



DIW Berlin



Fraunhofer Institut
System- und
Innovationsforschung

Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie in Deutschland

Studie für die Hans-Böckler-Stiftung, Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie (DIB), Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie und Energie (IGBCE)

Endbericht - Zusammenfassung

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI), Karlsruhe
Deutsches Institut für Wirtschaft (DIW), Berlin

Michael Nusser, Birgit Soete, Sven Wydra (Hrsg.)

Autorenschaft:

Teil 1: Aktuelle und zukünftige Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie
Michael Nusser (Projektleitung) und Sven Wydra (Fraunhofer ISI)

Teil 2: Wie wettbewerbsfähig ist die Biotechnologieindustrie und
Biotechnologieforschung in Deutschland?
Birgit Soete (DIW Berlin)

Teil 3: Bewertung des Biotechnologie-Standortes Deutschland
Michael Nusser, Bärbel Hüsing, Thomas Reiß, Sven Wydra (Fraunhofer ISI)
Birgit Soete (DIW Berlin)

unter Mitarbeit von: Bernd Beckert, Michael Friedewald, Bärbel Hüsing,
Thomas Reiß (Fraunhofer ISI),
Martin Gornig, Axel Werwatz und Zhentang Zhang (DIW Berlin)

Projektassistenz: Silke Just, Bora Ger, Jens Selt (Fraunhofer ISI) und
Martina Grunow, Hella Steinke (DIW Berlin)

Februar 2007

Zusammenfassung

Teil 1: Aktuelle und zukünftige Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie in Deutschland

Die Biotechnologie spielt als Spitzen- und Querschnittstechnologie in mehreren Branchen im Innovations- und Wachstumsprozess eine wichtige Rolle. Sie verfügt über ein enormes Potenzial für die Entwicklung neuer oder verbesserter Prozesse, Produkte und Dienstleistungen. Neue Märkte entstehen und die Wettbewerbsfähigkeit traditioneller Branchen kann gestärkt werden. Dadurch werden neue Arbeitsplätze geschaffen und bestehende gesichert. Nach Einschätzung von Experten steht die Realisierung des wirtschaftlichen Potenzials der Biotechnologie erst am Anfang ihrer Entwicklung.

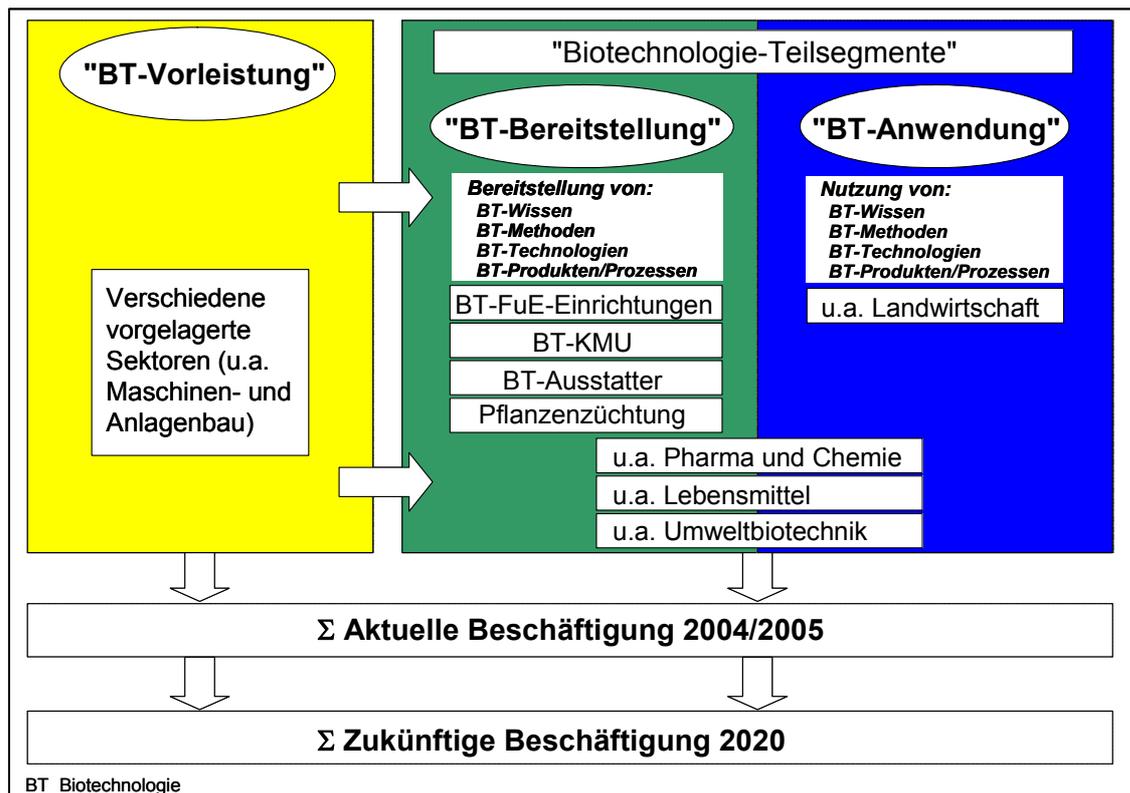
Bereits existierende Studien zu den Beschäftigungseffekten der Biotechnologie (BT) „beschränken“ sich in der Regel auf die *direkt Beschäftigten* in den kleinen und mittelständischen Biotechnologieunternehmen und/oder auf die Biotechnologie-Ausstatter, d. h. auf die Beschäftigungseffekte, die bei der Bereitstellung von biotechnologischen Methoden, Prozessen, Produkten oder Dienstleistungen entstehen (*BT-Bereitstellung*). Hierbei werden allerdings meist die Beschäftigten in den öffentlichen FuE-Einrichtungen nicht berücksichtigt. Vor allem werden aber die direkten Beschäftigungseffekte in den verschiedenen nachgelagerten Anwenderindustrien (*BT-Anwendung*) oder die *indirekten Beschäftigungswirkungen* in den vorgelagerten Zulieferersektoren (*BT-Vorleistung*) nicht bzw. unvollständig erfasst. Ebenso fehlen bislang zukunftsbezogene quantitative Extrapolationen der Beschäftigungseffekte auf Basis konsistenter Szenarien. An diesem Forschungsbedarf setzt die vorliegende Studie an.

