

Fier, Andreas; Heger, Diana; Hussinger, Katrin

Working Paper

Die Wirkungsanalyse staatlicher Förderprogramme durch den Einsatz von Matching- und Selektionsmodellen am Beispiel der Fertigungstechnik

ZEW Discussion Papers, No. 05-09

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Fier, Andreas; Heger, Diana; Hussinger, Katrin (2005) : Die Wirkungsanalyse staatlicher Förderprogramme durch den Einsatz von Matching- und Selektionsmodellen am Beispiel der Fertigungstechnik, ZEW Discussion Papers, No. 05-09, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/24102>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Discussion Paper No. 05-09

**Die Wirkungsanalyse staatlicher
Förderprogramme durch den Einsatz
von Matching- und Selektionsmodellen
am Beispiel der Fertigungstechnik**

Andreas Fier, Diana Heger und Katrin Hussinger

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

Centre for European
Economic Research

Discussion Paper No. 05-09

**Die Wirkungsanalyse staatlicher
Förderprogramme durch den Einsatz
von Matching- und Selektionsmodellen
am Beispiel der Fertigungstechnik**

Andreas Fier, Diana Heger und Katrin Hussinger

Download this ZEW Discussion Paper from our ftp server:

<ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp0509.pdf>

Die Discussion Papers dienen einer möglichst schnellen Verbreitung von
neueren Forschungsarbeiten des ZEW. Die Beiträge liegen in alleiniger Verantwortung
der Autoren und stellen nicht notwendigerweise die Meinung des ZEW dar.

Discussion Papers are intended to make results of ZEW research promptly available to other
economists in order to encourage discussion and suggestions for revisions. The authors are solely
responsible for the contents which do not necessarily represent the opinion of the ZEW.

Non-technical summary

Mit dem Ziel, die technologische Wettbewerbsfähigkeit ihrer Wirtschafts- und Wissenschaftslandschaft zu erhalten und für die Zukunft zu steigern, investieren die Staaten der OECD jährlich beträchtliche Summen in die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Neben der Erfüllung öffentlicher Aufgaben, wie z.B. der Verteidigung, wird das öffentliche Engagement in Forschung und Entwicklung (FuE) mit Marktunvollkommenheiten gerechtfertigt. Insbesondere Argumente zur mangelnden Aneignungsfähigkeit und unkontrollierten Diffusion von Wissen begründen dieses Marktversagen und infolgedessen öffentliche Maßnahmen. Neben diesen ökonomischen Aspekten spielen auch politisch motivierte Ziele (3%-Ziel des Europarates) eine besondere Rolle, so dass immer wieder höhere FuE-Investitionen durch den Staat gefordert werden.

Vor dem Hintergrund knapper öffentlicher Kassen ist der Effektivität und Effizienz staatlicher Förderprogramme eine besondere Bedeutung beizumessen. Evaluationen und Wirkungsanalysen tragen dazu bei, öffentliche Fördermaßnahmen zu analysieren. Sie bieten ein geeignetes Instrumentarium, um begründete Zweifel auszuräumen, oder um die Zweckmäßigkeit einer Maßnahme in Frage zu stellen. Dabei erfahren die wissenschaftlichen Techniken zur Evaluation und Wirkungsmessung selbst entscheidende Verbesserungen: neue Methoden können präzisere Ergebnisse erzeugen und tragen damit zu verbesserten politischen Handlungsempfehlungen bei. Die neueren Wirkungsanalysen profitieren auch von der Entwicklung leistungsstärkerer Computer, die es z.B. erlauben große Informationsmengen zu speichern oder komplexe Berechnungen durchzuführen. Somit kann oftmals auf zeitintensive und aufwendige Zusatz- oder gar Doppelerhebungen verzichtet werden.

Dieser Beitrag widmet sich zwei neueren quantitativen Methoden zur Wirkungsanalyse öffentlicher Fördermaßnahmen. Am Beispiel des Förderprogramms „Fertigungstechnik“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) werden die Auswirkungen staatlicher Fördermittel auf die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen geförderter Firmen untersucht. Es handelt sich um eine Wirkungsanalyse der „Inputfaktoren“, die prüft, ob staatliche Fördergelder in FuE private Investments stimuliert bzw. ergänzt oder ob diese Maßnahmen private Mittel lediglich ersetzen. Zu diesem Zweck werden zunächst Unternehmenscharakteristika ermittelt, die erklären, welche Eigenschaften einer Firma zu einer höheren bzw. geringeren Förderwahrscheinlichkeit führen. Anschließend werden mit Hilfe von Selektions- und Matchingansätzen die Fördereffekte am Beispiel der Fertigungstechnik ausgewiesen.

Für die hier durchgeführte Analyse des Förderprogramms Fertigungstechnik ist festzustellen, dass die Projektförderung eine komplementäre Wirkung auf private FuE-Aufwendungen ausübt. Im Vergleich zu nicht geförderten Firmen weisen Fördermittelempfänger signifikant höhere FuE-Aufwendungen auf. Den Ergebnissen der Modelle zufolge geben geförderte Unternehmen – im Vergleich des Zustands der Nicht-Förderung – zwischen 67 Prozent und 75 Prozent mehr für FuE aus. Als Ursachen für diesen positiven Fördereffekt bieten sich verschiedene Erklärungsansätze an: So kann die Förderung z.B. als Zertifikat für Forschungsqualität zusätzliche FuE-Investitionen freisetzen oder dem unternehmenseigenen Management bessere Entscheidungsgrundlagen für die Erfolgsaussichten von FuE-Vorhaben liefern.

Die Wirkungsanalyse staatlicher Förderprogramme durch den Einsatz von Matching- und Selektionsmodellen am Beispiel der Fertigungstechnik

Andreas Fier¹, Diana Heger¹ und Katrin Hussinger^{2#}

Januar 2005

Abstract

Mit dem Ziel die technologische Wettbewerbsfähigkeit zu steigern, investieren die Staaten der OECD jährlich beträchtliche Summen in die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE). Angesichts knapper öffentlicher Budgets ist der Effektivität und Effizienz dieser Förderung eine hohe Bedeutung beizumessen. Neuere Methoden der Wirkungsanalyse tragen dazu bei, begründete Zweifel, die mit dieser Förderung einhergehen, auszuräumen oder zu bekräftigen. Diese Studie widmet sich zwei neueren quantitativen Methoden zur Wirkungsanalyse am Beispiel des deutschen Förderprogramms „Fertigungstechnik“. Den Ergebnissen der Selektions- und Matchingansätze zufolge investieren Unternehmen der Fertigungstechnik im Durchschnitt zwischen 67 und 75 Prozent mehr in FuE, wenn sie gefördert werden.

Keywords: Innovation, Public R&D Subsidies, Policy Evaluation, Parametric and Semiparametric Models

JEL-Klassifikation: C 14, C 25, H 32, O 31, O 38

¹Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
– Industrieökonomik und Internationale Unternehmensführung –
Postfach 10 34 43
D-68034 Mannheim
Telefon: +49(0) 621/1235-180, -382
Telefax: +49(0) 621/1235-170
Email: fier@zew.de, heger@zew.de

²Katholieke Universiteit Leuven
Steunpunt O&O Statistiek
Dekenstraat 2
B-3000 Leuven
Telefon: +32 16 32 57 23
Telefax: +32 16 32 57 99
Email: katrin.hussinger@econ.kuleuven.ac.be

Wir sind dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) für die Bereitstellung von Unternehmensdaten im Rahmen ihres Förderkatalogs dankbar (<http://oas2.ip.kp.dlr.de/foekat/foekat/foekat>).

1. Einleitung

Die Zielsetzung des Europarates, den Anteil der Investitionen für Forschung und Entwicklung (FuE) in der Gemeinschaft von aktuell 1,9% des BIP auf 3% des BIP im Jahre 2010 zu steigern, setzt ein hohes Engagement in Politik und Wirtschaft voraus. