.2. Der Innovationsprozeß nach de Solla Price

In einer umfangreichen historischen Studie beobachtet de Solla Price (1984), daß der industrielle Einsatz von neuen Technologien in der Regel nicht auf wissenschaftlichem Fortschritt basiert, daß umgekehrt aber auch der wissenschaftliche Fortschritt im allgemeinen unabhängig von industriellen Innovationen verläuft. Diese Beobachtungen widersprechen dem „linearen Modell“ und werfen mithin die Frage auf, welcher Gestalt tatsächlich die allseits vermutete Verbindung zwischen Grundlagenforschung auf der einen Seite und dem industriellen Einsatz von neuen Technologien und Produkten auf der anderen Seite ist. De Solla Price liefert eine überzeugende, wenn auch bisher erstaunlich gering beachtete Antwort, deren Kernargumente wir in Abbildung 2 verdeutlichen. De Solla Price unterscheidet zwischen Grundlagenforschung in der Welt der Wissenschaft, die die Erkundung von Natur und Umwelt zum Gegenstand hat, und angewandter Forschung in der Welt der Wirtschaft, die die Analyse, Weiterentwicklung und Anwendung von neuen Technologien umfaßt – und nicht, wie üblicherweise angenommen, eine Anwendung von Grundlagenforschung auf industrielle Bedürfnisse.

Die Welt der Wissenschaft und die Welt der Wirtschaft entwickeln sich im allgemeinen unabhängig voneinander Schritt für Schritt weiter. Erst wenn dieser parallele, kumulative Prozeß unterbrochen wird durch radikale wissenschaftliche Entdeckungen und unerwartete bedeutende Innovationen, kann eine Verbindung zwischen beiden Welten entstehen. Das entscheidende Verbindungsglied ist dabei das experimentelle Forschen mit neuen Instrumenten und Methoden. Neue Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns können einerseits zu ungeahnten Entdeckungen in der Wissenschaft führen und ganze Paradigmenwechsel einleiten. Die Nutzung desselben Instrumentariums kann

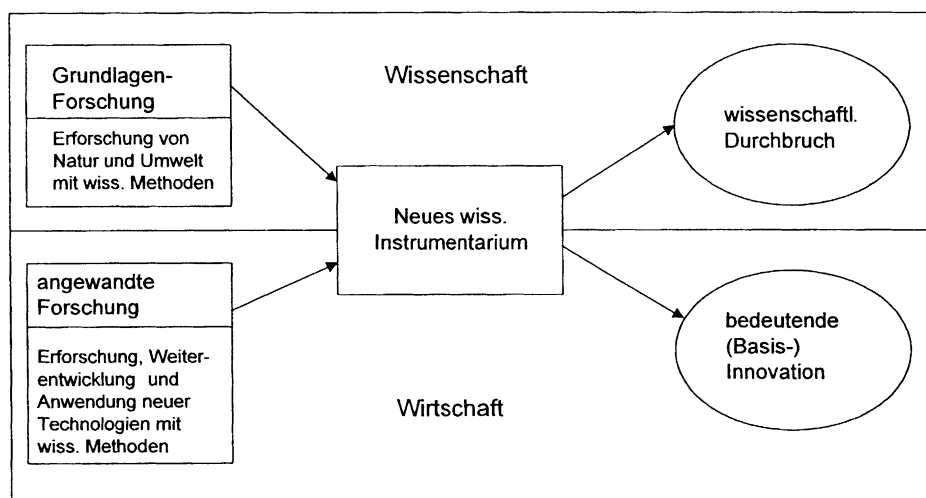


Abbildung 2 Der Innovationsprozeß nach de Solla Price

andererseits zur Entdeckung neuer ungeahnter Anwendungen und Produkte in der Wirtschaft führen. Nach de Solla Price ist es diese Korrelation der Ereignisse in Wissenschaft und Wirtschaft in Folge der Entwicklung und experimentellen Anwendung von neuen Instrumentarien, die zu der vielfach vertretenen, aber irreführenden Ansicht Anlaß gegeben hat, angewandte Forschung würde auf irgendeine Art und Weise direkt auf wissenschaftlichem Fortschritt basieren. Tatsächlich besteht die Verbindung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft darin, daß radikale wissenschaftliche und bedeutende technologische Neuerungen vielfach auf die Erfindung und Nutzung *desselben* Instrumentariums zurückgeführt werden können. Zentrales Argument ist dabei die Tatsache, daß neue Instrumente, Methoden und Forschungstechnologien oftmals über ihre beabsichtigte Anwendung hinaus weitreichende, nicht vorhersehbare Nutzungsmöglichkeiten für Grundlagenforschung, angewandte Forschung und einen kommerziellen Einsatz bieten und so zu Brüchen im „normalen“ Fortschritt in Wissenschaft und Wirtschaft führen.

Zahlreiche historische Beispiele belegen diese Theorie der Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dazu gehören insbesondere das Galileische Teleskop, dessen experimentelle Nutzung einerseits einen regelrechten Boom in der kommerziellen Herstellung von optischen Instrumenten auslöste und andererseits ein neues Zeitalter der Wissenschaft begründete, sowie die neuen Techniken der künstlichen Kristallzüchtung, deren experimentelle Anwendung in den Bell Laboratories einerseits maßgeblich zur Entwicklung des Transistors beitrug und andererseits das Gebiet der Festkörperphysik eröffnete.⁴ Weitere empirische Evidenz liefert de Solla Price (1984) mit einer Analyse von Zitationen von wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Patenten, die üblicherweise als Indikator für die Verbindung zwischen Wissenschaft (Grundlagenforschung) und industrieller Technologie (angewandter Forschung) gelten. Er stellt fest, daß ein hoher Anteil der meistzitierten Artikel weltweit der Kategorie „methodische Beiträge“ angehört, in denen Untersuchungs*methoden* und nicht Untersuchungs*ergebnisse* im Vordergrund stehen.

Zur Theorie von de Solla Price möchten wir anmerken, daß das Experimentieren mit neuen Instrumentarien nur dann das zentrale Verbindungsglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sein kann, wenn die Fähigkeiten gegeben sind, Neuerungen wahrzunehmen, zu bewerten und für den eigenen Zweck nutzbar zu machen. Diese Fähigkeit wird in der Literatur häufig als *Fähigkeit zur Absorption von externem Wissen* bezeichnet.⁵ Sie ist gleichermaßen erforderlich auf Seiten der Wirtschaft wie der Wissenschaft.