Zur Analyse der aktuellen und zukünftigen Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie wurde ein Untersuchungskonzept mit drei Säulen (Abbildung 0.1) verwendet, das die unterschiedlichen Arten von Beschäftigungswirkungen berücksichtigt. Die Modellberechnungen in Teil 1 der Studie

- **umfassen positive direkte Brutto-Beschäftigungseffekte der Biotechnologie-Teilsegmente (BT-Bereitstellung und BT-Anwendung)**, d. h. die in Deutschland mit der Bereitstellung von Biotechnologie-Know-how in Universitäten/FuE-Einrichtungen, kleinen und mittelständischen Biotechnologieunternehmen, Biotechnologie-Ausstattern und Pflanzenzüchtungsunternehmen sowie die mit der Nutzung von Biotechnologie-Know-how in den Anwenderindustrien der Pharmabranche, Chemieindustrie, Lebensmittelindustrie sowie in der Landwirtschaft und Umweltbiotechnik verbundenen direkten Beschäftigungseffekte der Biotechnologie.
- **umfassen positive Brutto-Vorleistungseffekte der „Biotechnologie-Teilsegmente“ (BT-Vorleistung)**: Durch ihre Investitionstätigkeiten und Ausgaben für Vorleistungskäufe sind die Biotechnologie-Teilsegmente BT-Bereitstellung und BT-An-

wendung an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung beteiligt. Diese Lieferverflechtungen mit anderen Wirtschaftssektoren bewirken zusätzliche indirekte vorgelegerte und investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte in Zulieferersectoren.

Abbildung 0.1: „Drei-Säulen-Konzept“ zur Analyse der Beschäftigungseffekte neuer Technologien, angewendet auf die Biotechnologie



Quelle: Fraunhofer ISI 2006

Die Modellberechnungen **umfassen nur positive Beschäftigungseffekte**. Neben den positiven Brutto-Beschäftigungseffekten aus dem Zuwachs bei der Bereitstellung und Nutzung von Biotechnologie-Know-how entstehen aber auch negative Beschäftigungseffekte. Diese negativen Effekte bzw. negativen Impulse ergeben sich u. a. auf Grund einer geringeren Verwendung (im Sinne einer absoluten und/oder relativen Schrumpfung) bei „konventionellen“ Prozessen, Produkten und Dienstleistungen (z. B. chemiebasierte Pharmaprodukte, fossile Energieträger) und den dadurch vermiedenen Ausgaben und Investitionen. Zudem entstehen kompensatorische Effekte und Budgeteffekte, da z. B. Mehrkosten, die die Bereitstellung und Anwendung von Biotechnologie-Prozessen, Produkten und Dienstleistungen gegenüber konventionellen Prozessen, Produkten und Dienstleistungen mit sich bringt (z. B. Biotechnologie-Forschungsförderung, Subventionen und Steuerbefreiungen für biogene Kraftstoffe), gesamtwirt-

schaftlich durch Minderausgaben an anderer Stelle (u. a. sinkende private Konsumausgaben auf Grund von Steuererhöhungen) kompensiert werden müssen. Die Ermittlung von negativen Beschäftigungseffekten würde eine in sich geschlossene Bilanzierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte eines zusätzlichen Einsatzes von Biotechnologie-Prozessen, Produkten und Dienstleistungen gewährleisten. Die Berechnung derartiger negativer Beschäftigungseffekte ist jedoch methodisch sehr aufwändig und war im finanziellen Rahmen dieses Projektes nicht leistbar.

Bei der Interpretation solcher negativen Beschäftigungseffekte sollten jedoch stets generelle Trends in den entsprechenden Anwenderbranchen berücksichtigt werden: Wenn Deutschland im FuE- und Produktionsbereich nicht auf international wettbewerbsfähige Biotechnologie-Prozesse, Produkte und Dienstleistungen setzt, die in Deutschland erforscht, entwickelt und möglichst lange (industriell) produziert werden können, besteht die Gefahr, dass Unternehmen zukünftig standardisierte Produktionsprozesse bei „klassischen bzw. konventionellen“ Prozessen, Produkten und Dienstleistungen (z. B. auf petrochemischer Herstellungsbasis) in osteuropäische und/oder asiatische Länder verlagern. Dadurch gingen u. U. viele Arbeitsplätze verloren, möglicherweise in der Größenordnung der hier nachfolgend ausgewiesenen positiven Brutto-Beschäftigungseffekte.

Für die Berechnung der Beschäftigungseffekte wurde das am Fraunhofer ISI entwickelte ISIS-Modell eingesetzt, dessen Kern aus einem Input-Output-Modell besteht. Dieses Modell basiert auf den aktuellen Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2002. Darin wird die deutsche Volkswirtschaft in 71 Produktions- und Dienstleistungssektoren und sechs Endnachfragesektoren (u. a. private und staatliche Konsumnachfrage, Export) unterteilt. An entsprechenden Stellen (u. a. Bildung „eigener Biotechnologie-Teilsegmente“, Produktivitätsfortschreibung) wurde mittels geeigneter statistischer Quellen eine Anpassung an die Jahre 2004/05 und 2020 vorgenommen. Durch das ISIS-Modell werden die Auswirkungen von Veränderungen in der Zwischen- und Endnachfrage nach biotechnologischen Methoden, Prozessen, Produkten und Dienstleistungen auf die gesamte Wirtschaft simuliert. Als Dateninput für die Input-Output-Modellberechnungen werden die ökonomischen (Nachfrage) Impulse verwendet, die sich aus der Bewertung der aktuellen und zukünftigen Marktpotenziale der Biotechnologie auf Basis einer schriftlichen Befragung, zahlreichen Experteninterviews sowie technoökonomischen Studien ergeben.

