

High-Tech Policies: Institutionelle Determinanten staatlicher Innovationspolitik im internationalen Vergleich*

In den vergangenen drei Jahrzehnten hat sich die technologische Leistungsfähigkeit hoch-industrialisierter Staaten deutlich divergent entwickelt. Dies gilt vor allem im Hinblick auf ihre Fähigkeit zur Hervorbringung von Innovationen in modernen wissensbasierten Industrien. In der Analyse solcher Performanzunterschiede hat die sozialwissenschaftliche Forschung bisher vor allem den Vereinigten Staaten von Amerika institutionell begründete Wettbewerbsvorteile zugesprochen, die in vergleichbarer Weise in kontinentaleuropäischen Ländern nicht existierten. Danach hätte staatliche Innovationspolitik in diesen Ländern auch nur begrenzte Möglichkeiten, die nationalen Forschungs- und Innovationssysteme auf die Anforderungen solcher wissensbasierter Industrien auszurichten. Demgegenüber wird hier als Ergebnis einer qualitativ-institutionenorientierten Vergleichsanalyse der Etablierung moderner pharmazeutischer Biotechnologieindustrien in Deutschland, der Schweiz und den USA gezeigt, dass solche Wettbewerbsvorteile auf komplexen und langfristigen Transformationsprozessen in nationalen Innovationssystemen beruhen. Dabei lassen sich spezifische Transformationsprofile identifizieren, für die unterschiedliche Steuerungskapazitäten staatlicher Innovationspolitik charakteristisch sind.

Inhalt

1. High-Tech Policies: Zur Begründung staatlicher Innovationspolitik	6
2. Institutionelle Determinanten staatlicher Innovationspolitik	8
3. Systemische Divergenz: spezifische Transformationsprofile nationaler Innovationssysteme	12
a) Biotechnologische Regulierung unter Akzeptanz- und Innovationsdruck	12
b) Neue Formen der Innovationsfinanzierung durch Risikokapital	14
c) Die Reorganisation der Bildungs- und Forschungssysteme	16
4. Staatliche Steuerungskapazitäten zum Aufbau moderner Biotechnologieindustrien im internationalen Vergleich	19
5. Schlussfolgerungen	21
Literatur	22

* Ich danke den beiden anonymen Gutachtern der Zeitschrift für Politikwissenschaft für wertvolle Hinweise zur Überarbeitung des Manuskripts.

1. High-Tech Policies: Zur Begründung staatlicher Innovationspolitik

Die Bedeutung von Innovationen und technologischer Leistungsfähigkeit in sogenannten Hochtechnologiesektoren¹ hat für die Wohlstandssicherung und Wettbewerbsfähigkeit in den führenden Industrienationen unverkennbar zugenommen. Dieser Zusammenhang lässt sich im Vergleich der Entwicklung der OECD-Staaten in den letzten drei Dekaden eindrucksvoll belegen. Denn es zeigt sich, dass sich die teilweise beträchtlichen Unterschiede in der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes zwischen den Staaten der Europäischen Union auf der einen und den USA und Japan auf der anderen Seite vor allem auf den Umfang des Einsatzes moderner Technologien und auf den Grad der Forschungsintensität zurückführen lassen (Europäische Gemeinschaften 2001: 6-23; OECD 2001: 21 ff.).

Innovationen in Hochtechnologiesektoren gewinnen dabei insbesondere aus drei Gründen an Bedeutung. *Erstens* ist der Anteil entsprechender Produkte und Dienstleistungen am Welt-handel zwischen 1976 und 1996 von etwa einem Drittel auf mehr als die Hälfte des gesamten Handels gestiegen (Weltbank 1999: 28), wobei die Exportquote dieser Industrien etwa doppelt so hoch ist wie jene in Sektoren mit geringerer Forschungsintensität. *Zweitens* existiert ein Zusammenhang zwischen der Steigerung der Arbeitsproduktivität und den Investitionen in Forschung und Entwicklung (F&E). So ist seit Mitte der 80er-Jahre die Umsatzentwicklung pro Beschäftigten in den Hochtechnologiesektoren deutlich stärker ausgefallen als in weniger forschungsintensiven Branchen, wobei zwischen Industriesektoren der höherwertigen Technologie und nicht-F&E intensiven Branchen keine nennenswerten Differenzen in der Produktivitätsentwicklung auftraten (Landeszentralbank NRW 1998: 60). Und *drittens* ist hinsichtlich der Beschäftigungsentwicklung erkennbar, dass selbst in Ländern, die im Vergleich nur einen relativ geringen Anstieg der Erwerbsquote aufzuweisen haben, die Bedeutung forschungsintensiver Industriebranchen stetig steigt. So entstanden in Deutschland zwischen 1997 und 2001 in solchen Industriezweigen 92 000 zusätzliche Arbeitsplätze während im selben Zeitraum in nicht-forschungsintensiven Branchen 110 000 Arbeitsplätze abgebaut wurden (BMWi/BMBF 2002: 5).

Vor diesem Hintergrund darf es kaum verwundern, dass staatliche Akteure auf den unterschiedlichsten territorialen Ebenen einen Steuerungsbedarf zur Optimierung der Bedingungen für die Hervorbringung von Hochtechnologieprodukten begründen und diesen in umfassenden innovationspolitischen Agenden formulieren. Entsprechende „High-Tech-Strategien“ finden sich deshalb nicht nur auf der Ebene einzelner Bundesländer, wo etwa der Freistaat Bayern im Jahr 2000 eine „High-Tech-Offensive“ gestartet hat, sondern auch auf der zentralstaatlichen Ebene. Hier hat die Bundesregierung im Jahr 2006 mit der „Hightech-Strategie für Deutschland“ einen langfristigen Masterplan für eine „koordinierte Innovationspolitik“ vorgelegt (BMBF 2006). Und selbst auf europäischer Ebene wurde spätestens seit 1995 mit dem „Grünbuch zur Innovation“ ein politischer Handlungsbedarf diagnostiziert,

1 Von Sektoren der Hoch- bzw. Spitzentechnologie wird im Allgemeinen gesprochen, wenn der Anteil der Kosten für Forschung und Entwicklung (F&E) mindestens 8,5 % des Umsatzes der jeweiligen Unternehmen erreicht. Als technologisch höherwertig gelten Produkte, bei denen der F&E-Anteil zwischen 3,5 und 8,5 % des Umsatzes liegt. Beide Technologiebereiche bilden zusammen den forschungsintensiven Sektor einer Industrie (BMBF 2004: 27).

der mit der Lissabonner Agenda (2000) – für deren Erfolg die Etablierung eines Europäischen Forschungs- und Innovationsraums eine wichtige Voraussetzung darstellen soll – nochmals nachdrücklich betont wurde.

Die Begründung einer staatlichen Intervention ist in allen diesen Fällen weithin identisch. Im Kern zielt Innovationspolitik darauf, die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch öffentliche Investitionen sowohl in die wissenschaftlich-technologische Infrastruktur wie auch in die Forschung und Entwicklung in Bereichen sogenannter Schlüsseltechnologien sowie durch die Koordination relevanter privater und öffentlicher Akteure und durch die Verbesserung vielfältiger Rahmenbedingungen zu stärken.

Vor diesem Hintergrund stellen sich im Kern zwei Fragen: erstens jene nach den Faktoren, die über die innovative Performanz von Staaten in solchen Hochtechnologieindustrien entscheiden und zweitens jene nach den Steuerungskapazitäten, die staatliche Innovationspolitik überhaupt zur Verbesserung der technologischen Leistungsfähigkeit besitzt.

Diese beiden Fragen sollen im weiteren Verlauf auf der Basis einer vergleichenden Analyse der institutionellen Bedingungen und der staatlichen Steuerungskapazitäten beim Aufbau pharmazeutischer Biotechnologieindustrien in Deutschland, der Schweiz und den USA untersucht werden. Sowohl die Auswahl des Sektors wie auch der Vergleichsstaaten ist dabei theoretisch begründet.

Auf der sektoralen Ebene kann die pharmazeutische Biotechnologie als ein Prototyp jener modernen wissensbasierten Industrien gelten, für die folgende Merkmale konstitutiv sind: die beträchtlich steigenden Kosten der Generierung von Innovationen, die wachsende Bedeutung von Interdisziplinarität und Vernetzung unterschiedlicher Technologiebereiche für den Innovationsprozess sowie die zunehmend enge Verknüpfung von wissenschaftlicher Grundlagenforschung und industrieller Anwendung. Die Auswahl der Vergleichsstaaten begründet sich zum einen aus der traditionell starken Position der pharmazeutischen Industrien in diesen Ländern. Zum anderen sind Deutschland und die Schweiz auf der einen, die Vereinigten Staaten auf der anderen Seite unterschiedlichen Typen von Produktions- und Wirtschaftssystemen zugeordnet worden, wodurch erkennbar wird, ob diese Transformationsprozesse insgesamt auf eine Konvergenz institutioneller Bedingungen oder den Fortbestand von Divergenzen hindeuten. Und schließlich verfügen alle drei Länder über eine föderalstaatliche Struktur, die es erlaubt, innovationspolitisches Handeln nicht nur auf der zentralstaatlichen, sondern auch auf der subnationalen Ebene zu untersuchen.