4. Siehe de Solla Price (1984) für weitere Literaturangaben.

5. Siehe hierzu Cohen und Levinthal (1989) und Kamien und Zang (2000).

3. Ökonomische Effekte der Grundlagenforschung

Grundlagenforschung hat vielerlei Effekte; dazu zählen ökonomische, soziale, kulturelle und Umwelteffekte. Vielfach verschwimmen die Grenzen zwischen ökonomischen und nicht-ökonomischen Effekten. Trotzdem interessieren uns hier nur die ökonomischen Effekte (im weitesten Sinne) und die Methoden zu ihrer empirischen Erfassung. Ein besonderes Augenmerk richten wir dabei auf neue Instrumente und Forschungstechnologien.

3.1. Klassifikation und Arten ökonomischer Effekte

Zu den ökonomischen Effekten gehören neben den „ultimativen“ Wirkungen auf das Wirtschafts- oder Produktivitätswachstum eine Vielzahl von vor-, zwischen- und nebengelagerten Effekten.⁶ Abbildung 3 zeigt die Vielzahl dieser ökonomischen Effekte in einem zusammenfassenden Überblick. Sie fallen sowohl in der Phase der wissenschaftlichen Leistungserstellung in den Forschungseinrichtungen als auch in der Phase der ökonomischen Verwertung der Forschungs- und Ausbildungsergebnisse in den Unternehmen an.

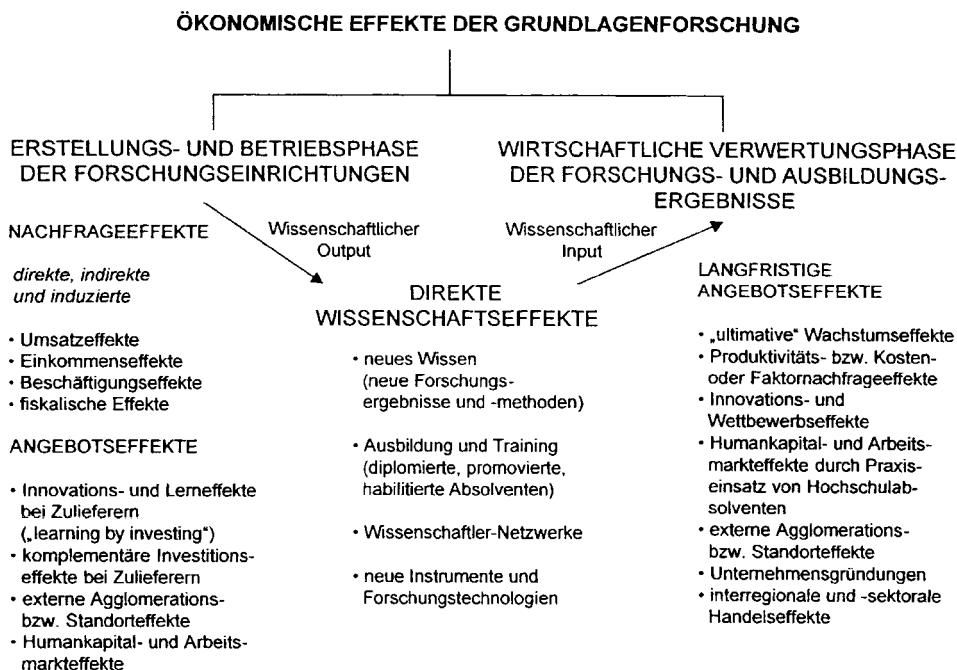


Abbildung 3 Ökonomische Effekte der Grundlagenforschung

6. Über diese Effekte berichten ausführlich u.a. Pfähler und Hoppe (1999) und die Science Policy Research Unit der University of Sussex (1996).

Primäres Ziel der Grundlagenforschung sind natürlich die *direkten Wissenschaftseffekte*. Zu diesen zählen neben dem neuen (personengebundenen und nicht-personen-gebundenen) Wissen insbesondere auch die neuen Forschungsinstrumente und -technologien sowie die Wissenschaftler-Netzwerke. Im Prozeß der Generierung dieser direkten Wissenschaftseffekte entstehen ökonomische *Nachfrageeffekte* (insbesondere Umsatz-, Beschäftigungs-, Einkommens- und fiskalische Effekte) sowie *Angebotseffekte* durch den Bau und den laufenden Betrieb und Unterhalt der Forschungseinrichtungen. Empirisch können Nachfrageeffekte im Rahmen von Input-Output-Analysen ermittelt werden (siehe z.B. Pfähler und Gabriel, 1999; Pfähler et al., 1999a). Für die Analyse von Angebotseffekten, die in der Regel von den spezifischen Forschungstechnologien abhängig sind, bieten sich Fallstudien an. Im Prozeß der ökonomischen Verwertung der direkten Wissenschaftseffekte erhofft man sich *langfristige Angebotseffekte*, die sich letztendlich in Produktivitäts- und Wachstumseffekten niederschlagen. Die gebräuchlichste Methode zu Ermittlung dieser Effekte sind ökonometrische Analysen, in denen die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) in Beziehung gesetzt werden zu einem Maß für das Produktivitätswachstum (für einen Überblick siehe Bönte, 1999; Griliches, 1995; Pfähler et al., 1998, 1999a). Allerdings besteht zwischen Grundlagenforschung und Produktivitätswachstum, wie in Abschnitt 2.2 dargelegt, ein hochkomplexer Zusammenhang. Die Erfassung nur der „ultimativen“ Wirkungen der Grundlagenforschung im Rahmen von Produktivitäts- oder Wachstumsanalysen wird dieser Komplexität nicht ausreichend gerecht. Infolgedessen macht es Sinn, die vorgelagerten Innovationseffekte, die zwischengelagerten Humankapital- und Arbeitsmarkteffekte, die externen Agglomerations- bzw. Standorteffekte sowie die Unternehmensgründungseffekte getrennt zu erfassen. Die am häufigsten angewandten Methoden zur Ermittlung der Innovationseffekte sind Analysen von Umfragen und Statistiken (siehe zuletzt Mansfield, 1998, 1995) sowie Fallstudien. Agglomerations- bzw. Standorteffekte werden häufig in Umfrageanalysen, zunehmend aber auch auf ökonometrische Weise ermittelt (Anselin et al., 1997; Audretsch und Feldman, 1996; Audretsch und Stephan, 1996).

3.2. Effekte neuer Instrumente und Forschungstechnologien – terra incognita

Unter den direkten Wissenschaftseffekten verdient das Hervorbringen von neuen Instrumenten und Forschungstechnologien sowie deren experimentelle Anwendung eine besondere Beachtung. Denn wie die historischen Studien von de Solla Price (1984) deutlich machen, resultieren ökonomische Effekte von Grundlagenforschung vor allem aus der Erfindung, der experimentellen Nutzung und der Fortentwicklung von neuen Instrumentarien und Forschungstechnologien. Diese Effekte sind jedoch extrem schwer abzuschätzbar, da viele Instrumente ursprünglich für eine sehr spezielle Anwendung in der Grundlagenforschung entwickelt werden, ihre erfolgreiche Nutzung dann aber

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

verschiedene weitere, ungeahnte Anwendungsfelder in Grundlagenforschung oder angewandter Forschung eröffnen kann. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür ist der Computer. Pioniere in der Entwicklung des Computers, wie Aiken, Atanasoff, Zuse, Eckert und Mauchly, waren in ihren Forschungsarbeiten mit äußerst komplizierten mathematischen Problemen konfrontiert, deren Lösung viel Mühe und Zeit erfordern würde.⁷ Interessanterweise stand lange Zeit eine Anwendung des Computers außerhalb des Wissenschaftsbereichs außer Frage, wie Howard Aikens Worte im Jahre 1956 deutlich machen:

... if it should ever turn out that the basic logics of a machine designed for the numerical solution of differential equations coincide with the logics of a machine intended to make bills for a department store, I would regard this as the most amazing coincidence that I have ever encountered (in Rosenberg, 1992, S. 382f.).

Ein weiteres Beispiel ist das World Wide Web, das einst am CERN entwickelt wurde, um die Kommunikation zwischen den verschiedenen, an Großexperimenten in der Teilchenphysik beschäftigten Forschergruppen zu beschleunigen.⁸

Rosenberg (1992) dokumentiert zwei wesentliche Pfade der Diffusion von neuen Instrumenten. Zum einen werden neue Instrumente von einer Wissenschaftsdisziplin in eine andere transferiert. Besonders stark scheint dabei der Transfer aus der Physik in die Chemie zu sein, ebenso wie aus der Physik und Chemie in die Biologie und medizinische Forschung. Beispiele sind das Elektronenmikroskop, Teilchenbeschleuniger und Kernspin-Resonanzen. Zum anderen werden neue Forschungsinstrumente aus der Wissenschaft in die Industrie transferiert. Beispiele hierfür lassen sich insbesondere in der Halbleiterindustrie finden, die stark vom Transfer von Instrumenten und Forschungstechnologien aus der Teilchenphysik und von der Nutzung von Synchrotronstrahlung profitiert hat. Synchrotronstrahlung, die als magnetische Bremsstrahlung in Kreisbeschleunigern zunächst als störender Nebeneffekt angesehen wurde, spielt seit Ende der 70er Jahre eine große Rolle in der Condensed Matter-Physik und der Biologie. Sie weist zudem ein umfangreiches Angebot an technisch-ökonomischem Nutzungspotential auf, z.B. in der Medizintechnik und der Weiterentwicklung von Dieselmotoren, und ist besonders in Japan und den USA, aber auch in Deutschland auf eine industrielle Nachfrage gestoßen.⁹ Mit den Effekten von neuen Instrumenten in Wissenschaft und Industrie beschäftigen sich außerdem Riggs und von Hippel (1994) am Beispiel von Auger und Esca, zwei wissenschaftlichen Instrumenten zur Analyse von Oberflächen. Die Autoren stellen fest, daß 44% der 62 Folgeinnovationen von den Nutzern dieser Instrumente im Wissenschafts-

7. Siehe die Dokumentation von Rosenberg (1992, S. 382f).

8. Siehe z.B. International Herald Tribune, 14.08.2000, S. 11.

9. Siehe die BESSY-Studie von Bierhals et al. (1994), die HASYLAB-Studie von Pfähler et al. (1999b) sowie verschiedene Beiträge unter www.desy.de/expo2000.

bereich hervorgebracht wurden und 56% von den industriellen Herstellern dieser wissenschaftlichen Instrumente. Sie liefern damit weitere Evidenz für die Theorie von de Solla Price (1984).

Insgesamt scheint die Rolle von neuen Instrumentarien als eigentliche Quelle von wissenschaftlichem und technologischem Fortschritt noch weitgehend unbekannt und deshalb auch forschungspolitisch nicht anerkannt zu sein. Nur wenige Beiträge in der Literatur widmen sich den Effekten von neuen Instrumenten, Methoden und Forschungstechnologien. Es liegen wenig Informationen vor über die Anteile von nationalen öffentlichen Forschungsbudgets, die direkt für Experimente in Laboren ausgegeben werden. Auch fehlen Daten, die darüber Auskunft geben, wie die Existenz von neuen Instrumenten kommuniziert wird, wie z.B. Daten zur Mobilität von technischem und wissenschaftlichem Personal der Forschungslabore. Ebenso ist unbekannt, ob nicht womöglich immer weniger für immer teurer werdende Instrumente ausgegeben wird, weil keine koordinierten Informationen über die steigenden Kosten für zunehmend aufwendiger werdende Geräte zur Verfügung gestellt werden. Es ist deshalb zu befürchten, daß wegen dieser *terra incognita* die ökonomischen Effekte von Grundlagenforschung insgesamt unterschätzt werden.

4. Zur Rolle des Staates in der Bereitstellung und Finanzierung von Grundlagenforschung

Das grundsätzliche Problem der Beurteilung eines staatlichen Engagements in der Bereitstellung und Finanzierung von Grundlagenforschung besteht darin zu klären, ob es (1.) Ursachen für ein „Marktversagen“ gibt und (2.) dieses Marktversagen nicht schwerer wiegt als ein mögliches „Politikversagen“ im Gefolge der Staatsintervention zur Korrektur des Marktversagens.¹⁰ Ein „Marktversagen“ liegt dann vor, wenn bei marktwirtschaftlicher Bereitstellung und Finanzierung die privaten Forschungsanreize „gestört“ werden, so daß am Ende – gemessen am sozial optimalen Umfang – zu wenig oder zu viel in Forschung investiert wird. Von „Staatsversagen“ spricht man, wenn durch Art, Umfang und Zeitpunkt der Staatsintervention das Marktversagen nicht behoben oder sogar verschlimmert wird.

In der bisherigen wirtschaftspolitischen Diskussion dominiert das sog. „Public goods“-Argument, andere wichtige Ursachen für Marktversagen bei der Bereitstellung und Finanzierung von Forschung und Entwicklung, wie Differenzen in privater und sozialer Risikoneigung, Unteilbarkeiten und technische Großrisiken, werden dagegen kaum beachtet. Im folgenden sollen die wichtigsten Ursachen für Markt- und Staatsversagen kurz diskutiert werden.