Beschäftigungsszenarien wurden mit Hilfe eines aufwändigen „**Top-down/Bottom-up**“-Verfahrens entwickelt. Hierbei wurde die aktuelle und zukünftige Marktdurchdringung mit biotechnologischen Methoden, Prozessen, Produkten und Dienstleistungen in den Anwenderbranchen bestimmt. Dabei wurden eine Vielzahl von Methoden und

Quellen (u. a. schriftliche Befragung, Experteninterviews, Patentanalysen, techno-ökonomische Studien) verwendet, um die Unter- und Obergrenzen für die jeweiligen Anwenderbranchen festzulegen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 0.1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 0.1: Biotechnologie-Umsatzanteile 2004 und 2020 (in Prozent bezogen auf den Produktionswert der Gesamtbranche)

Anwenderbranchen	Biotechnologie-Umsatzanteil 2004/05	Biotechnologie-Umsatzanteil 2020
Szenariowerte Chemie	4-6 %	9-18 %
Szenariowerte Pharma	11-18 %	18-40 %
Szenariowerte Lebensmittel	9-23 %	17-32 %
Szenariowerte Landwirtschaft	11-20 %	26-42 %
Szenariowerte Umweltbiotechnik	13-18 %	30-45 %

Quelle: Fraunhofer ISI 2006.

Da - wie in neuen Technikfeldern üblich - die tatsächliche Marktdurchdringung in 2004 und 2020 mit Unsicherheiten behaftet ist, werden auch die aktuellen Beschäftigungseffekte in 2004 mit Unter- und Obergrenze angegeben. Die Grenzen sind dabei zu verstehen als „pessimistische und optimistische Marktanteilsabschätzung“. Die Unter- und Obergrenzen der Beschäftigungseffekte für das Jahr 2020 können als „langsame und schnelle Diffusion“ bzw. Marktdurchdringung interpretiert werden. Die direkten Beschäftigungseffekte der Biotechnologie-Teilbereiche BT-Bereitstellung und BT-Anwendung sowie deren vorgelagerte (indirekte und investitionsinduzierte) Beschäftigungseffekte sind in Tabelle 0.2 zusammenfassend dargestellt. Einige Summenwerte können nicht ausgewiesen werden, da sich aus methodischer Sicht das Problem von Doppelzählungen ergibt. Bei den ausgewiesenen Erwerbstätigen, die mit der Biotechnologie verknüpft sind, handelt es sich um Erwerbstätige in Vollzeitäquivalenten (FTE). Die Untersuchungsergebnisse zeichnen für 2004 und 2020 folgendes Bild:

- **BT-Bereitstellung:** Die größte Beschäftigungswirkung (Summe aus direkten und vorgelagerten Effekten) geht in 2004 mit rund 109.000-118.200 Erwerbstätigen von den Universitäten und außeruniversitären FuE-Einrichtungen aus, gefolgt von den Biotechnologie-Ausstattern mit ca. 40.500 Beschäftigten. Demgegenüber ist die Beschäftigungswirkung von kleinen und mittelständischen Biotechnologieunternehmen - auch unter Berücksichtigung der Vorleistungseffekte - mit etwa 18.800 Beschäftigten vergleichsweise gering. Die Pflanzenzüchtungsunternehmen vereinen rund 3.600-4.300 Beschäftigte auf sich. Für das Jahr 2020 ergibt sich folgendes Bild:

Etwa 122.500-132.900 Erwerbstätige können den Universitäten und außeruniversitären FuE-Einrichtungen, ca. 43.800-56.100 Beschäftigte den Biotechnologie-Ausstattern, etwa 19.900-25.400 Beschäftigte den kleinen und mittelständischen Biotechnologieunternehmen und rund 3.900-4.600 Beschäftigte den Pflanzenzüchtungsunternehmen zugerechnet werden.

- **BT-Anwendung:** Die höchste Zahl an induzierten Arbeitsplätzen ist in der Lebensmittelindustrie festzustellen, die eine erhebliche Vorleistungswirkung aufweist, so dass in diesem Teilsegment insgesamt (d. h. direkt plus vorgelagert) rund 192.900-493.000 Erwerbstätige mit der Nutzung biotechnischer Methoden, Prozesse oder Produkte in Verbindung gebracht werden können. Danach folgt mit ca. 113.100-205.600 Beschäftigten die Landwirtschaft. Demgegenüber ist die Beschäftigungswirkung in den anderen Teilsegmenten vergleichsweise gering. Auf Grund hoher Vorleistungseffekte folgt die Chemie mit etwa 37.000-55.500 Erwerbstätigen, vor der Pharmaindustrie (rund 25.600-41.800 Beschäftigte) und der Umweltbiotechnik (ca. 17.900-24.800 Beschäftigte). Für das Jahr 2020 ergibt sich folgendes Bild: Rund 293.600-552.700 Erwerbstätige können der Lebensmittelindustrie und etwa 181.600-293.400 Beschäftigte der Landwirtschaft zugerechnet werden, gefolgt von der Chemiebranche mit etwa 82.100-164.300 Erwerbstätigen, vor der Pharmaindustrie (rund 37.800-90.000 Beschäftigte) und der Umweltbiotechnik (ca. 43.100-64.600 Beschäftigte)
- **BT-Vorleistung:** Die vorgelagerten Beschäftigungseffekte sind in Summe sowohl in 2004 als auch in 2020 größer als die direkten Beschäftigungswirkungen der Biotechnologie. Die Effekte sind für die einzelnen Biotechnologie-Teilsegmente sehr unterschiedlich. Bei den Biotech-KMU, den Biotechnologie-Ausstattern und den Pflanzenzüchtungsunternehmen sowie in der Landwirtschaft dominieren die direkten Beschäftigungseffekte, d. h. die vorgelagerten Effekte weisen eine geringere Bedeutung auf. Umgekehrt belaufen sich in der Chemiebranche und in der Lebensmittelindustrie die vorgelagerten Beschäftigungseffekte auf das Doppelte bis Dreifache der direkten Beschäftigungswirkung. In den übrigen Biotechnologie-Teilsegmenten sind die direkten und vorgelagerten Beschäftigungswirkungen in etwa gleich hoch.