Im weiteren Verlauf werden deshalb zunächst (Abschnitt 2) die unterschiedlichen theoretischen Konzepte reflektiert, die in vergleichender Perspektive die Existenz institutionell begründeter Wettbewerbsvorteile für Innovationen in verschiedenen Staaten betont haben. Diese Konzepte weisen allerdings unterschiedliche Erklärungsdefizite auf, weshalb ihnen im dritten Abschnitt eine systemische Betrachtungsweise gegenübergestellt wird, die in stärkerer Weise der Komplexität der institutionellen Einbettung von Innovationsprozessen und Innovationsakteuren gerecht wird. Mit diesem Schritt soll empirisch belegt werden, dass sich solche institutionell begründeten Wettbewerbsvorteile nicht unmittelbar aus den zentralen Strukturmerkmalen der Wirtschafts- und Produktionssysteme ergeben, sondern dass sie das Ergebnis institutioneller Transformationsprozesse innerhalb nationaler Innovationssysteme sind, die zur Herausbildung spezifischer Profile geführt haben. Diese Transformationsprofile

sind nun in unterschiedlicher Weise durch divergierende Kapazitäten staatlicher Innovationssteuerung charakterisiert, die im vierten Abschnitt systematisiert werden.

2. Institutionelle Determinanten staatlicher Innovationspolitik

Verschiedenste theoretische Konzepte der Vergleichenden Politikwissenschaft und der vergleichenden Politischen Ökonomie haben sich spätestens seit den 80er-Jahren mit der Analyse und Erklärung variierender institutioneller Bedingungen in kapitalistischen Systemen auseinandergesetzt. Wenngleich diese Ansätze in der Regel nicht auf die Bedingungen für den Innovationserfolg von Staaten unmittelbar fokussiert haben, so bieten sie doch auf den unterschiedlichen Ebenen zentrale Anknüpfungspunkte für eine solche Analyse.

Einen Bezug auf die Makroebene haben zunächst jene Untersuchungen, die sich der Analyse nationaler Wirtschafts- oder Produktionssysteme widmen und in unterschiedlicher Weise die Persistenz institutioneller Strukturen selbst unter den Bedingungen von Globalisierung und zunehmender ökonomischer Integration begründen.² In solchen Systemen entwickeln unterschiedliche Typen der Unternehmensorganisation mit divergierenden Innovationsstrategien eine starke Beharrungskraft, sodass etwa in hoch koordinierten Wirtschaftssystemen, in denen der Staat und intermediäre Organisationen eine wichtige Koordinationsfunktion ausüben, in denen eine diffusionsorientierte Technologiepolitik existiert, die ferner über ein kreditbasiertes Finanzsystem verfügen und in denen Gewerkschaften erhebliche Mitbestimmungsrechte haben, „komplexe und riskante“ Innovationsstrategien von Unternehmen begünstigt werden. Hingegen unterstützen angelsächsische Wirtschaftssysteme mit ihren kapitalmarktgestützten Finanzsystemen, ihrer missionsorientierten Technologiepolitik, den schwachen Gewerkschaften und einer zurückhaltenden Koordinierung durch den Staat, vornehmlich Innovationsstrategien in neuen Industrien, die mit erheblicher technologischer und marktlicher Unsicherheit verbunden sind (Whitley 1999, 2000).

In eine ähnliche Richtung gehen Analysen, die insbesondere für die Bundesrepublik Deutschland eine zunehmende Spezialisierung in einer Vielzahl von Nischenmärkten, wie etwa des Automobilbaus oder der Spezialchemie, erkennen. Hier beruht die Wettbewerbsfähigkeit auf einer Strategie „diversifizierter Qualitätsproduktion“ (Streeck 1992). Allerdings basiert diese diversifizierte Qualitätsproduktion auf einer Innovationsstrategie, die im Kern auf den Elementen des „imitate and improve“ gründet und in Zeiten immer kürzerer Produktlebenszyklen kaum noch adäquat ist (Jürgens/Naschold 1994).

Analysen, die ihren Fokus auf die Meso-Ebene kapitalistischer Systeme richten, untersuchen vornehmlich die Rolle von institutionellen Subsystemen, die entweder spezifisch für einzelne industriellen Sektoren oder subnationale territoriale Einheiten sind. Im Hinblick auf institutionelle Subsysteme hat etwa Zysman dargestellt, dass staatliche Akteure abhängig von dem in ihrem Land institutionalisierten Typus von Finanzsystem unterschiedliche Handlungskapazitäten im Prozess industrieller Anpassung besitzen. Obwohl diese Studie damit keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit von Staaten zulässt, so ist ihr doch zu entnehmen, dass kreditbasierte Finanzsysteme, wie sie in unterschiedlicher Ausprägung in Japan, Frankreich oder Deutschland existieren, deutlich

2 Berger 1996; Hollingsworth/Boyer 1997; Kitschelt u. a. 1999.

günstigere Voraussetzungen für staatliche Interventionen bieten, während in den anglo-amerikanischen kapitalmarktbasierenden Finanzsystemen die mit einer Restrukturierung verbundene Allokation von Kosten und Erlösen über den Markt vorgenommen wird (1983: 91 ff.).

Darüber hinaus ist erkennbar, dass Variationen institutioneller Bedingungen für Innovationen innerhalb kapitalistischer Systeme nicht nur eine sektorale, sondern auch eine territoriale Dimension besitzen.³ In ihrem Vergleich der regionalen industriellen Systeme des Silicon Valleys und des Raums Boston hat Saxenian gezeigt, dass sich im erstgenannten Fall ein netzwerkbasiertes System etabliert hat, das trotz der intensiven Konkurrenz zwischen den Firmen Formen kollektiven Lernens und informeller Kommunikation über Unternehmensgrenzen hinweg ermöglicht. Im Gegensatz dazu ist der Raum Boston durch eine relativ geringe Zahl integrierter Unternehmen dominiert, in denen hierarchische Governancestrukturen vorwiegend vertikale Informations- und Kommunikationsstrukturen fördern. Im Ergebnis hat sich daraus ein eindeutiger Wettbewerbsvorteil des Silicon Valleys im Bereich der Hochtechnologien herausgebildet, der sich seit den 60er-Jahren sowohl in der Zunahme der Produktion wie der Beschäftigungszahlen in solchen Industrien widerspiegelt (Saxenian 1999).

Die bislang größte Resonanz hat jedoch zweifellos eine vergleichende Untersuchung hervorgerufen, die mit ihrem unternehmenszentrierten Ansatz zunächst auf die Mikroebene ausgerichtet ist, aber im Gegensatz zu früheren ökonomischen Untersuchungen eine explizit institutionelle Perspektive einnimmt. In dem von Peter Hall und David Soskice herausgegebenen Sammelband „Varieties of Capitalism“ (2001) – in dem es wie bereits der Untertitel des Buches formuliert, um die institutionellen Grundlagen von Wettbewerbsvorteilen geht – werden die strategischen Optionen von Unternehmen danach bewertet, in welcher Weise sie in der Lage sind, verschiedenste Koordinationsprobleme in unterschiedlichen Typen von Marktwirtschaften zu lösen (Hall/Soskice 2001: 7). Damit leitet dieser Ansatz im Kern die Interaktionsformen und strategischen Optionen von Unternehmen aus jeweils spezifischen institutionellen Konfigurationen auf der Makroebene ab.

Dabei zeigt sich, dass Unternehmen in koordinierten Marktwirtschaften (wie etwa Deutschland oder die Schweiz) aufgrund ihrer spezifischen Muster der Unternehmensführung, ihrer stabilen Kooperations- und Koordinationsbeziehungen sowie des langfristigen und konsensorientierten Interessenausgleichs zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern in erster Linie auf inkrementelle Fortentwicklungen etablierter Technologien spezialisiert sind. Die Hervorbringung radikaler Innovationen wird hingegen dadurch behindert, dass es Unternehmen in koordinierten Marktwirtschaften erschwert ist, durch Umstrukturierungen oder Übernahmen von Firmen den Fokus auf neue Technologien zu richten. Dem gegenüber bieten liberale Marktwirtschaften (wie etwa Großbritannien oder die USA) institutionelle Rahmenbedingungen, die das unternehmerische Engagement bei radikalen Innovationen fördern, weil sie insbesondere durch die Existenz flexibler Arbeits- und Finanzmärkte stärker motiviert werden, in risikoreiche Innovationen mit potenziell hohem Ertrag zu investieren, während die Komplexität des Vertrags- und Wettbewerbsrechts eine enge Kooperation zwischen Unternehmen verhindert und somit der Markt der vorherrschende Koordinationsmodus ist (2001: 38 ff.).