10. Zur Korrektur von Marktversagen kommen ordnungs- und regulierungspolitische Maßnahmen privatwirtschaftlicher Aktivität (wie z.B. Genehmigungsverfahren, Technologiefolgeabschätzungen, Patent- und Lizenzrechte) in Betracht, ebenso wie budgetwirksame Maßnahmen der Subventionierung privatwirtschaftlicher Aktivität oder die Übernahme sowohl der Verantwortung als auch der Bereitstellung der Aktivität in staatliche Regie.

Unser Hauptaugenmerk gilt dabei den experimentellen Forschungsaktivitäten mit neuen Instrumenten und Methoden als dem zentralen Verbindungsglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

4.1. „Marktversagen“ und seine Ursachen

4.1.1. Das „Public goods“-Argument

Das zentrale Argument für eine staatliche Finanzierung von Grundlagenforschung basiert auf der Ansicht, daß neues Wissen – also das primäre Produkt von Forschungsaktivitäten – zumindest zum Teil den Charakter eines öffentlichen Gutes hat, also durch Nicht-Rivalität in der Nutzung und Nicht-Ausschließbarkeit von der Nutzung bei Zahlungsunwilligkeit gekennzeichnet ist (Nelson, 1959; Arrow, 1962). Die Suche nach neuen wissenschaftlichen und technologischen Informationen ist in der Regel sehr zeit- und kostenintensiv, während das neu entdeckte Wissen häufig ganz oder teilweise rasch und ohne bedeutende Kosten von anderen Nachfragern genutzt werden kann, ohne daß diese Nutzung den Bestand an Wissen verringert (Nicht-Rivalität) und ohne daß sich Zahlungsunwillige von der Nutzung ausschließen ließen (Nicht-Ausschließbarkeit). Man sagt auch, die Produktion von neuem Wissen gehe einher mit positiven externen Effekten bzw. sog. Wissensspillovern. Forschungsergebnisse und ihre kommerziellen Verwertungserfolge gelten deshalb als begrenzt privat appropriierbar; andere profitieren von ihnen, ohne daß sie dafür einen Preis zu leisten hätten.¹¹ Private Investitionen werden deshalb nicht im gesellschaftlich wünschenswerten Umfang erfolgen. Der „Markt versagt“, und es kommt zur *Unterinvestition* in Forschung.

Diesem negativen Anreizeffekt steht ein möglicher positiver Anreizeffekt gegenüber, der nach Kealey (1996) groß genug ist, um das „Public goods“-Argument vollständig zu entkräften: Es wird argumentiert, daß potentielle Empfänger von Wissensspillovern zunächst durch eigene F&E-Aktivitäten eine Fähigkeit zur Absorption von externem Wissen aufbauen müssen, um von den externen Informationen profitieren zu können (Cohen und Levinthal, 1989). Kealey vernachlässigt allerdings, daß ein Großteil der Absorptionsfähigkeit während der Ausbildung an Hochschulen entsteht, wie dies z.B. die empirische Studie von Nelson (1986) dokumentiert. Zudem hängen die Kosten des Aufbaus der Absorptionsfähigkeit stark von der Komplexität des jeweiligen Forschungsgegenstandes ab. Kealeys pauschale Argumentation kann deshalb nicht überzeugen.

11. Die Appropriierbarkeit von neuem Wissen kann in einigen Fällen durch eine strenge Geheimhaltung erreicht werden. Allerdings sind Entdecker vielfach nur unter Preisgabe von wichtigen Informationen in der Lage, ihr neues Wissen gegen Entgelt zu verkaufen (Brown, 1998). Zudem sind Forschungsergebnisse oftmals personengebunden, so daß sie dem forschenden Unternehmen auch bei Geheimhaltung verloren gehen, wenn die Forscher zu einem anderen Arbeitgeber wechseln. Personalwanderungen sind eine der wichtigsten Quellen von Wissensspillovern (siehe auch Klodt, 1995).

Speziell bei der Entwicklung und experimentellen Nutzung von neuen Instrumenten ist die Fähigkeit zum Betreiben von Grundlagenforschung, wie etwa die Anwendung von wissenschaftlichen Methoden, entscheidend. Diese wird vor allem während der Ausbildung an Universitäten und Fachhochschulen vermittelt. Positive Anreizeffekte fallen folglich kaum ins Gewicht. Tatsächlich läßt sich ein staatliches Engagement bei der Entwicklung und Anwendung von neuen Instrumenten mit dem „Public goods“-Argument rechtfertigen: Zwar ist nicht mit einer raschen industriellen Verwertbarkeit und kurzfristigen Innovationserfolgen zu rechnen. Wie de Solla Price (1984) jedoch ausführt, können sich langfristig durch das bei der Anwendung neuer Instrumente und Methoden erzeugte Wissen fundamentale Entdeckungen in der Wissenschaft und wichtige Innovationen in der Wirtschaft ergeben. Dieser Schluß wird durch Studien von David, Mowery und Steinmueller (1988, 1992) und Rosenberg (1992) im Bereich der physikalischen Grundlagenforschung bestätigt. So stellen sie einerseits ein hohes kommerzielles Anwendungspotential von verschiedenen Meßinstrumenten, Ionen-Implantationen und Methoden zur Teilchenbeschleunigung, wie der Nutzung von Kernspin-Resonanzen, Synchrotronstrahlung, supraleitenden Magneten, fest, beobachten andererseits aber auch eine hohe Transferierbarkeit der Ergebnisse aus der experimentellen Forschung der Teilchen- und Hochenergiephysik in andere Wissenschaftsdisziplinen (wie z.B. Mikrobiologie, Chemie, Pharmazie, Medizin).

4.1.2. *Risikoaversion, Unsicherheit, Informationsasymmetrien*

„Marktversagen“ kann auch auf eine Divergenz zwischen privater und sozialer Risikoneigung zurückzuführen sein. Investitionen in Grundlagenforschung sind gewöhnlich mit hohen Risiken bezüglich des Zeitpunkts und der Höhe der zu erwarteten Erträge behaftet. Ein risikoscheuer Forscher, der nicht die notwendigen Ressourcen besitzt, um durch eine große Anzahl verschiedener Forschungsprojekte das Risiko zu streuen, wird die Rendite eines Forschungsprojektes geringer bewerten als ihren Erwartungswert. Der private Wert der Forschungsinvestition liegt dann unter ihrem sozialen Wert mit dem Ergebnis, daß *zu wenig* in Forschung investiert wird. In vielen Fällen kann nicht einmal eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über einen Forschungserfolg gebildet werden (Knight'sche Unsicherheit), so daß private Investoren vielfach gänzlich vor Investitionen in Grundlagenforschung zurückschrecken.