F

Tabelle 0.2: Zusammenfassung direkte, indirekte/induzierte Brutto-Beschäftigungswirkungen in den Szenarien 2004 und 2020

	Direkte Brutto-Erwerbstätige * (in Tsd. FTE)		BT-Vorleistung: Indirekte/ induzierte Brutto- Erwerbstätige (in Tsd. FTE)		Brutto-Erwerbstätige gesamt (in Tsd. FTE)	
	2004	2020	2004	2020	2004	2020
Szenarien (Summe 1+2)	257,7 - 443,0	368,7 - 595,9	n.v. *	n.v. *	n.v. *	n.v. *
1. BT-Bereitstellung	88,6 - 93,4	97,1 - 113,0	83,2 - 88,4	93,0 - 106,1	n.v. *	n.v. *
- Universitäten/FuE-Einrichtungen	50,5 - 55,0	56,6 - 61,4	58,2 - 63,2	65,9 - 71,5	108,9 - 118,2	122,5 - 132,9
- Biotechnologie-KMU	12,0	12,2 - 15,6	6,8	7,7 - 9,9	18,8	19,9 - 25,4
- Biotechnologieausstatter	23,7	25,8 - 33,0	16,9	18,0 - 23,1	40,5	43,8 - 56,1
- Pflanzenzüchtung	2,3 - 2,7	2,6 - 3,0	1,3 - 1,6	1,4 - 1,6	3,6 - 4,3	3,9 - 4,6
2. BT-Anwendung	169,1-349,6	271,6 - 482,9	217,4 - 471,2	369,4 - 682,1	n.v. *	n.v. *
- Pharmaindustrie	12,4 - 20,4	17,8 - 39,6	13,1 - 21,5	22,7 - 50,5	25,6 - 41,8	40,5 - 90,0
- Chemiebranche	9,8 - 14,7	18,0 - 35,9	27,2 - 40,8	64,2 - 128,3	37,0 - 55,5	82,1 - 164,3
- Lebensmittel	69,6 - 177,7	108,0 - 203,2	123,4 - 315,2	185,7 - 349,5	192,9 - 493,0	293,7 - 552,7
- Landwirtschaft	68,8 - 125,1	107,4 - 173,5	44,3 - 80,6	74,2 - 119,8	113,1 - 205,6	181,6 - 293,4
- Umweltbiotechnik	8,5 - 11,8	20,4 - 30,6	9,4 - 13,1	22,7 - 34,0	17,9 - 24,8	43,1 - 64,6

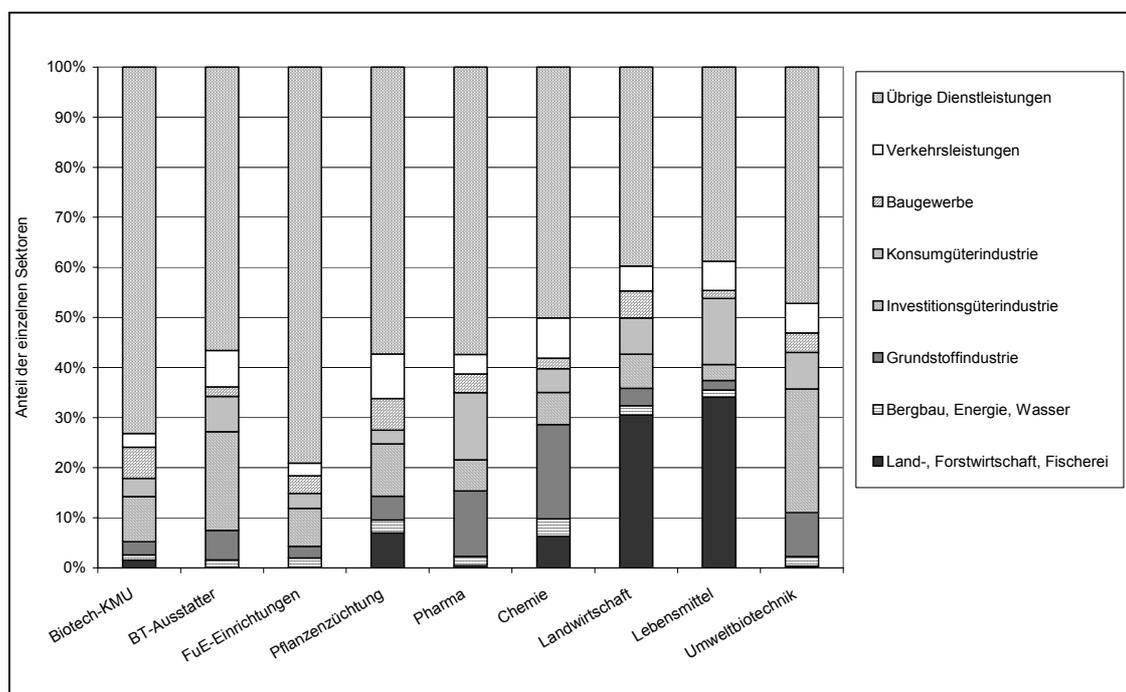
Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Rundungsfehler möglich).