3 Hollingsworth 1998; Swann u. a. 1998; Saxenian 1999; Cooke 2004.

Der Grundannahme dieses Ansatzes folgend, müssten daher die koordinierten Marktwirtschaften Deutschlands und der Schweiz daran gehindert sein, pharmazeutische Biotechnologieindustrien zu etablieren, die im hochriskanten Bereich der Wirkstoffforschung international wettbewerbsfähig sind. Solche Industrien müssten vielmehr in liberalen Marktwirtschaften, wie den USA oder Großbritannien, entstehen.⁴ Eine solche Annahme wird bis in die 90er-Jahre auch zunächst bestätigt, sie hält einer Überprüfung vor dem Hintergrund der neueren Entwicklung pharmazeutischer Biotechnologieindustrien in diesen koordinierten Marktwirtschaften jedoch nicht stand. In Deutschland und der Schweiz hat seither ein dynamischer Entwicklungsprozess in diesem Sektor eingesetzt, der offenkundig auf zwei unterschiedlichen Leistungsprofilen beruht. Während im deutschen Fall dieses Leistungsprofil durch einen starken Kommerzialisierungstrend in Form der Gründung einer hohen Zahl junger Biotechnologieunternehmen charakterisiert ist, fällt die Schweiz vornehmlich durch eine überdurchschnittliche innovative Performanz des pharmazeutischen Biotechnologiesektors auf.

So überholte Deutschland schon im Jahr 2000 in Bezug auf die Anzahl neu gegründeter Biotechnologieunternehmen das bisher führende Land Großbritannien und nahm damit in Europa die Spitzenposition ein. Allerdings besitzt Großbritannien nach wie vor den höchsten Anteil börsennotierter Biotechnologieunternehmen. Der dynamische Kommerzialisierungsprozess in Deutschland spiegelt sich ferner auch in der Höhe des investierten Risikokapitals wider. Zwar lag hier das Gesamtvolumen des bereitgestellten Risikokapitals in Großbritannien lange Zeit über dem deutschen Niveau, doch wurde in Deutschland seit Beginn dieses Jahrzehnts regelmäßig eine größere Anzahl von Finanzierungsrunden abgeschlossen. Aufgrund des relativen jungen Alters des deutschen Biotechnologiesektors gelang es allerdings bisher nur wenigen Unternehmen, einen Börsengang zu realisieren, wobei dieser Rückstand vornehmlich durch die weltweite Börsenkrise der Jahre 2001 bis 2003 erklärt werden kann.

Für die pharmazeutische Biotechnologieindustrie in der Schweiz ist nun, im Unterschied zu Deutschland, nicht die Existenz einer überdurchschnittlich hohen Zahl von Firmen charakteristisch, sondern vielmehr ihre innovative Performanz. Diese drückt sich vornehmlich durch die Zahl von Wirkstoffkandidaten in den unterschiedlichsten Phasen des pharmazeutischen Entwicklungsprozesses aus. Zwar bestätigt sich auch hier zunächst der im europäischen Vergleich eindeutige Entwicklungsvorsprung der britischen Biotechnologieindustrie. Allerdings fällt auf, dass die Biotechnologieunternehmen in der Schweiz, obwohl deutlich geringer in der Zahl und zudem relativ spät gegründet, in diesem Bereich erheblich aufgeholt haben. Selbst die wenigen börsennotierten Unternehmen in der Schweiz besitzen in allen Phasen der klinischen Entwicklung durchschnittlich sogar mehr Wirkstoffkandidaten als die britischen Unternehmen.

Somit weist jener Teil der „Varieties of Capitalism“-Literatur, der sich explizit mit der Etablierung pharmazeutischer Biotechnologieindustrien befasst, zwei signifikante Fehleinschätzungen hinsichtlich der „nachholenden“ Kommerzialisierung in koordinierten Marktwirtschaften auf. Eine erste Fehleinschätzung bezieht sich auf die Ursache der geringen Zahl börsennotierter Unternehmen in Deutschland und der Schweiz, die nicht einer speziellen Innovationsstrategie geschuldet ist, sondern der Tatsache, dass sich zu Beginn des

4 Caspar u. a. 1999; Caspar 2000; Caspar/Karamanos 2003.

Kommerzialisierungsprozesses in der zweiten Hälfte der 90er-Jahre das Zeitfenster für Börsenplatzierungen dieser Unternehmen bereits zu schließen begann. Und zweitens ist die in dieser Phase vorherrschende Konzentration der Unternehmen auf den Bereich sogenannter Plattformtechnologien kein Ausdruck der Spezialisierung auf weniger riskante Innovationsfelder, sondern ein allgemeiner Trend, der sich in vergleichbarer Weise auch in den Vereinigten Staaten nachzeichnen lässt.

Für das Konzept der *Varieties of Capitalism* stellen die jeweiligen institutionellen Bedingungen, unter denen in den Vergleichsstaaten moderne pharmazeutische Biotechnologieindustrien etabliert wurden, somit einen kritischen Fall dar, weil es einerseits den relativen Erfolg in der Etablierung solcher Sektoren in koordinierten Marktwirtschaften nicht erklären kann und andererseits doch zumindest begründete Zweifel daran bestehen, ob es vornehmlich Formen marktlicher Koordinierung sind, die den Entwicklungsvorsprung dieser Industrien in liberalen Marktwirtschaften erklären können.

Mithilfe einer breiteren Analyse der institutionellen Einbettung von Innovationsprozessen und Innovationsakteuren können hingegen innerhalb verschiedener nationaler Innovationssysteme Transformationsprozesse identifiziert werden, die weder im Hinblick auf den institutionellen Wandel, noch hinsichtlich der Steuerungskapazitäten von Innovationspolitik der dichotomischen Logik der *Varieties of Capitalism* folgen. Es spricht somit vieles dafür, für die vergleichende Analyse der Bedingungen, unter denen in den Untersuchungsstaaten pharmazeutische Biotechnologieindustrien etabliert wurden, auf systemische Innovationskonzepte zurückzugreifen, die sich in unterschiedlichen Spielarten seit Beginn der 90er-Jahre etabliert haben.

In solchen systemischen Innovationskonzepten sind verschiedenste private, öffentliche und intermediäre Organisationen, ihre institutionelle Einbettung sowie die historischen Bedingungen von Prozessen technologischer Entwicklung zentrale Erklärungsfaktoren für den Innovationserfolg. Nachdem insbesondere Dosi u. a. (1988), Lundvall (1992) und Nelson (1993) das Konzept „Nationaler Innovationssysteme“ zur Analyse dieser institutionellen Einbettung technischer Innovationen entwickelten, hat sich das Konzept spätestens seit Mitte der 90er-Jahre zunächst territorial im Hinblick auf die Existenz regionaler oder lokaler Innovationssysteme sowie sektoral im Hinblick auf die Herausbildung branchenspezifischer Innovationssysteme ausdifferenziert (Kaiser/Prange 2004; Grande/Kaiser 2006). Alle systemischen Innovationskonzepte setzen aber voraus, dass sich die Besonderheiten der institutionellen Einbettung mit Blick auf eine Reihe funktionaler Subsysteme eines Innovationssystems darstellen lassen. Zu diesen Subsystemen, die zentrale Ressourcen und Rahmenbedingungen für Innovationsakteure bereitstellen, gehören im Wesentlichen das Regulierungs-, das Finanz-, das Bildungs- und das Forschungssystem. Eine besondere Rolle nimmt hingegen das politisch-administrative System in Form der staatlichen Innovationspolitik ein, da sie im Unterschied zu den erstgenannten nicht nur einen eigenständigen Beitrag leisten kann, sondern auch die Ausprägung der übrigen Subsysteme beeinflusst.

In allen drei Untersuchungsstaaten sind diese Subsysteme in den vergangenen Jahrzehnten erheblichen Transformationsprozessen unterworfen worden. Im Ergebnis kam es hierdurch zu einem beträchtlichen Wandel der institutionellen Bedingungen für die Generierung von

Innovationen in wissensbasierten Industrien.⁵ Ferner basieren diese Prozesse in vergleichender Perspektive nicht nur auf unterschiedlichen institutionellen Lösungen, sie wurden auch in beträchtlich divergierender Form durch staatliche Innovationspolitik induziert. Empirisch lassen sich deshalb spezifische Transformationsprofile nationaler Innovationssysteme identifizieren.

3. Systemische Divergenz: spezifische Transformationsprofile nationaler Innovationssysteme

a) Biotechnologische Regulierung unter Akzeptanz- und Innovationsdruck

Innovationsprozesse in der pharmazeutischen Biotechnologie sind nahezu über ihren gesamten Verlauf von staatlicher Regulierung betroffen. Dort wo ethisch begründete Normierung⁶ Forschung und Entwicklung überhaupt zulässt, wird sie zunächst durch staatliche Vorschriften über den Aufbau und Betrieb von Laboren und Produktionsstätten (*Infrastrukturregulierung*) sowie nachfolgend durch die Regulierung von klinischen Prüfungen und durch die Bedingungen für die Zulassung von Wirkstoffen und Therapien (*Produktregulierung*) determiniert. Letztlich wird das Innovationsverhalten der Unternehmen aber auch wesentlich durch verschiedene Formen der *Marktregulierung* beeinflusst, wobei in diesem Bereich insbesondere die Regeln der zumeist staatlich oder quasi-staatlich regulierten Gesundheitssysteme eine Rolle spielen. In allen diesen Regulierungsfeldern haben in den drei Vergleichsstaaten beträchtliche Veränderungsprozesse stattgefunden. Diese ähneln sich insoweit als sie in erheblicher Weise auf den steigenden Innovationsdruck innerhalb der pharmazeutischen Industrie reagiert haben. Beträchtliche Variationen zeigen sich hingegen in Bezug auf die Organisation und Delegation von Regulierungsentscheidungen.

Die Anfänge der biotechnologischen Infrastrukturregulierung liegen seit Mitte der 70er-Jahre in allen drei Staaten in dem Bemühen der Selbstregulierung durch weithin autonome Wissenschaftsorganisationen. Erst in der Folgezeit hat sich aus jeweils unterschiedlichen Gründen die Notwendigkeit einer staatlichen Regulierung ergeben. In Deutschland, beispielsweise, erzwang letztlich ein Urteil des Hessischen Verwaltungsgerichtshofes aus dem Jahr 1989 eine bundesgesetzliche Regelung, weil es dem Unternehmen Hoechst den Betrieb einer biotechnologischen Produktionsstätte mit dem Hinweis untersagte, solche Produktions-

- 5 Im Rahmen dieser Darstellung kann nur auf jene zentralen Transformationsprozesse in den Innovationssystemen der drei Untersuchungsstaaten eingegangen werden, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit staatlicher Innovationspolitik stehen. Für eine umfassende Analyse dieser Transformationsprozesse wird auf Kaiser (2008) verwiesen.
- 6 So zeigt etwa das Beispiel der embryonalen Stammzellenforschung, dass in den drei Vergleichsstaaten beträchtlich divergierende Regelungen getroffen wurden. Während eine solche Forschung in Deutschland bisher nur an Zelllinien erlaubt ist, die vor dem Jahr 2002 existiert haben, wurde in der Schweiz nach einer Volksabstimmung die Gewinnung solcher Stammzellen unter spezifischen Bedingungen erlaubt. In den USA existieren entsprechende Verbote in einzelnen Bundesstaaten, während andere (etwa Kalifornien), diesen Forschungszweig mit erheblichen Mitteln öffentlich fördern, nachdem die Administration Bush die öffentliche Förderung aus Bundesmitteln untersagt hat.

verfahren seien in Deutschland gesetzlich nicht geregelt. Das im folgenden Jahr verabschiedete Gentechnikgesetz fiel aufgrund der Vorgabe umfangreicher Anhörungsverfahren ohne Zweifel weit restriktiver aus als entsprechende Regelungen in der Schweiz und den USA. Einen Wettbewerbsnachteil begründete dieses Gesetz jedoch letztlich nicht, da dieser Bereich aufgrund europäischer Rechtsetzung in der Folgezeit erheblich dereguliert und damit auch dem nationalen gesellschaftlichen Konflikt um die Gentechnologie weithin entzogen wurde.

Auch für die Schweiz spielt die Europäisierung in der Infrastrukturegulierung eine zentrale Rolle, weil seit den 90er-Jahren ein Modus der „freiwilligen Anpassung“ an europäische Rechtsnormen zu diagnostizieren ist. Allerdings bestehen zwei signifikante Unterschiede. Erstens wurden in der Schweiz die zentralen gesellschaftlichen Konflikte um die Biotechnologie im Wege von Volksabstimmungen entschieden, sodass hier die Organisation der Infrastrukturegulierung weithin nach funktionalen Gesichtspunkten vorgenommen werden konnte. Dies führte zweitens dazu, dass in der Schweiz auch die Zulassungsverfahren beim Bundesamt für Gesundheit zentralisiert worden sind, während in Deutschland die Zuständigkeit der Länder dazu geführt hat, dass unterschiedliche politische Konstellationen auf der subnationalen Ebene ihren Ausdruck in einer beträchtlich variierenden Genehmigungspraxis gefunden haben.

Für die Vereinigten Staaten ist die Feststellung, dass aufgrund des rigiden Haftungsrechts eine hohe Bereitschaft privater Akteure bestehe, sich an für sie nicht bindende Sicherheitsrichtlinien für öffentliche Forschungseinrichtungen zu halten, nicht hinreichend. Vielmehr gibt es daneben einen erheblichen Bestand an kommunaler Regulierung, die sich seit den 70er-Jahren als Reaktion auf örtliche Konflikte um die Errichtung von Genforschungslaboren entwickelt hat. An den führenden Biotechnologiestandorten der USA haben sich diese kommunalen Regelungen aufgrund der Expertise lokaler Regulierungsagenturen aber weithin als ein Standortvorteil entwickelt.

Bei der Produktregulierung biotechnologischer Wirkstoffe und Therapien ist für Deutschland und die Schweiz wiederum, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen, die Europäisierung von Regulierungsbefugnissen bedeutsam geworden. So werden solche Produkte in der Europäischen Union seit 1993 nur noch im Rahmen eines zentralisierten Verfahrens für den Markt zugelassen. Damit können deutsche Biotechnologieunternehmen den dramatischen Bedeutungsverlust des nationalen Arzneimittelmarktes, dessen weltweiter Marktanteil sich allein in den 90er-Jahren von acht auf vier Prozent halbierte, kompensieren. Die Schweiz ging auf dem Wege bilateraler Vereinbarungen mit der Europäischen Union insofern die Nachteile eines begrenzten nationalen Absatzmarktes aus, als mit einem Abkommen über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen aus dem Jahr 2002 die Nachbewertung für in die EU importierte Medikamente entfiel.

Aber selbst für die Vereinigten Staaten, deren Anteil am globalen Arzneimittelmarkt mittlerweile annähernd 50 % erreicht, besaß eine marktschaffende Internationalisierung von Regulierungsstrukturen eine strategische Bedeutung. Vor dem Hintergrund beträchtlich steigender F&E-Kosten in der pharmazeutischen Industrie und hoher finanzieller Belastungen für das Gesundheitssystem, das weithin auf Preiskontrollen für innovative Medikamente verzichtet, beteiligten sich die USA seit Beginn der 90er-Jahre an einer „globalen“ Standardisierung in der pharmazeutischen Produktregulierung. Diese stellt sich als eine enge Har-

monisierung der Zulassungsverfahren durch die zuständigen Agenturen der Europäischen Union, Japans und der USA sowie der internationalen Verbände der pharmazeutischen Industrie in Form der „International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use“ (ICH) dar. In mittlerweile sechs Konferenzzunden zwischen 1990 und 2003 ist es der ICH gelungen, nicht nur technische Standards für klinische Prüfungen zu entwickeln, sondern insbesondere auch Richtlinien über die Struktur und den Inhalt von Zulassungsanträgen zu vereinbaren (Daemrlich 2004: 158). Im nationalen Kontext hat die Produktregulierung zudem seit den 80er-Jahren in erheblicher Weise steuernd auf das Innovationsverhalten der biopharmazeutischen Industrie eingewirkt.⁷

Zusammenfassend lässt sich folglich für diesen Bereich feststellen, dass eine territoriale Reorganisation von Regulierungszuständigkeiten in allen Untersuchungsstaaten insbesondere durch den Druck steigender Innovationskosten und mangelnder gesellschaftlicher Akzeptanz für die Biotechnologie befördert wurde. Während dadurch im Ergebnis unterschiedliche Anforderungen durch die Infrastrukturregulierung zwischen den Untersuchungsstaaten – und zumindest in Deutschland und den USA auch innerhalb dieser – existieren, ist die Produktregulierung mittlerweile soweit harmonisiert worden, dass weithin vergleichbare Bedingungen für die Entwicklung und Zulassung pharmazeutischer Wirkstoffe in allen Untersuchungsstaaten etabliert werden konnten.

b) Neue Formen der Innovationsfinanzierung durch Risikokapital

Die pharmazeutische Biotechnologieindustrie, in der zumindest die Wirkstoffe entwickelnden Unternehmen in langjährige Innovationsprozesse investieren müssen, ohne in der Regel über marktfähige Produkte zu verfügen, ist ohne Zweifel der wissensbasierte Sektor mit der größten Kapitalintensität. Eine Finanzierung von Unternehmen in diesem Sektor erfordert die Verfügbarkeit von Risikokapital, da diesen Firmen die wesentlichen Voraussetzungen für eine Kreditfinanzierung fehlen. In den bankenzentrierten Finanzsystemen Deutschlands und der Schweiz wurden Innovationsaktivitäten traditionell aus Geschäftserträgen oder durch Bankenkredite finanziert, wobei die Kreditwürdigkeit eines Unternehmens vornehmlich durch eine erfolgreiche Geschäftstätigkeit in der Vergangenheit nachgewiesen wurde. Damit sind solche kreditbasierten Finanzsysteme im Hinblick auf Investitionen in radikale Innovationen gegenüber solchen Systemen benachteiligt, die durch die Verfügbarkeit von Risikokapital und die Existenz von spezialisierten Börsensegmenten für junge Hochtechnologieunternehmen eine alternative Investitionsmöglichkeit zur Verfügung stellen.

Die pure Existenz eines solchen kapitalmarktbasiereten Finanzsystems stellte aber, wie das Beispiel der Vereinigten Staaten zeigt, zunächst noch keinen institutionellen Wettbewerbsvorteil für die pharmazeutische Biotechnologieindustrie des Landes dar. Vielmehr hat staatliches Handeln nicht nur die private Investitionsbereitschaft in mehrfacher Hinsicht gerade in den dynamischsten Phasen der Kommerzialisierung der Biotechnologie unter-

7 So hat beispielsweise der Orphan Drug Act von 1983 Steuererleichterung, direkte Subventionen und beschleunigte Zulassungsverfahren für jene Unternehmen bereitgestellt, die sich in der Entwicklung von Medikamenten gegen seltene, aber zumeist lebensbedrohliche Krankheiten engagierten.

stützt, es hat zudem bereits seit Ende der 50er-Jahre öffentliche Risikokapitalprogramme initiiert. Allein das „Small Business Investment Company“-Programm stellte zwischen 1958 und 1969 immerhin drei Milliarden US\$ an öffentlichem Wagniskapital für technologieorientierte Unternehmensgründung zur Verfügung. Damit überstiegen die öffentlichen Investitionen das gesamte private Risikokapital dieser Jahre um das Dreifache (Lerner 1996: 2).

Im Jahr 1979 nahm das Department of Labor eine Reinterpretation seiner Regulierung hinsichtlich der Investitionsmöglichkeiten privater Pensionsfonds vor, die sich seither auch an Risikokapitalinvestitionen beteiligen dürfen. Eine vergleichbare Bedeutung erzielte im Jahr 1981 der Erlass des *Economic Recovery Act*, durch den die Kapitalertragsbesteuerung für private Investitionen in Wagniskapital von 42 auf 20 % abgesenkt wurde. Damit war diese Gesetzesänderung vor allem für die Motivation von privaten Einzelinvestoren (Business Angels) maßgeblich, sich an der Risikokapitalfinanzierung junger Technologieunternehmen zu beteiligen. Vor allem aber wurden auf der zentralstaatlichen Ebene in den 80er-Jahren mit dem „Small Business Innovation Research“-Programm (SBIR) und dem „Advanced Technology Program“ (ATP) spezifische Förderprogramme eingeführt, die ein funktionales Äquivalent zur privaten Risikokapitalfinanzierung darstellten. Diese Initiativen, in denen „the government as a venture capitalist“ (Lerner 1996) auftrat, boten für gründerwillige Wissenschaftler eine „Finanzierungspipeline“ von der Grundlagenforschung über die Erstellung einer Machbarkeitsstudie in Kooperation mit industriellen Partnern bis hin zur fortgeschrittenen Produktentwicklung.

Staatliches Engagement zur Förderung der Risikokapitalversorgung ist auch in Deutschland eine zentrale Voraussetzung für die Kommerzialisierung biotechnologischen Wissens gewesen. Von Erfolg gekrönt waren diese Maßnahmen allerdings erst, nach dem die Bundesregierung aus dem Scheitern einer frühen „Public-Private Partnership“, der in Kooperation mit 29 Geschäftsbanken gegründeten Wagnisfinanzierungsgesellschaft (WFG), in den 70er-Jahren die Konsequenz gezogen hatte, nicht auf etablierte Akteure im deutschen Innovationssystem zu vertrauen, sondern Marktanreize für professionelle Risikokapitalanbieter zu setzen. So begünstigten in den 90er-Jahren auf der Bundesebene (durch die Technologiebeteiligungsgesellschaft) wie auch auf der Ebene einzelner Bundesländer (etwa BayernKapital) öffentliche Initiativen durch die partielle Risikoabsicherung privater Investitionen oder durch öffentliche Ko-Investments den Aufbau einer Risikokapitalindustrie in Deutschland.

In der Schweiz finden sich hingegen keine solchen direkten staatlichen Interventionen. Dort wurde Risikokapital im Wesentlichen durch die führenden pharmazeutischen Unternehmen des Landes bereitgestellt. Sowohl Novartis wie auch Roche etablierten oder beteiligten sich seit 1996/1997 an Wagniskapitalfonds, mit deren Hilfe eine Vielzahl neuer Biotechnologieunternehmen in der Schweiz finanziert worden sind. Das Engagement von Roche wurde in Form des Gemeinschaftsunternehmens New Medical Technologies (NMT) mit der schweizerischen UBS Bank gegründet, wobei beide Partner Mittel in Höhe von ca. 190 Millionen € zur Verfügung stellten. NMT investierte vornehmlich in die Gründungsfinanzierung innovativer medizinischer und biopharmazeutischer Unternehmen in der Schweiz und dem angrenzenden Alpenraum. Die finanzielle Unterstützung der Gründung von Spin-off-Firmen aus dem eigenen Unternehmen stand hingegen im Vordergrund bei der Gründung des Novartis Venture Fund (NVF) im Jahr 1996. Im Gegensatz zu Roche engagierte sich Novartis, nachdem

das Unternehmen durch die Fusion von Ciba Geigy und Sandoz etabliert worden war, in der Wagniskapitalfinanzierung, um zu verhindern, dass nach der Fusion jene Technologien, die nicht mehr Teil des Kerngeschäfts waren, vollständig für Novartis verloren gingen. Im Jahr 2003 umfasste das Portfolio des NVF immerhin 82 Unternehmen, an denen sich der Fonds mit Eigenkapital beteiligte, sowie 45 Firmen, die Kredite oder andere Zuschüsse bekamen.

Am Beispiel des öffentlichen Engagements in der Bereitstellung von Wagniskapital wird somit offenkundig, dass staatliche Intervention in die Rahmenbedingungen für die Generierung von Innovationen kein Kennzeichen koordinierter Marktwirtschaften ist. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Instrumente staatlicher Innovationspolitik in diesem Bereich deshalb variieren, weil sich die jeweiligen Innovationssysteme beträchtlich dahingehend unterscheiden, inwieweit in ihnen Akteure existieren, die entweder autonom kritische Ressourcen zur Verfügung stellen oder durch die Setzung von Marktanreizen hierzu motiviert werden können.

c) Die Reorganisation der Bildungs- und Forschungssysteme

Da es sich bei der Biotechnologie um ein wissenschaftsbasiertes und stark interdisziplinäres Wissenschaftsgebiet handelt, das speziell für die pharmazeutische Forschung gänzlich neue Ansätze und Forschungstechniken zur Verfügung stellt, verwundert es nicht, dass mit dem Vormarsch der Biotechnologie auch bedeutende Reorganisationsanforderungen an die Bildungs- und Forschungssysteme der Vergleichsstaaten gestellt wurden. Insbesondere für Deutschland lässt sich in diesem Bereich „ein beachtlicher Rückstand in der gentechnologischen Forschung“ gegenüber Staaten wie den USA, Großbritannien, Japan und der Schweiz attestieren. Danach ist dieser Rückstand „u. a. darauf zurückzuführen, dass die Genetik und Mikrobiologie als wissenschaftliche Disziplinen sehr spät im Forschungs- und Ausbildungsprogramm der Hochschulen verankert worden sind. Dies gilt entsprechend für die Industrie, die den Wandel dieser Wissenschaft sehr spät nachvollzog, da sie das Potenzial und die rasche Entwicklungen in der Biotechnologie, insbesondere der Molekularbiologie, lange Zeit unterbewertet hat“ (Deutscher Bundestag 1984: 22).

Folglich war insbesondere in Deutschland zunächst im wissenschaftlichen Bereich ein deutlicher Ausbau von Studiengängen in den Bereichen Biologie, Mikrobiologie und Biochemie notwendig, der auch der interdisziplinären Entwicklung dieses Wissensgebietes Rechnung trug. Dieser Ausbau fand vornehmlich in der zweiten Hälfte der 90er-Jahre statt. So stellten im Jahr 1995 mindestens 48 deutsche Universitäten Studienangebote im Fach Biotechnologie bereit, und im Jahr 2002 hatte sich die Zahl der Studienangebote nach einer Untersuchung des Verbands deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften (VdBioL) bereits auf 725 Studiengänge an 150 Hochschulen erhöht. Zur Überwindung des Mangels an technischen Laborkräften haben sich eine Reihe neuer Akteurkonstellationen herausgebildet, die insbesondere auf die fachspezifische Ausbildung von Mitarbeitern für die Pharma- und Biotechnologieindustrie zielen. Diese existieren entweder als reine privatwirtschaftliche Unternehmungen, als Kooperationen zwischen Biotechnologieregionen und privaten Ausbildungseinrichtungen oder wurden allein von Industrieverbänden etabliert.

Im deutschen Forschungssystem hat insbesondere die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) erhebliche Anstrengungen zur Förderung entsprechender Grundlagenforschung an

den Universitäten unternommen. So sind die Ausgaben der DFG im Förderbereich „Biologie/Medizin“ seit 1997 um mehr als 25 % auf 442,1 Millionen € im Jahr 2003 angestiegen. Damit hatte dieser Förderbereich einen Anteil an den gesamten Forschungsausgaben von 37,6 %. In der außeruniversitären Forschung kommt erwartungsgemäß den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft die größte Bedeutung zu. Von den 80 Instituten der Gesellschaft sind 22 im engeren Sinne biotechnologisch ausgerichtet und stellen in diesem Bereich einen wesentlichen Teil der wissenschaftlichen Infrastruktur dar. An den wichtigsten Biotechnologiestandorten in Deutschland sind einige dieser Institute seit den 80er-Jahren als Teil der vier Genzentren eng mit der universitären Forschung verknüpft. Dabei zeigen verschiedene Indikatoren, dass der Bereich der biologischen Forschung in den vergangenen Jahrzehnten nicht nur die höchsten Wachstumsraten aller Forschungsbereiche der MPG hatte, sondern seit dem Ende der 90er-Jahre sogar der wichtigste dieser Bereiche ist.

Für die Schweiz ist im Unterschied zu Deutschland neben einem moderaten Ausbau der öffentlich-finanzierten Forschungsinfrastruktur insbesondere das frühzeitige Engagement der pharmazeutischen Industrie dafür verantwortlich, dass der Entwicklungsrückstand des Landes in der modernen Biotechnologie insgesamt weniger gravierend war. Diesen Unternehmen gelang es, im Gegensatz etwa zu ihren deutschen Wettbewerbern, relativ frühzeitig, alternative Pfade der technologischen Entwicklung in der pharmazeutischen Forschung zu betreten. So gründete das Unternehmen Hoffmann-La Roche zwischen 1967 und 1971 zunächst im U.S.-amerikanischen Nutley das Roche Institute of Molecular Biology und später am Stammsitz des Unternehmens das Basel Institute for Immunology. Hintergrund für die Errichtung beider Institute war eine in den 60er-Jahren getroffene Entscheidung, die Grundlagenforschung bei Roche auf die Felder der Molekularbiologie und der Immunologie zu konzentrieren. Dieser Strategie folgte seit der zweiten Hälfte der 70er-Jahre eine weiterreichende Neuausrichtung des gesamten Konzerns auf die moderne Biotechnologie, die mit der Übernahme des U.S.-amerikanischen Biotechnologieunternehmens Genentech im Jahr 1990 bereits ihren Höhepunkt erreichte. Ähnlich wie Roche haben auch die damals noch selbstständigen Unternehmen Ciba und Geigy mit dem 1970 gegründeten Friedrich-Miescher-Institut für biomedizinische Forschung eine Einrichtung der Grundlagenforschung für die moderne Biotechnologie geschaffen, die nach der Fusion von Ciba-Geigy und Sandoz heute in weiten Teilen von der Novartis-Forschungsstiftung finanziert wird. Hinsichtlich der Expansion des Bildungssystems ist vornehmlich auf die Schaffung von sieben Fachhochschulen im Jahr 1997 hinzuweisen, die teilweise aus der Reorganisation bestehender Fachoberschulen entstanden sind und je nach Ausbildungsfach unter die Verantwortung des Bundes oder der Kantone fallen.

In den USA erklärt gerade eine Reihe spezifischer Bedingungen innerhalb des Bildungs- und Forschungssystems die dominante Rolle des U.S.-amerikanischen Innovationssystems in der Biotechnologie:

Erstens profitiert dort vor allem die Biotechnologieindustrie vom Import hochqualifizierter ausländischer Mitarbeiter, die einen Anteil von etwa 10 % an den 200 000 Mitarbeitern des Sektors haben.

Zweitens leisteten insbesondere private Stiftungen bereits seit den 20er-Jahren erhebliche Investitionen in neue biowissenschaftliche Forschungsstätten. Vor allem die Zuwendungen

der Rockefeller- und der Carnegie-Stiftung legten den Grundstein für die Ansiedlung molekularbiologischer Forschung an Instituten wie dem California Institute of Technology, dem Massachusetts Institute of Technology oder der Columbia-, Harvard- und der Johns Hopkins University. Daneben wurden andere Forschungseinrichtungen von diesen Financiers gänzlich neu aufgebaut, wie beispielsweise das Memorial Institute for Infectious Diseases in Chicago oder das Rockefeller Institute for Medical Research in New York City.

Und *drittens* hat sich spätestens seit den 70er-Jahren ein „magisches Dreieck“ der biotechnologischen Forschung in den USA herausgebildet, das auf privater Seite aus der biopharmazeutischen Industrie und den führenden Forschungsuniversitäten des Landes besteht und von öffentlicher Seite durch das National Institute of Health (NIH) ergänzt wird. Auf der privatwirtschaftlichen Seite haben sich die Anzahl und der Umfang von Forschungsvorhaben an den führenden Universitäten, die unmittelbar durch Industrieunternehmen finanziert werden, in den vergangenen Jahren deutlich erhöht. Seit Anfang der 90er-Jahre beteiligen sich etwa 90 % der Life-Sciences-Unternehmen an solchen Forschungsfinanzierungen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass jährlich etwa 6 000 Projekte der universitären Life-Sciences-Forschung durch Industrieunternehmen mit einem Kostenaufwand von knapp 1,4 Milliarden € finanziert werden. Das NIH ist in diesem System mit einem Jahresbudget 2004 von 25 Milliarden € die wichtigste öffentliche Forschungsförderungsorganisation der USA. Etwa 80 % ihres Etats werden in Form von Drittmitteln für die externe Forschung bereitgestellt. Schätzungen zufolge finanziert das NIH damit etwa 212 000 externe Forscher vornehmlich an den Universitäten des Landes. Während damit die öffentlichen Investitionen in die biotechnologische Forschung in den USA weit über den entsprechenden Leistungen aller anderen hoch-industrialisierten Staaten liegen, beförderten vor allem die Koordinationsleistungen der amerikanischen Innovationspolitik die Herausbildung dieses Forschungsdreiecks. Mit Inkrafttreten des Bayh-Dole Act im Jahr 1981 wurde es den Forschungsorganisationen des Bundes, vor allem aber auch den Universitäten, die Erfindungen aus öffentlich finanzierten Forschungsprojekten patentiert hatten, möglich, diese als exklusive Lizenzen an industrielle Partner, vor allem kleine und mittlere Unternehmen, weiterzugeben. Ergänzt wurde der Bayh-Dole Act noch im selben Jahr durch den Stevenson-Wydler Technology Innovation Act sowie im Jahr 1986 durch den Federal Technology Transfer Act. Beide Gesetze normierten nicht nur die Möglichkeit, sondern die Verpflichtung der Bundeseinrichtungen, aktiv den Technologietransfer in die Industrie voranzutreiben.

Wie kaum ein anderer Fall belegt das Beispiel der Reorganisation der Bildungs- und Forschungssysteme in den drei Untersuchungsstaaten, dass solche institutionellen Transformationen als außerordentlich langwierige Prozesse betrachtet werden müssen. Die Existenz institutionell begründeter Wettbewerbsvorteile lässt sich infolgedessen auch nur in einer längerfristigen zeitlichen Perspektive plausibel belegen. So wird die Bedeutung historischer innovationspolitischer Weichenstellung dadurch erkennbar, dass die Rahmenbedingungen, die später jungen Biotechnologieunternehmen in den USA zugute kamen, bereits durch die „innovationspolitische Wende“ nach dem Sputnik-Schock (1957) eingeführt worden waren, als sich die staatliche Technologiesteuerung dem neuen Akteurstypus des technologieorientierter Jungunternehmens zugewandt hatte. In Deutschland hingegen basierte der Erfolg des BioRegio-Wettbewerbs nicht unwesentlich auf der Strategie, jene Standorte zu fördern, die

bereits Mitte der 80er-Jahre durch die Einrichtung der Genzentren als bevorzugte Standorte der biotechnologischen Forschung ausgewählt worden waren. Und in der Schweiz lässt sich das zurückhaltende innovationspolitische Engagement des Staates in diesem Sektor nicht zuletzt dadurch erklären, dass die heimischen Pharmaunternehmen – im eindeutigen Unterschied zu ihren deutschen Wettbewerbern – frühzeitig die Konsequenzen des technologischen Paradigmenwechsels erkannten. Damit besteht gerade aufgrund der historischen Determinierung institutioneller Bedingungen in Innovationssystemen wenig Grund zu der Annahme, dass sich solche Strukturen aufgrund äußeren Anpassungsdrucks langfristig konvergent entwickeln werden. Man mag in diesem Ergebnis vornehmlich einen Beitrag zu einer theoretischen Diskussion sehen, es hat aber darüber hinaus auch Konsequenzen für die innovationspolitische Praxis.

4. Staatliche Steuerungskapazitäten zum Aufbau moderner Biotechnologieindustrien im internationalen Vergleich

Die vorangegangene Darstellung hat deutlich gemacht, dass sich Deutschland, die Schweiz und die Vereinigten Staaten wesentlich im Hinblick auf die Transformationsprofile ihrer nationalen Innovationssysteme und die jeweiligen innovationspolitischen Steuerungskapazitäten unterscheiden. Vor dem Hintergrund der eingangs geführten theoretischen Diskussion ist dieses Ergebnis deshalb von Bedeutung, weil die Befunde zentrale Annahmen insbesondere der „Varieties of Capitalism“-Literatur nicht stützen.

So zeigt sich, dass eine zurückhaltende staatliche Innovationspolitik, die im Wesentlichen auf die Setzung von Marktanzweizen und die Finanzierung der Grundlagenforschung abzielt, nicht charakteristisch für den Typus liberaler Marktwirtschaften ist. Im Gegenteil, unter den hier berücksichtigten Vergleichsstaaten weist nur die Schweiz ein außerordentlich restriktives Maß an staatlicher Intervention auf, die aus der ordnungspolitischen Tradition des Landes auch erklärbar ist. Entscheidender ist aber, dass hier ein weitreichender Verzicht auf innovationspolitische Steuerung voraussetzt, dass die Wettbewerbsfähigkeit in der technologischen Leistungsfähigkeit durch das Engagement privater Akteure gewährleistet wird. Dies ist in der Schweiz in Bezug auf die Biotechnologie ohne Zweifel seit Jahrzehnten der Fall gewesen. Insofern zeichnet sich für die Schweiz ein Transformationsprofil ab, das im Wesentlichen auf industriellen Anpassungsleistungen gründet und sich bezüglich der staatlichen Steuerung auf die Vernetzung dieser Unternehmen mit der öffentlichen Forschungsinfrastruktur und auf die Korrektur von Wettbewerbsnachteilen durch die geringe Bedeutung des nationalen Absatzmarktes konzentriert.

In den Vereinigten Staaten wird man demgegenüber der staatlichen Finanzierung und Koordinierung des biotechnologischen Sektors eine zentrale Bedeutung zumessen müssen. Für die öffentliche Finanzierung gilt dies schon allein aufgrund der beträchtlichen Mittel, die das National Institute of Health insbesondere der externen Forschung zur Verfügung stellen kann. Allerdings reicht der Verweis auf die herausgehobene Rolle des NIH für die Bewertung staatlicher Steuerungsleistung bei weitem nicht aus (Dolata 1996). Beträchtliche Koordinationsleistungen wurden auf der zentralstaatlichen Ebene durch die Änderung von Rahmenbedingungen für den Technologietransfer sowie durch die Anpassung steuer-

wettbewerbs- und investitionsrechtlicher Bestimmungen erbracht, die zeitgleich mit dem Kommerzialisierungsprozess in der pharmazeutischen Biotechnologieindustrie die Verfügbarkeit von Wagniskapital und die Bedingungen für privatwirtschaftliche Kooperationen deutlich verbessert haben. Daneben besaßen gerade die seit den 80er-Jahre eingeführten innovationspolitischen Instrumente des Bundes, hier vor allem das ATP-Programm und das SBIR-Programm, ein erhebliches Steuerungspotenzial, weil sie vor allem die frühzeitige Entwicklung von biotechnologischen Basistechnologien vorantrieben.

Auf der subnationalen Ebene der Bundesstaaten der USA wird die Koordinationsfunktion staatlicher Maßnahmen in dem Maße deutlicher erkennbar, in dem die eindeutige Mehrzahl der Gliedstaaten eine strategische Biotechnologiepolitik als Instrument inter-staatlichen Wettbewerbs formuliert hat. Mit einer größeren Vielfalt an innovationspolitischen Instrumenten bilden dort staatliche Maßnahmen den unternehmerischen Entwicklungsprozess junger Technologiefirmen dahingehend ab, dass sie spezifische Instrumente für unterschiedliche Entwicklungsphasen (und Entwicklungsprobleme) bereitstellen. Eine Entsprechung findet die Bedeutung subnationaler Innovationspolitik zumindest in einigen deutschen Bundesländern, nicht aber auf der Ebene der Schweizer Kantone, die außerhalb ihrer bildungspolitischen Kompetenz über kein nennenswertes innovationspolitisches Steuerungspotenzial verfügen.

Das Transformationsprofil des U.S.-amerikanischen Innovationssystems lässt sich insofern in erster Linie als das einer multipolaren strategischen Förderung wissensbasierter Industrien kennzeichnen, das im Bereich der pharmazeutischen Biotechnologie einerseits früh von privaten Initiativen profitiert hat, andererseits in der innovationspolitischen Steuerungskapazität sowohl horizontal wie vertikal erheblich ausdifferenziert ist. Im Rahmen der strategischen Innovationsförderung besitzt es ohne Zweifel starke industriepolitische Züge (Barben 2007). Vor allem ist es aber – und dies ist vielfach unterschätzt worden (Orsenigo 1989) – auf der Ebene zentralstaatlicher Maßnahmen und innerhalb des sektorspezifischen Forschungssystems in hohem Maße koordiniert und geht dadurch weit über eine missionsorientierte Technologiepolitik hinaus, die liberalen Marktwirtschaften zugeschrieben worden ist.

Im deutschen Fall ist ein Koordinations- und Steuerungsanspruch staatlicher Innovationspolitik kaum strittig. Ein solcher lässt sich gerade durch den Umstand nachweisen, dass die Biotechnologiepolitik des Bundes sowohl in der Forschungsförderung wie auch in der Verbesserung von Rahmenbedingungen zur Gründung technologieorientierter Unternehmen zunächst traditionelle Koordinationsmodi präferiert hat, die aus verschiedenen Gründen allerdings nicht den erhofften Erfolg gebracht haben. Der BioRegio-Wettbewerb, der zu Recht als wegweisendes Instrument der Initiierung des biotechnologischen Kommerzialisierungsprozesses betrachtet wird, war in diesem Zusammenhang weniger aufgrund seiner finanziellen Investitionen bedeutsam, als vielmehr aufgrund der Tatsache, dass die Ausschreibungskriterien eindeutig bereits etablierte Standorte bevorzugten, sofern sie in der Lage waren, spezifische Koordinationsprobleme, die mit der Kommerzialisierung eines neuen Wissensgebietes verbunden sind, selbst zu lösen.

Dies kann allerdings nicht dazu führen, dem Bundesforschungsministerium hinsichtlich der institutionellen Transformationsprozesse im deutschen Innovationssystem eine zentrale Rolle zuzuschreiben (Giesecke 2000). Zwar ist es zutreffend, dass auf der Ebene des Bundes

der innovationspolitische Paradigmenwechsel hinsichtlich der Biotechnologie besonders pointiert formuliert und durch die Auflösung vorheriger Koordinationsarrangements auch dokumentiert wurde. Wesentlicher ist aber, dass dieser begleitet wurde durch die Neuorientierung der deutschen Forschungsvereinigungen, durch beträchtliche Eigenleistungen zumindest einiger deutscher Bundesländer sowie durch die Delegation konfliktbeladener Regulierungsentscheidungen auf die europäische Ebene. Dadurch wird das Transformationsprofil des deutschen Innovationssystems nur in der ganzen Reichweite erkennbar, wenn man die Koordinationsleistung *zwischen* den unterschiedlichen Ebenen in Betracht zieht, aber auch deren jeweiligen eigenständigen Beitrag.

Dies gilt vor allem auch, weil bei der Frage nach den institutionellen Wettbewerbsvorteilen des deutschen Innovationssystems die Einordnung der öffentlichen Investitionen in die pharmazeutische Biotechnologie weniger positiv ausfällt. Die Ausgaben des Bundes in diesem Bereich liegen seit Jahren konstant bei etwa 760 Millionen € jährlich und damit weit über denen der Schweiz. Nimmt man allerdings die öffentlichen Gesamtinvestitionen in die Gesundheitsforschung als Maßstab, so befand sich Deutschland mit lediglich 0,03 % des BIP nicht nur deutlich unterhalb des Durchschnitts der damaligen fünfzehn Mitgliedstaaten der Europäischen Union. Vielmehr wurde hierzulande nur ein Sechstel der anteiligen BIP-Ausgaben der USA sowie nur ein Drittel jener Großbritanniens investiert. Allein in der öffentlichen Förderung der Biotechnologie hatte Deutschland zwar im Jahr 1997 die höchsten absoluten Ausgaben unter 20 OECD-Staaten (allerdings ohne die USA), ihr Anteil an der gesamten öffentlichen Forschungsförderung war jedoch nur halb so groß wie beispielsweise in Belgien. Darüber hinaus setzte eine signifikante Förderung der Biotechnologie als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts in Deutschland erst zu Beginn der 90er-Jahre und damit bedeutend später als in den USA ein. Ein wesentlicher Grund hierfür lag in der Tatsache, dass die Bundesregierung bis weit in die 80er-Jahre hinein kaum eigene Kompetenzen in der Entwicklung entsprechender Förderprogramme entwickelt hatte.

5. Schlussfolgerungen

Das Ziel dieser Analyse bestand darin, in kritischer Auseinandersetzung mit dem theoretischen Konzept der *Varieties of Capitalism* zu untersuchen, welche institutionellen Faktoren über die technologische Leistungsfähigkeit nationaler Innovationssysteme entscheiden und welche Steuerungskapazitäten staatliche Innovationspolitik in diesem Kontext besitzt. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass es nicht die dominanten Koordinationsmodi in unterschiedlichen Typen marktwirtschaftlicher Systeme sind, die einerseits institutionelle Wettbewerbsvorteile in der Etablierung wissensbasierter Industrien begründen und andererseits die Reichweite staatlicher Innovationspolitik determinieren. Vielmehr lassen sich spezifische Transformationsprofile nationaler Innovationssysteme identifizieren, die aufgrund ihrer jeweiligen institutionellen Komplexität wenig Anlass für die Annahme bieten, dass sie auf Dauer in Richtung auf ein überlegenes (anglo-amerikanisches) Modell hin konvergieren.

Insofern lassen sich aus dieser Analyse auch Implikationen sowohl für die politikwissenschaftliche Forschung als auch für die innovationspolitische Praxis ableiten. Für den Ansatz der *Varieties of Capitalism* sollte deutlich geworden sein, dass die hier hervorgehobenen

strategischen Koordinationsprobleme von Unternehmen als Erklärungsvariablen ohne Zweifel nicht ausreichen, um der Komplexität institutioneller Einflüsse auf den Prozess der Entwicklung von Innovationen wie auch auf den Transformationsprozess von Innovationssystemen gerecht zu werden. Hier können systemische Innovationsansätze überzeugendere Antworten bieten. Solche Ansätze sind bisher aber nicht über den Status eines Forschungskonzepts hinausgekommen und damit relativ weit davon entfernt, eine Theorie des institutionellen Einflusses auf Innovationsprozesse und technologische Leistungsfähigkeit zu bieten.

Hinsichtlich der innovationspolitischen Praxis unterstreicht diese Untersuchung, dass staatliches Handeln in unterschiedlichen Typen von Marktwirtschaften nicht auf jeweils spezifische „adäquate“ Instrumente, die ihrer Natur nach entweder „market-incentive“ oder „coordination-oriented“ sind, beschränkt ist. Im Gegenteil, vor allem der Vergleich staatlicher Innovationspolitik in Deutschland und der USA zeigt deutlich, dass in der liberalen Marktwirtschaft der USA gerade nicht-marktliche Koordinations- und Kooperationsformen die Kommerzialisierung insbesondere zentraler Plattformtechnologien vorangetrieben haben. In Deutschland hingegen basierte die erfolgreiche Etablierung einer Risikokapitalindustrie auf der staatlichen Setzung von Marktanreizen für privatwirtschaftliche Anbieter. Dies bedeutet in der Konsequenz, dass die Natur innovationspolitischer Instrumente weniger durch die Form und Intensität etablierter Koordinationsstrukturen bestimmt wird, sondern durch weit komplexere institutionelle Bedingungen, die für jedes Innovationssystem hoch spezifisch sind.

Literatur

- Barben, Daniel*, 2007: Innovationsregime der Biotechnologie im internationalen Vergleich, in: Günter Feuerstein (Hrsg.), *Strategien biotechnischer Innovationen. Analysen, Konzepte und empirische Befunde*, Hamburg, 67-89.
- Berger, Suzanne*, 1996: Introduction, in: dies./Ronald Dore (Hrsg.), *National Diversity and Global Capitalism*, Ithaca/London, 1-25.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung*, 2004: *Technologie und Qualifikation für neue Märkte. Ergänzender Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2003-2004*, Bonn [BMBF 2004].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung*, 2006: *Die Hightech-Strategie für Deutschland*, Berlin/Bonn [BMBF 2006].
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Bundesministerium für Bildung und Forschung*, 2002: *Innovationspolitik. Mehr Dynamik für zukunftsfähige Arbeitsplätze*, Berlin/Bonn [BMWi/BMBF 2002].
- Caspar, Steven*, 2000: Institutional Adaptiveness, Technology Policy, and the Diffusion of New Business Models: The Case of German Biotechnology, in: *Organization Studies* 21, 887-914.
- Caspar, Steven/Karamanos, Anastasios*, 2003: Commercializing Science in Europe: The Cambridge Biotechnology Cluster, in: *European Planning Studies* 11, 805-822.

- Caspar, Steven/Lehrer, Mark/Soskice, David*, 1999: Can High-Technology Industries Prosper in Germany? Institutional Frameworks and the Evolution of the German Software and Biotechnology Industries, in: *Industry and Innovation* 6, 5-24.
- Cooke, Philip*, 2004: Life Sciences Cluster and Regional Science Policy, in: *Urban Studies* 41, 1113-1131.
- Daemrlich, Arthur D.*, 2004: *Pharmacopolitics. Drug Regulation in the United States and Germany*, Chapel Hill/London.
- Deutscher Bundestag*, 1984: Antwort des Parlamentarischen Staatssekretärs Dr. Probst auf die Frage des Abgeordneten Cartenhusen, BT-Drs. 10/879 vom 13. Januar 1984.
- Dolata, Ulrich*, 1996: *Politische Ökonomie der Gentechnik. Konzernstrategien – Forschungsprogramme – Technologiewettläufe*, Berlin.
- Dosi, Giovanni/Freeman, Christopher/Nelson, Richard R./Silverberg, Gerald/Soete, Luc (Hrsg.)*, 1988: *Technical Change and Economic Theory*, London/New York.
- Europäische Gemeinschaften*, 2001: *Competitiveness, innovation and enterprise performance. A selection of graphs and tables from the Competitiveness Report, the Innovation Scoreboard and the Enterprise Scoreboard*, Luxemburg.
- Giesecke, Susanne*, 2000: The contrasting roles of government in the development of biotechnology industry in the US and Germany, in: *Research Policy* 29, 205-223.
- Grande, Edgar/Kaiser, Robert*, 2006: The Transformation of the German System of Innovation: The Case of Biotechnology, in: Elias Carayannis/David Campbell (Hrsg.), *Knowledge Creation, Diffusion and Use in Innovation Networks and Clusters: A Comparative Systems Approach Across the United States and Europe*, New York, 183-202.
- Hall, Peter A./Soskice, David (Hrsg.)*, 2001: *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundation of Comparative Advantage*, Oxford.
- Hollingsworth, J. Rogers*, 1998: New perspectives on the spatial dimensions of economic coordination: tensions between globalization and social systems of production, in: *Review of International Political Economy* 5, 482-507.
- Hollingsworth, J. Rogers/Boyer, Robert (Hrsg.)*, 1997: *Contemporary capitalism: The embeddedness of institutions*, New York.
- Jürgens, Ulrich/Naschold, Frieder*, 1994: Arbeits- und industriepolitische Entwicklungseingänge der deutschen Industrie in den neunziger Jahren, in: Wolfgang Zapf/Meinolf Dierkes (Hrsg.), *Institutionenvergleich und Institutionendynamik, WZB-Jahrbuch 1994*, Berlin, 239-270.
- Kaiser, Robert*, 2008: *Innovationspolitik. Staatliche Steuerungskapazitäten beim Aufbau wissensbasierter Industrien im internationalen Vergleich*, Baden-Baden.
- Kaiser, Robert/Prange, Heiko*, 2004: The reconfiguration of National Innovation Systems – the example of German biotechnology, in: *Research Policy* 33, 395-408.
- Kitschelt, Herbert/Lange, Peter/Marks, Gary/Stephens, John*, 1999: *Continuity and Change in Contemporary Capitalism*, New York.
- Landeszentralbank Nordrhein-Westfalen*, 1998: *Zum Innovationspotenzial in Nordrhein-Westfalen. Sonderkapitel des Jahresberichts 1998*, Düsseldorf.
- Lerner, Josh*, 1996: *The Government as Venture Capitalist: The Long-Run Impact of the SBIR-Program*, Cambridge/MA (NBER Working Paper Series, Working Paper 5753).

- Lundvall, Bengt-Åke (Hrsg.)*, 1992: National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, London/New York.
- Nelson, Richard R. (Hrsg.)*, 1993: National Innovation Systems, New York/Oxford.
- Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung*, 2001: Science, Technology and Industry Outlook. Drivers of Growth: Information Technology, Innovation and Entrepreneurship, Paris (Special Edition) [OECD 2001].
- Orsenigo, Luigi*, 1989: The Emergence of Biotechnology. Institutions and Markets in Industrial Innovation, New York.
- Saxenian, Annalee*, 1999: Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128, Cambridge/London (7. Auflage).
- Streck, Wolfgang*, 1992: Social Institutions and Economic Performance: Studies of Industrial Relations in Advanced Industrialized Countries, London/Beverly Hills.
- Swann, Peter G. M./Prevezer, Martha/Stout, David (Hrsg.)*, 1998: The Dynamics of Industrial Clustering. International Comparisons in Computing and Biotechnology, Oxford.
- Weltbank*, 1999: World Development Report 1998/99. Knowledge for Development, New York.
- Whitley, Richard*, 1999: Divergent Capitalism: The social structuring and change of business systems, Oxford.
- Whitley, Richard*, 2000: The Institutional Structuring of Innovation Strategies: Business Systems, Firm Types and Patterns of Technical Change in Different Market Economies, in: Organization Studies 21, 855-886.
- Zysman, John*, 1983: Governments, Markets and Growth. Financial Systems and the Politics of Industrial Change, Ithaca/London.

Korrespondenzanschrift:

PD Dr. Robert Kaiser
Professur für Regierungslehre (Vertretung)
Institut für Politische Wissenschaft
Universität Hamburg
Allendeplatz 1
20146 Hamburg
E-Mail: robert.kaiser@uni-hamburg.de
Web: <http://www.robert-kaiser.de>