Risiko oder Unsicherheit über die Erträge aus Forschungsanstrengungen können – im Verbund mit Informationsasymmetrien und -defiziten – zusätzlich ein Kapitalmarktversagen bei der privaten Finanzierung von Forschungsaktivitäten verursachen: So ist der Forscher oft besser über die Erfolgsaussichten seines Forschungsvorhabens informiert als externe Anbieter von Finanzkapital („Hidden information“). Darüber hinaus sind seine Forschungsaktivitäten vielfach nicht beobachtbar („Hidden action“). Die Folge sind verschiedene „Adverse Selection“- und „Moral Hazard“-Probleme (für einen Überblick siehe Goodacre und Tonks, 1995; Martin und Scott, 1999).

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

Typischerweise gibt es bei der Entwicklung und Nutzung von neuen Forschungsinstrumentarien zunächst keinerlei Anzeichen dafür, ob und wann mit weitreichenden Konsequenzen in Wissenschaft und Industrie gerechnet werden kann. Vielmehr stellen sich solche Erfolge selten und meist unerwartet ein. Der hohe Grad an Unsicherheit verbunden mit privater Risikoaversion und Informationsasymmetrien rechtfertigen grundsätzlich ein staatliches Engagement in diesem Bereich.

4.1.3. *Private versus soziale Zeitpräferenz*

Die Zeitpräferenz bringt zum Ausdruck, wie Wirtschaftssubjekte gegenwärtige im Vergleich zu zukünftigen Konsum- oder Gewinnmöglichkeiten bewerten. Eine hohe Zeitpräferenzrate ist demnach gleichbedeutend mit einer Geringschätzung von Forschungsprojekten, die erst in weiter Zukunft kommerzielle Verwendung versprechen. Die Divergenz zwischen privater und sozialer Zeitpräferenz stellt deshalb eine weitere mögliche Ursache für „Marktversagen“ dar.

In hoch entwickelten und stark marktkapitalisierten Volkswirtschaften, deren Unternehmen sich in ihrer Unternehmenspolitik dem Shareholder-Value verpflichtet sehen, gibt es einen intrinsischen Zwang zu kurzfristigen Erfolgen (siehe z.B. von Weizsäcker, 1999). Diese Kurzfrist-Orientierung trifft insbesondere Investitionen in neue Instrumentarien, die gewöhnlich, wenn überhaupt, nur mit großer Verzögerung zu wissenschaftlich bedeutsamen und kommerziell nutzbaren Ergebnissen führen. Es ist deshalb zu erwarten, daß sich private und soziale Zeitpräferenz bei der Investition in neue Instrumente unterscheiden und der Staat als Sachwalter der langfristigen Gemeinwohlinteressen eine Rolle bei der Bereitstellung und Finanzierung dieser Instrumente übernehmen muß.

4.1.4. *Unteilbarkeiten und technische Großrisiken*

Häufig schreiben technische und ökonomische Unteilbarkeiten bestimmte Mindesthöhen für Forschungsinvestitionen vor. Mit einer neu entwickelten Forschungstechnologie können deshalb steigende Skalenerträge bzw. sinkende Stückkosten verbunden sein, die bei privatwirtschaftlicher Bereitstellung zum sog. natürlichen Monopol, also hier der Monopolisierung von Forschungsfeldern und Technologie- bzw. Produktentwicklungen, führen. In Monopolen ist jedoch im allgemeinen mit Wohlfahrtsverlusten wegen zu geringer Outputmengen, zu hoher Kosten und zu geringer Innovationsdynamik zu rechnen. Andererseits verbietet sich eine konkurrierende Entwicklung und Finanzierung mehrerer unteilbarer Großforschungseinrichtungen, weil dies aus gesamtwirtschaftlicher Sicht eine Ressourcenvergeudung darstellen würde („Doppel-forschung“). Hieraus läßt sich ein staatlicher Regulierungsbedarf ableiten.

Unteilbarkeiten bei Forschungsinvestitionen stellen häufig gleichzeitig ein technisches Großrisiko dar. Man denke etwa an kernphysikalische Forschungsreaktoren, die neben der Erkundung von Natur und Umwelt (Grundlagenforschung) auch dem Zwecke dienen, kommerzielle Einsatzmöglichkeiten der

Energiegewinnung zu testen. Bei technischen Großrisiken versagt die übliche Form der privatwirtschaftlichen Risikodiversifikation nach *Investitionsprojekten*. Kein einzelnes privates Unternehmen wäre bereit, aus eigenen finanziellen Mitteln das Risiko eines Totalverlustes im Falle einer ergebnislosen Forschung zu tragen. Um trotzdem die Bereitstellung technischer Großprojekte in der Forschung zu ermöglichen, empfiehlt sich eine Risikodiversifikation nach *Projekträgern*. Arrow und Lind (1970) haben gezeigt, daß bei dieser Art der Risikodiversifikation die Summe der Einzelrisiken, die den verschiedenen Projekträgern verbleiben, geringer ist als das Risiko, das ein einziger Projektträger eingehen müßte. Die weitestgehende Form der Risikodiversifikation nach Projekträgern ist die staatliche Bereitstellung und Finanzierung von technischen Großprojekten der Forschung. Dadurch wird das Risiko unter der Gesamtheit der Steuerzahler diversifiziert. Im Grenzfall unendlich vieler Steuerzahler verschwindet das Risiko sogar völlig.¹² Dieser Grenzfall wird bei der internationalen Finanzierung von Großforschungseinrichtungen (wie etwa bei DESY in Hamburg oder CERN in Genf) nahezu erreicht.

4.2. „Staatsversagen“ und seine Ursachen

4.2.1. Informations- und Effizienzprobleme

Gegen eine staatliche Forschungs- und Technologiepolitik sprechen die mitunter hohen Informationsanforderungen an die staatlichen Entscheidungsträger. Effiziente Politikinterventionen setzen voraus, daß der Staat über bessere Informationen verfügt als andere Kapitalgeber, wovon jedoch nicht grundsätzlich ausgegangen werden kann. Man spricht mit von Hayek (1968) auch von der staatlichen Anmaßung von Wissen. Zusätzlich können Informationsasymmetrien zu Anreizproblemen im öffentlichen Sektor, den sog. bürokratischen Ineffizienzen, führen (Laffont, 1996).

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, den Informations- und Effizienzproblemen zu begegnen. Dazu zählen Evaluationen der geförderten Forschung durch Expertengremien (Luukkonen und Stahle, 1990), die Formulierung von klaren Forschungszielen für öffentlich finanzierte Forschungslabore (Brown, 1998) und schließlich der Wettbewerb zwischen Forschungseinrichtungen (von Hajek, 1968; Stephan, 1996). Von letzterem ist jedoch abzuraten, wenn Unteilbarkeiten und technische Großrisiken eine zentrale Rolle spielen (siehe oben).