FTE = Vollzeitäquivalente. n.v. * = nicht verfügbar (Problem der Doppelzählung)

Zum Problem der Doppelzählungen: Beim Ausweis von Summenwerten entstehen zum Teil erhebliche Doppelzählungen, weshalb bestimmte Summenwerte nicht ausgewiesen werden können. Am **Gesamt-Summenwert BT-Vorleistung** (BT-Bereitstellung plus BT-Anwendung) soll dies illustriert werden: Die Anwenderbranchen (z. B. Pharma- und Chemiebranche) beziehen Biotechnologie-basierte Vorleistungsgüter von Biotech-KMU (z. B. industrielle Enzyme) oder Biotechnologieausstattern (z. B. Bauteile für Laborgeräte). Die Logik des Input-Output-Modells arbeitet mit „Mehrfachrunden“, d. h. es wird nicht nur die direkte Vorleistung berechnet, sondern auch die Vorleistungen der Vorleistung, die Vor-Vor-Vorleistung usw. Die Vorleistungseffekte der Biotech-KMU sind somit zu bestimmen (schwer bzw. nicht quantifizierbaren) Anteilen auch in den Vorleistungen der Pharma- und Chemiebranche berücksichtigt. Eine Aufsummierung über BT-Bereitstellung und BT-Anwendung ist daher nicht möglich. Demzufolge ist auch eine Aufsummierung der direkten Beschäftigungseffekte und der Effekte BT-Vorleistung zu einem Wert **Brutto-Erwerbstätige gesamt** nicht möglich. Bei den Brutto-Erwerbstätigen gesamt kommt noch hinzu, dass auf Grund der oben beschriebenen Vorleistungsverflechtungen viele indirekt Beschäftigte im Bereich BT-Anwendung direkt Beschäftigte im Bereich BT-Bereitstellung sind. Zudem beziehen Pharmaunternehmen Vorleistungen von der Chemieindustrie oder Biotech-KMU Vorleistungen von den Ausstattern. Daher können Brutto-Erwerbstätige gesamt für die BT-Bereitstellung, BT-Anwendung und BT-Anwendung plus BT-Bereitstellung nicht ausgewiesen werden.

Auf Grund der großen Bedeutung der vorgelagerten Beschäftigungseffekte wurde eine genauere Analyse der sektoralen Aufteilung der vorgelagerten Beschäftigungseffekte durchgeführt. Die Ergebnisse zeichnen folgendes Bild (Abbildung 0.2): Es ist eine relativ hohe Bedeutung des Dienstleistungsbereichs zu erkennen, der in den meisten Fällen zwischen 40 und 60 % der vorgelagerten Beschäftigten ausmacht, bei den FuE-Einrichtungen und Biotech-KMU sogar 75 bis 80 %. Damit trägt die Biotechnologie in erheblichem Maße zur Stärkung von zukunftsfähigen Dienstleistungssektoren bei. Für die Pharmaindustrie und die (Fein)Chemie sind die Sektoren der Grundstoffindustrie, insbesondere Lieferungen aus anderen Feldern der chemischen Industrie relevant. Für die Biotechnologie-Ausstatter und die Umweltbiotechnik spielen Investitionsgütersektoren wie die Mess- und Regeltechnik oder die Hersteller von Metallerzeugnissen eine größere Rolle. Die Lebensmittelverarbeitung fällt insofern aus dem Rahmen, als hier die Landwirtschaft (aber auch die Fischerei) mit ihrer hohen Arbeitsintensität maßgeblich zur vorgelagerten Beschäftigungswirkung beiträgt. Die Landwirtschaft selbst ist wiederum stark mit sich selbst verflochten, ähnlich wie die Chemieindustrie.

Abbildung 0.2: Sektoriale Aufteilung der vorgelagerten indirekten Beschäftigungseffekte (BT-Vorleistung) der Biotechnologie-Segmente BT-Bereitstellung und BT-Anwendung



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Die Anteile verschiedener Qualifikationsgruppen in den Biotechnologie-Teilsegmenten und den vorgelagerten Zuliefererindustrien sind in Tabelle 0.3 zusammenfassend dar-

gestellt. Bei den direkt in den „Biotechnologie-Teilsegmenten“ beschäftigten Personen zeigen sich deutliche sektorale Unterschiede bei der qualifikationsspezifischen Arbeitsnachfrage. Die forschungsintensiven Teilsegmente für die Bereitstellung von Biotechnologie-Wissen (BT-Bereitstellung) haben einen höheren Akademikeranteil (48 %) als die Teilsegmente der Anwendung (BT-Anwendung) mit ca. 7 %. Besonders die Lebensmittelverarbeitung und die Landwirtschaft weisen niedrige Akademikerquoten auf, dafür sind in diesen Teilfeldern die Anteile der Arbeitskräfte mit einer Lehre (oder einem ähnlichen beruflichen Abschluss) mit 62 bzw. 64 % und Techniker-/ Meisterausbildung mit 10 bzw. 15 % hoch. Die Betrachtung der Qualifikationsprofile bei den vorgelagerten Biotechnologie-Zulieferersektoren zeigt insgesamt Ähnlichkeiten zu den Werten für die Gesamtwirtschaft. Auffällig sind die im Vergleich zur direkten Beschäftigung geringeren sektorale Unterschiede bei den einzelnen Vorleistungsketten der Biotechnologie-Teilsegmente. Insgesamt ist der Akademikerbedarf bei den indirekt und investitionsinduzierten Erwerbstätigen der BT-Bereitstellung mit 29 % höher als in der Gesamtwirtschaft (16 %), in der BT-Anwendung mit 13 % dagegen niedriger.

Tabelle 0.3: Berufliche Qualifikationsprofile in den „Biotechnologie-Teilesegmenten“ im Jahr 2004

Qualifikationsprofile der direkt Beschäftigten in den Biotechnologie-Teilesegmenten BT-Bereitstellung und BT-Anwendung													
	BT-Bereitstellung						BT-Anwendung						
	Biotech-KMU *	BT-Ausstatter	FuE-Einrichtungen	Pflanzenzüchter	Summe	Pharma	Chemie	Landwirtschaft	Lebensmittel	Umweltbiotechnik	Summe	Gesamtwirtschaft	
Erwerbstätige (FTE)	12.000	23.700	50.700-55.000	2.300-2.700	88.600-93.400	12.400-20.400	9.800-14.700	68.800-125.100	69.600-177.700	8.500-11.800	169.100-349.600		
Keinen (formellen) Abschluss	2 %	15 %	8 %	18 %	9 %	12 %	16 %	18 %	21 %	15 %	19 %	16 %	
Berufliche Ausbildung	33 %	51 %	26 %	62 %	34 %	53 %	55 %	62 %	64 %	63 %	62 %	57 %	
Meister/Techniker	2 %	12 %	8 %	15 %	8 %	10 %	12 %	15 %	10 %	12 %	12 %	11 %	
Akademiker	63 %	22 %	58 %	6 %	48 %	25 %	17 %	6 %	6 %	9 %	7 %	16 %	
Qualifikationsprofile der indirekt und investitionsinduzierten Beschäftigten in den vorgelagerten Zuliefersektoren (BT-Vorleistung)													
Erwerbstätige (FTE)	6.800	16.900	58.200-63.200	1.300-1.600	83.200-88.400	13.100-21.500	27.200-40.800	44.300-80.600	123.400-315.200	9.400-13.100	217.400-471.200		
Keinen (formellen) Abschluss	14 %	18 %	13 %	16 %	14 %	16 %	17 %	17 %	18 %	17 %	18 %	16 %	
Berufliche Ausbildung	47 %	58 %	44 %	58 %	47 %	55 %	57 %	60 %	60 %	59 %	59 %	57 %	
Meister/Techniker	10 %	9 %	10 %	10 %	10 %	9 %	9 %	11 %	11 %	9 %	11 %	11 %	
Akademiker	29 %	16 %	33 %	16 %	29 %	20 %	16 %	12 %	12 %	14 %	13 %	16 %	
Qualifikationsprofile der direkt, indirekt und investitionsinduzierten Beschäftigten (BT-Bereitstellung + BT-Anwendung + BT-Vorleistung)													
Erwerbstätige (FTE)	18.800	40.500	109.000-118.200	3.600-4.300	n.v.	25.600-41.800	37.000-55.500	113.100-205.600	192.900-493.000	17.900-24.800	n.v.		
Keinen (formellen) Abschluss	6 %	16 %	11 %	17 %	n.v.	14 %	17 %	17 %	19 %	16 %	n.v.	16 %	
Berufliche Ausbildung	38 %	54 %	36 %	60 %	n.v.	54 %	57 %	61 %	61 %	61 %	n.v.	57 %	
Meister/Techniker	5 %	11 %	9 %	13 %	n.v.	10 %	10 %	13 %	10 %	11 %	n.v.	11 %	
Akademiker	51 %	19 %	45 %	10 %	n.v.	22 %	17 %	8 %	10 %	12 %	n.v.	16 %	

Quellen: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: Mikrozensus 2004, Input-Output-Tabellen 2002); * Kriegesmann et al (2005). n.v. = nicht verfügbar (Doppelzählungen)

Teil 2: Wie wettbewerbsfähig ist die Biotechnologieindustrie und Biotechnologieforschung in Deutschland?

Den Ausgangspunkt zur Abschätzung der Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Biotechnologiebereiche bilden zunächst differenzierte Analysen der Entwicklungsdynamik in Deutschland. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse für Deutschland im internationalen Vergleich interpretiert. Die Einschätzungen zur Wettbewerbsfähigkeit basieren auf einem breit angelegten Indikatorenansatz. Untersuchungen zur Wettbewerbsfähigkeit mit solchen quantitativen Ansätzen sind allerdings bei neuen Technikfeldern, so auch bei der Biotechnologie, mit besonderen Datenrestriktionen verbunden. Dennoch ergeben sich aus dem international vergleichenden Indikatorenansatz wesentliche Hinweise auf die Stärken und Schwächen des Biotechnologiebereichs in Deutschland.

Die Analyse der Entwicklung der Biotechnologiebereichs im internationalen Vergleich zeigt ein differenziertes Bild. Deutschland ist im Vergleich zu anderen Ländern verspätet in die Kommerzialisierung der Biotechnologie eingetreten, hat aber in kurzer Zeit eine leistungsfähige Biotechnologieindustrie entwickelt. Den Schwerpunkt bildet dabei die rote Biotechnologie. Im Ranking der Core-Biotechnologieindustrie nimmt Deutschland nach den USA und Großbritannien den dritten Platz ein. Insgesamt ist allerdings der Anteil an Unternehmen, die älter als 15 Jahre sind, gering. Gleichzeitig bleibt die durchschnittliche Größe der Biotechnologieunternehmen und die Risikokapitalausstattung je Unternehmen im internationalen Vergleich zurück. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass in Deutschland vermutlich stärker als in vielen anderen Ländern der Biotechnologiebereich auch durch die Biotechnologieaktivitäten großer Unternehmen insbesondere aus Chemie- und Pharmaindustrie bestimmt wird. Sich abzeichnende Schwächen in der Core-Biotechnologieindustrie hinsichtlich der Größe und Kapitalausstattung könnten damit zumindest teilweise kompensiert werden.

Die Biotechnologie in Deutschland konnte in den letzten Jahren sowohl in den kleinen und mittleren Unternehmen als auch innerhalb der Großunternehmen ihren Wachstumskurs fortsetzen. Im Bereich der Core-Biotechnologieindustrie entwickelte sich Deutschland zwischen 2001 und 2003 allerdings unterdurchschnittlich. Insbesondere Frankreich, Dänemark und Schweden konnten aufholen. Gegenüber Großbritannien verringerte Deutschland dagegen den Rückstand spürbar.

Die Grundlagenforschung und die Qualifikation der Arbeitskräfte in Deutschland wird von den befragten Experten als gut und international wettbewerbsfähig bewertet. Gestützt wird diese Einschätzung durch die im internationalen Vergleich hohen Wachstumsraten bei den wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Patentanmeldungen in

der Biotechnologie. Berücksichtigt man allerdings bei der Bewertung der Indikatoren der Wissensbasis die jeweilige Größe des Landes, werden auch relative Schwächen deutlich. Insbesondere im Vergleich zu den kleinen Ländern Dänemark, Schweden und die Schweiz ist in Deutschland die relative Ausrichtung auf den Wissensbereich Biotechnologie geringer. Daraus könnten sich längerfristig beispielsweise bei der Akquisition von Nachwuchskräften Engpässe ergeben.

Gleichzeitig allerdings ist zwischen 2002 und 2005 ein positiver Trend in der Einstellung der Bevölkerung zur Biotechnologie in den Ländern der Europäischen Union zu erkennen. Entsprechend dürften sich die Rahmenbedingungen für Forschung und Produktion weiter verbessern. Auch in Deutschland ist der Zustimmungssindex zur Biotechnologie deutlich gestiegen. Eine besondere Skepsis der Deutschen gegenüber der Biotechnologie ist damit nicht mehr auszumachen. Lediglich die Anwendung der Biotechnologie bei Lebensmitteln wird weiterhin zurückhaltend bewertet.

Blickt man über die traditionellen Produktionsstandorte in Amerika und Europa hinaus, ist zu erkennen, dass auch die asiatischen Länder wie Japan, Südkorea, China und Indien erheblich in die Biotechnologie investieren. Aber bisher befindet sich sowohl die Forschung zur Biotechnologie als auch die Kommerzialisierung noch am Anfang. Die biotechnologischen Produkte, die in den asiatischen Ländern auf dem Markt sind, sind Imitationen oder Importprodukte. Bisher gibt es noch kein selbstständig entwickeltes neues biotechnologisches Produkt oder Plattformtechnologien auf den asiatischen Märkten. Experten sehen derzeit in Japan, Südkorea, China und Indien keine unmittelbaren Konkurrenzstandorte oder Konkurrenzunternehmen.

Die Anwenderindustrien der Biotechnologie in Deutschland, vor allem die chemische und die pharmazeutische Industrie, sind im Vergleich zu anderen Branchen forschungsintensiv und exportorientiert. Trotz der absoluten Exporterfolge, ist allerdings die Spezialisierung Deutschlands auf diese Branchen innerhalb der internationalen Arbeitsteilung zurückgegangen – ein Anzeichen dafür, dass die komparativen Vorteile Deutschlands für Chemie und Pharma kleiner geworden sind. Hier bietet die Biotechnologie, die in den Anwenderindustrien in Deutschland schon adaptiert bzw. selbst betrieben wird, auf vielfältige Weise die Möglichkeit mit Produkt- und Prozessinnovationen verlorenes Terrain zurückzugewinnen und die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Teil 3: Bewertung des Biotechnologie-Standortes Deutschland

Zur Bestimmung der kritischen Erfolgsfaktoren für die Entstehung, Entwicklung, Anwendung und Marktdurchdringung der Biotechnologie in Deutschland wird an dem Innovationssystem-Forschungsansatz angeknüpft. Dieser Forschungsansatz ist für die Analyse der Leistungsfähigkeit von Volkswirtschaften in ausgewählten Technologiefeldern gut geeignet und liefert die Grundlage, um im internationalen Vergleich Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Forschungs- und Produktionsstandorten herauszuarbeiten. Dies wurde für die beiden Wertschöpfungsstufen

- Forschung und Entwicklung (FuE), und
- Umsetzung in Industrieprozesse und international wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen

durchgeführt. Die hierbei abgeleiteten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Biotechnologie am Standort Deutschland beschreiben die innovationsfördernden und innovationshemmenden Entwicklungsfaktoren, die mögliche Handlungsfelder für unterschiedliche Akteure darstellen. Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bereich Forschung und Entwicklung

- Stärken sind u. a. die aktuelle Verfügbarkeit an hoch qualifiziertem Personal (u. a. Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker), eine breite Wissensbasis in allen Biotechnologiebereichen (sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der angewandten Forschung) sowie eine gute FuE-Infrastruktur mit ausdifferenzierter Forschungslandschaft (u. a. Universitäten, außeruniversitäre FuE-Einrichtungen, große Unternehmen, Core-Biotechnologieunternehmen).
- Chancen für Deutschland ergeben sich u. a. daraus, dass alle Anwenderindustrien sowie Core-Biotechnologieunternehmen vorhanden sind und in allen Biotechnologiebereichen forschen, dass eine zukünftig an Bedeutung gewinnende interdisziplinäre akademische Ausbildung möglich ist, da alle biotechnologierelevanten Fachgebiete an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vertreten sind, dass bereits bestehende Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ausgebaut werden können, dass langjährige dezidierte Erfahrungen in der Biotechnologie-Förderpolitik existieren und Potenziale aus einer zunehmenden Konvergenz von Technologien (z. B. Bioinformatik, BioNano) auf Grund der bestehenden breiten Wissensbasis genutzt werden können.