4.2.2. „Crowding-out“- oder Mitnahme-Effekte

Ineffizienzen liegen vor, wenn öffentliche Mittel private Forschungsausgaben verdrängen, ohne den Gesamtumfang der Forschungsausgaben zu erhöhen. Man spricht von „Crowding-out“- oder Mitnahmeeffekten. Diese Effekte sind nach Kealey (1996) im Bereich der staatlichen Forschungsförderung vorherrschend. Sein Versuch, diese Behauptung mit Datenmaterial zu belegen,

12. Das ist auch der Grund, warum bei Nutzen-Kosten-Analysen von staatlich finanzierten Großprojekten kein Risikozuschlag eingerechnet werden sollte.

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

mißlingt jedoch. David (1997) greift aus diesem Grunde erneut die Frage nach der Substituierbarkeit von privaten und öffentlichen F&E-Ausgaben auf. Unter Verwendung von OECD-Daten stellt er für die G-7-Länder im Zeitraum 1981–1993 einen positiven Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate der zivilen F&E-Ausgaben insgesamt und der Wachstumsrate der öffentlichen Ausgaben für nicht-militäre Forschung fest. Sein Befund deutet auf eine Komplementarität von öffentlich und privat finanzierter Forschung hin. Lediglich in Großbritannien, im Heimatland von Kealey, fiel dieser Zusammenhang negativ aus, so daß dort die von Kealey behauptete Substitutionalität („Crowding-out“) – für diesen Zeitraum – tatsächlich zu beobachten ist. Andere Studien liefern fast ausnahmslos empirische Evidenz für die Komplementarität von privat finanzierter Forschung und öffentlicher Förderung (siehe z.B. Cockburn, Henderson und Stern, 1999; Lichtenberg, 1984).

Nach de Solla Price (1984) verlaufen (öffentlich finanzierte) Grundlagenforschung und (privat finanzierte) angewandte Forschung zwar gewöhnlich unabhängig voneinander. Wie in Abschnitt 2.2 dargestellt, können die Entwicklung neuer Instrumente und ihre experimentelle Anwendung jedoch eine wichtige Komplementarität zwischen (privat finanzierter) angewandter Forschung und (öffentlich finanzierter) Grundlagenforschung begründen. Natürlich ist im Modell von de Solla Price ein „Crowding-out“ trotzdem möglich: Die Substitution privater F&E-Investitionen durch eine öffentliche Förderung ist insbesondere dann zu befürchten, wenn die in dem Projekt geplante Erkundung von Natur und Umwelt aus Sicht der Wirtschaft der Erforschung einer bestimmten Technologie nahekommt, wenn also Grundlagenforschung und angewandte Forschung einander ähnlich sind. Ähnlich argumentiert auch Brown (1998) hinsichtlich des „Commerce Department’s Advanced Technology Program“ in den USA, in dem Forschungsmittel an Unternehmensgruppen vergeben werden. Um sich ausreichend für eine solche Förderung zu qualifizieren, müssen die Unternehmen nachweisen, daß ihre Forschungsergebnisse von hoher kommerzieller Bedeutung sein werden. Brown vermutet deshalb, daß die vorgeschlagenen Projekte attraktiv genug sind, um auch mit privaten Mitteln finanziert werden zu können. Die Effekte des US-amerikanischen „Small Business Innovation Research Program“ wurden kürzlich von Wallsten (2000) untersucht. Seine empirischen Ergebnisse können als starke Evidenz für „Crowding-out“-Effekte angesehen werden.

Festzuhalten bleibt somit, daß insbesondere dann mit „Crowding-out“-Effekten zu rechnen ist, wenn ein in der Wissenschaft konzipiertes Forschungsprojekt aus Sicht der Wirtschaft einen ausreichend hohen anwendungsorientierten Stellenwert hat. Würden in einem solchen Fall die privaten Investitionen zudem im gesellschaftlich optimalen Umfang erfolgen, ließe sich eine öffentliche Förderung nicht rechtfertigen. Interessanterweise steht diese Argumentation jedoch im Gegensatz zur derzeit in vielen Ländern beobachteten Konzentration der Förderung auf „marktorientierte“ oder „industriennahe“ Forschung.

4.2.3. Politische Motive der staatlichen Forschungsförderung

Politische Motive können Fehlallokationen hervorrufen. Dies gilt auch für den Bereich der Grundlagenforschung. So ist z.B. in den USA der Kongreß relativ leicht zu bewegen, Mittel für Grundlagenforschung zu bewilligen, wenn und solange ein sachlicher Zusammenhang mit dem Schutz oder der Erhöhung der nationalen Sicherheit nachgewiesen werden kann – wie z.B. beim SDI- oder NASA-Programm. Das setzt Anreize, Forschungsfelder zu besetzen und Forschungsprogramme aufzulegen, für die sich ein solcher Konnex politisch plausibler und durch direkte Lobby-Arbeit der „secondary beneficiaries“ (z.B. in der Militärgüterindustrie) forcierter vermitteln läßt als für andere Programme, ohne daß es dafür triftige Belege gibt. In den USA, aber auch in Europa ist seit Beginn der 90er Jahre zu beobachten, daß öffentliche Forschungsausgaben zunehmend mit ihrem Beitrag zur „internationalen Wettbewerbsfähigkeit“ oder „produktivitätssteigernden Innovationsfähigkeit“ der jeweiligen nationalen Wirtschaft gerechtfertigt werden. Zur Erreichung dieser Ziele sei insbesondere auf „hohe Marktorientierung“ und „Industrienähe“ der Forschung zu achten. Auch hier werden politische Anreize zu Fehlallokationen von Forschungsmitteln gesetzt.

Im Grunde befriedigt Grundlagenforschung jedoch ein menschliches oder kulturelles Bedürfnis. Eine öffentliche Förderung ließe sich nach Rubner (1998) folglich „als Kulturaufgabe“ legitimieren, wenn dies in der Bevölkerung auf ausreichend Zustimmung stößt: Letztendlich sei es der Traum, neue Grenzen zu überschreiten, der den Ausschlag für die kostspielige Erforschung des Weltalls gibt. Diese Ansicht vertritt auch Brown (1998) mit den Worten: „Some research is simply supported because society likes it“ (S. 43).

5. Wissenschaftspolitische Schlußfolgerungen

Die wichtigsten Schlußfolgerungen unserer ökonomischen Analyse der Grundlagenforschung für die Wissenschaftspolitik lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- 1 Kommerzielle Erfolge von Grundlagenforschung sind grundsätzlich *nicht* (bzw. nur in sehr engen Grenzen) *abschätzbar, unvorhersehbar* und vielfach *unbeabsichtigt*. Es gibt keinen „linearen Innovationsprozeß“ von der Grundlagenforschung zum Wirtschaftswachstum (siehe Abbildungen 1 und 2). Insofern ist Grundlagenforschung zunächst und vor allem eine Kulturaufgabe. In Zeiten von Wachstumskrisen oder Finanzknappheiten bedarf diese Kulturaufgabe in demokratisch verfaßten Gesellschaften in der Regel zusätzlich einer wirtschaftspolitischen Rechtfertigung. Das gilt insbesondere für die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung. Denn diese benötigt für ihren Vorstoß in immer extremere Dimensionen der Materie technologisch immer aufwendigere instrumentelle Hilfsmittel (Laboratorien, Großgeräte), die immer höhere Kosten verursachen, ohne

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

grundlegende wissenschaftliche Durchbrüche oder bedeutende (Basis-) Innovationen versprechen zu können.

- 2 Wegen der grundsätzlichen Unplanbarkeit und Unvorhersehbarkeit der kommerziellen Erfolge von Grundlagenforschung darf sich eine wirtschaftspolitische Rechtfertigung nicht allein oder überwiegend auf die erhofften „ultimativen“ Innovations- und Wachstumseffekte stützen. Mindestens gleichbedeutend sind die sogenannten direkten Wissenschaftseffekte und die zahlreichen vor-, neben und zwischengelagerten ökonomischen (Angebots- und Nachfrage-)Effekte der Grundlagenforschung (siehe Abbildung 3). Unter den direkten Wissenschaftseffekten scheinen neue Instrumente und Forschungstechnologien eine bislang in ihrer Tragweite nicht erkannte Rolle zu spielen.
- 3 Eine staatliche Förderung von Grundlagenforschung erscheint aus ökonomischer Sicht vor allem dann gerechtfertigt, wenn davon ausgegangen werden muß, daß – wegen externer Wissensspillover, zu hoher privater Risikoaversion oder einer zu ausgeprägten Kurzfrist-Orientierung – die privatwirtschaftlichen Anreize zu Forschungsinvestitionen hinter den sozial optimalen Anreizen zurückbleiben oder technologische Unteilbarkeiten zur Monopolisierung von Forschungsfeldern führen.
- 4 Die Wissenschaftspolitik sollte versuchen festzustellen, ob mit „Crowding-out“-Effekten zu rechnen ist, ob also dieselben Forschungsaktivitäten ohne eine öffentliche Förderung privat finanziert worden wären. „Crowding-out“-Effekte durch öffentliche F&E-Ausgaben sind insbesondere dann zu befürchten, wenn Forschungsprojekte aus Sicht der Wirtschaft einen ausreichend hohen anwendungsorientierten Stellenwert haben. Der Staat sollte darauf achten, daß sich öffentliche und private Forschungsausgaben ergänzen und eine Substitution von privaten Investitionen durch die öffentliche Förderung vermieden wird.
- 5 Ökonomische Ineffizienzen aufgrund von Anreizproblemen und Informationsasymmetrien in der Ausgestaltung der öffentlichen Förderung sollten minimiert werden. Dafür sollte intensiv geprüft werden, auf welche Forschungsfelder, Projekte und Institutionen sich eine Förderung konzentrieren sollte und welche Anreizsysteme zur effizienten Selektion der Forschungsfelder und zur effizienten Nutzung öffentlicher Ressourcen geschaffen werden. Dies schließt eine sorgfältige Überprüfung der bestehenden Programme, Institutionen und Anreizsysteme ein.
- 6 Die Entwicklung von neuen Instrumenten und die Ausbildung in experimentellen Forschungslaboren sind ideale Anknüpfungspunkte für eine Förderung der Grundlagenforschung mit Blick auch auf angewandte Forschung. Neue Instrumente und Forschungstechnologien spielen durch ihre oftmals zahlreichen, ungeahnten kommerziellen Anwendungsmöglichkeiten eine Schlüsselrolle sowohl für bedeutende Innovationen in der Wirtschaft als auch für radikale Durchbrüche in der Wissenschaft. Ihre Nutzung ist mit hohen externen Wissensspillover-Effekten und ihre Herstellung vielfach mit sehr hohen Fixkosten (Unteilbarkeiten) und tech-

nischen Großrisiken verbunden, so daß mit einer privatwirtschaftlichen Herstellung entweder nicht zu rechnen ist oder diese zur Monopolisierung von ganzen Forschungsfeldern führen könnte. Um die von Kealey (1996) befürchteten Informationsprobleme und „Crowding-out“-Effekte bei der Förderung von neuen Instrumenten und experimentellen Forschungslaboren zu vermindern, sollte die Wissenschaftspolitik die große Lücke zwischen der ökonomischen Bedeutung, die sie der Grundlagenforschung beimißt, und unserem tatsächlichen Wissen über diese Bedeutung beseitigen, indem sie vermehrt Mittel zur ökonomischen Analyse der Grundlagenforschung einsetzt.

Literaturverzeichnis

- Anselin, L., Varga, A. und Acs, Z. (1997), Local geographic spillovers between university research and high technology innovations, *Journal of Urban Economics* 42, 422–448.
- Arrow, K.J. (1962), Economic welfare and the allocation of resources for invention, in: R.R. Nelson (Hrsg.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton University Press, Princeton.
- Arrow, K.J. und Lind, A.C. (1970), The uncertainty and evaluation of public investment decisions, *American Economic Review* 60, 364–378.
- Audretsch, D.B. und Feldman, M.P. (1996), R&D spillovers and the geography of innovation and production, *American Economic Review* 86, 630–640.
- Audretsch, D.B. und Stephan, P.E. (1996), Company-scientist locational links: The case of biotechnology, *American Economic Review* 86, 641–651.
- Bierhals, R. et al. (1994), *Industrielles Nachfragepotential für die BESSY-Synchrotronstrahlung – Ansatz zur Vernetzung von Grundlagenforschung und Industrie*, Untersuchungsbericht des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung an das Bundesministerium für Forschung und Technologie. Karlsruhe.
- Bönte, Werner (1999), *Der Einfluß industrieller Forschung und Entwicklung auf die Produktivitätsentwicklung der deutschen Industrie*. Dissertation Hamburg.
- Brown, K.M. (1998), *Downsizing Science*. AEI Press, Washington, D.C.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (1996), *Bundesbericht Forschung 1996*. Bonn.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2000), *Bundesbericht Forschung 2000*. Berlin.
- Cockburn, I., Henderson, R. und Stern, S. (1999), Balancing incentives: the tension between basic and applied research, NBER Working Paper No. 6882.
- Cohen, W.M. und Levinthal, D.A. (1989), Innovation and learning: the two faces of R&D, *Economic Journal* 99, 569–596.
- David, P.A. (1997), From market magic to calypso science policy – a review of Terence Kealey's *The Economic Laws of Scientific Research*, *Research Policy* 26, 229–255.
- David, P.A., Mowery, D. und Steinmueller, W.E. (1988), The economic analysis of payoffs from basic research – an examination of the case of particle physics research, Discussion paper, Stanford University.
- David, P.A., Mowery, D. und Steinmueller, W.E. (1992), Analysing the economic payoffs from basic research, *Economics of Innovation and New Technology* 2, 73–90.

Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

- de Solla Price, D. (1984), The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation, *Research Policy* 13, 3–20.
- Goodacre, A. und Tonks, I. (1995), Finance and technological change, in: P. Stoneman (Hrsg.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Blackwell, Oxford, Cambridge, MA, 298–341.
- Griliches, Z. (1995), R&D and productivity: econometric results and measurement issues, in: P. Stoneman (Hrsg.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Blackwell, Oxford, Cambridge, MA, 52–89.
- Hayek, F.A. von (1968), Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren, in: E. Schneider (Hrsg.), *Kieler Vorträge, Neue Folge* 56. Kiel.
- Kamien, M.I. und Zang, I. (2000), Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity, *International Journal of Industrial Organization* 18, 995–1012.
- Kealey, T. (1996), *The Economic Laws of Scientific Research*. Macmillan Press, Houndsmill, Basingstoke.
- Kealey, T. (1998a), Endogenous growth theory for natural scientists, *Nature Medicine* 4, 995–999.
- Kealey, T. (1998b), Why science is endogenous: a debate with Paul David (and Ben Martin, Paul Romer, Chris Freeman, Luc Soete und Keith Pavitt), *Research Policy* 26, 897–923.
- Klodt, H. (1995), *Grundlagen der Forschungs- und Technologiepolitik*. Vahlen, München.
- Laffont, J.-J. (1996), Industrial policy and politics, *International Journal of Industrial Organization* 14, 1–27.
- Lichtenberg, F.R. (1984), The relationship between federal contract R&D and company R&D, *American Economic Review*, 73–78.
- Lichtenberg, F.R. (1987), The effect of government funding on private industrial research and development: a re-assessment, *Journal of Industrial Economics*, 97–104.
- Luukkonen, T. und Stahle, B. (1990), Quality evaluations in the management of basic and applied research, *Research Policy* 19, 357–368.
- Mansfield, E. (1995), Academic research underlying industrial innovations: sources, characteristics, and financing, *Review of Economics and Statistics* 77, 55–65.
- Mansfield, E. (1998), Academic research and industrial innovation: an update of empirical findings, *Research Policy* 26, 773–776.
- Martin, S. und Scott, J.T. (1999), The nature of innovation market failure and the design of public support for private innovation, Working paper.
- Nelson, R.R. (1959), The simple economics of basic scientific research, *Journal of Political Economy* 67, 297–306.
- Nelson, R.R. (1986), Institutions supporting technical advance in industry, *American Economic Review* 76, 186–189.
- Pfähler, W., Clermont, C. und Hofman, U. (1998), Sektorale Produktivitätseffekte der Hochschulbildungs- und Wissenschaftsausgaben in Hamburg, in: R.K. Weizsäcker (Hrsg.), *Bildung und Wirtschaftswachstum*. Duncker & Humblot, Berlin, 77–104.
- Pfähler, W., Bönte, W., Gabriel, C. und Kettner, A. (1999a), *Wirtschaftsfaktor Bildung und Wissenschaft. Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Hochschulbildungs- und Wissenschaftseinrichtungen in Bremen*. Peter Lang, Frankfurt am Main.
- Pfähler, W., Bönte, W., Fröhling, I., Kettner, A. (1999b), *Synchrotronstrahlung am HASYLAB: Eine Angebots-, Nachfrage- und Wettbewerbsanalyse*, Gutachten im Auftrag des DESY. Hamburg.
- Pfähler, W. und Gabriel, C. (1999), *Die regionalwirtschaftliche Bedeutung des DESY – Input-*

Heidrun C. Hoppe und Wilhelm Pfähler

- Output-Analysen der Umsatz-, Beschäftigungs- und Einkommenseffekte*, Gutachten im Auftrag des DESY. Hamburg.
- Pfähler, W. und Hoppe, H.C. (1999), *Ökonomie der Grundlagenforschung*, Gutachten im Auftrag des DESY. Hamburg.
- Riggs, W. und Hippel, E. von (1994), Incentives to innovate and the sources of innovation: the case of scientific instruments, *Research Policy* 23, 459–469.
- Romer, P.M. (1990), Endogenous technological change, *Journal of Political Economy* 98, 71–101.
- Rosenberg, N. (1990), Why do firms do basic research (with their own money)?, *Research Policy* 19, 165–174.
- Rosenberg, N. (1992), Scientific instrumentation and university research, *Research Policy* 21, 381–390.
- Rubner, J. (1998), Morgenröte im Weltall, *Süddeutsche Zeitung* Nr. 269, 21./22. 11. 1998.
- Science Policy Research Unit (SPRU) of the University of Sussex (1996), The relationship between publicly funded basic research and economic performance, Report prepared for HM Treasury, UK.
- Smith, K. (1994), *New Directions in Research and Technology Policy: Identifying the Key Issues*, STEP report. Oslo.
- Stephan, P.E. (1996), The economics of science, *Journal of Economic Literature* 34, 1199–1235.
- Stoneman, P. (1997), Book review on *The Economic Laws of Scientific Research* by Terence Kealey, *Economic Journal*, 844–845.
- Wallsten, S.J. (2000), The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the Small Business Innovation Research program, *RAND Journal of Economics* 31, 82–100.
- Weizsäcker, C.C. von (1999), *Logik der Globalisierung*. Vandenhoeck & Ruprecht.

Abstract: *This paper has four major objectives. The first is to emphasize the fundamental but mostly overlooked role of instrumentation and experimental technique in linking basic and applied research. The second is to provide an overview of the major economic effects of basic research investments. The third is to discuss reasons for public provision and support of basic research. And the fourth aim is to argue in favour of a reorientation of science policy towards the support of instrumentation and education in experimental laboratories.*