- Schwächen sind u. a. die relativ geringere FuE-Ausgaben deutscher Biotechnologieunternehmen im internationalen Vergleich, die geringe Personalmobilität zwischen Wissenschaft und Industrie (die den Wissenstransfer behindert), die geringen FuE-Aufwendungen der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) in den Anwenderindustrien sowie die hohe Komplexität durch eine Vielzahl an relevanten Gesetzen, deren Passfähigkeit zueinander sowie eine hohe Regelungsdichte innerhalb einzelner Gesetzesbereiche. Zudem gibt es bislang in Deutschland keine nationale Entwicklungsstrategie für die Biotechnologie wie sie vergleichsweise von der Europäischen Kommission oder Großbritannien formuliert worden ist.
- Risiken für Deutschland sind u. a. die im Vergleich zu Deutschland höhere FuE-Dynamik in etablierten und aufstrebenden Konkurrenzländern in Anwenderbranchen und Biotechnologieunternehmen, die im internationalen Vergleich geringe Anzahl an Top-Forschungseinrichtungen, die zunehmende Auslandsorientierung von Wissenschaftlern und Unternehmen, zukünftige Engpässe bei (hoch) qualifiziertem Personal, (u. a. Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker), das risikoaverse FuE-Verhalten deutscher Unternehmen in den Anwenderindustrien, eine oftmals unzureichende Koordination der Förderprogramme verschiedener Politikressorts untereinander sowie die gesellschaftliche Einstellung zur Biotechnologie, da in Deutschland der Fokus häufig mehr auf den Risiken als auf den Chancen liegt.

Bereich Umsetzung in Industrieprozesse und international wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen

- Stärken sind u. a. die aktuelle Verfügbarkeit an hoch qualifiziertem Personal (u. a. Ingenieure, Techniker), eine breite und wettbewerbsfähige industrielle Basis in Deutschland mit allen wichtigen Anwenderindustrien, ein relativ großer inländischer Markt und etablierter Zugang der Unternehmen zu großen Exportmärkten, differenzierte Unternehmensstrukturen mit jungen Technologieunternehmen in allen Biotechnologiebereichen, KMU und multinationale Großunternehmen in wichtigen Anwenderindustrien und Zulieferersektoren sowie eine gute Infrastruktur (u. a. Energie, Verkehr, IT) und hohe Rechtssicherheit (Schutz von „Intellectual Property Rights“).
- Chancen für Deutschland ergeben sich u. a. daraus, dass ein großer technologischer Wissenspool existiert (u. a. viele Patente und hohe Dynamik bei Patentanmeldungen), dass vorhandenes privates Finanzierungskapital (u. a. Stiftungen, Business Angels) in größerem Umfang zur Finanzierung von Grün-

dungs- und Wachstumsprozessen genutzt werden könnte, dass die zentrale geographische Lage Deutschlands innerhalb der EU sowie die vorhandene Infrastruktur und das Know-how im Logistikbereich Deutschland als Vertriebsstandort für international agierende Unternehmen attraktiv macht (positive Ausstrahleffekte auf Produktion möglich), und dass die öffentliche Akzeptanz beim Einsatz der Biotechnologie im Gesundheits- und Medizinbereich sowie in industriellen Produktionsprozessen in der Regel gegeben ist.

- Schwächen sind u. a. eine im internationalen Vergleich mangelnde Risiko- und Investitionsbereitschaft bei den industriellen Akteuren, ein zu geringes Angebot an Risikokapital in Frühphasen (insb. Seed- und Start-up-Kapital) sowie zu geringe FuE-Ausgaben und eine geringe Bereitschaft zur Adaption neuer Technologien bei KMU in den Anwenderindustrien, Reibungsverluste beim Wissens- und Technologietransfer auf Grund einer eingeschränkten disziplinenübergreifenden Zusammenarbeit sowie häufig eine unzureichende Expertise bei Patent- und Technologietransferstellen, eine sehr starke Fragmentierung dieser Transferstellen sowie hohe Bürokratiekosten (insb. für KMU) durch häufig langwierige und intransparente administrative Prozesse und eine mangelnde Serviceorientierung der Behörden.
- Risiken für Deutschland sind u. a. zukünftige Engpässe bei (hoch) qualifiziertem Personal (z. B. Ingenieure, Techniker), ein geringes Wachstumspotenzial inländischer Anwenderbranchen (u. a. durch eine geringe inländische Marktdynamik bzw. Binnennachfrage), Produktionsverlagerungs- bzw. Abwanderungsprozesse von Unternehmen in wichtigen Anwenderindustrien, ein zunehmender Wettbewerbsdruck im Produktionsbereich durch aufstrebende Konkurrenzländer (insb. aus Asien und Osteuropa) mit günstiger Kostenposition, einem großen Pool an qualifizierten Arbeitskräften und attraktiven fiskalpolitischen Rahmenbedingungen (u. a. geringe Gewinnsteuern, Investitionszuschüsse), technologische Pfadabhängigkeiten (z. B. gewachsene sehr kapitalintensive Verbundstrukturen in der deutschen Chemieindustrie) sowie ein starker Preiswettbewerb in wichtigen Anwenderindustrien, die häufig einen Technologiewechsel behindern, sowie eine hohe Regelungsdichte und Gesetzes-Komplexität bei relevanten Märkten und Produktionsprozessen, eine unzureichende Koordinierung von Politikmaßnahmen sowie eine geringe Akzeptanz biotechnologischer Produkte in der Landwirtschaft und bei Lebensmitteln und eine starke Auslandsorientierung führender Unternehmen im Bereich der grünen Biotechnologie.

Die Ergebnisse zeigen, dass es Stärken und Chancen einerseits sowie Schwächen und Risiken andererseits für die Entwicklung der Biotechnologie in Deutschland gibt, und zwar sowohl auf der politischen als auch auf der unternehmerischen und wissenschaftlichen Ebene. Nur durch die gemeinsamen Kraftanstrengungen aller Akteure wird es möglich sein, den Biotechnologie-Standort Deutschland und dessen Unternehmen zukünftig international noch wettbewerbsfähiger zu machen, um so die Innovations-, Wachstums- und Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie am Standort voll ausschöpfen zu können.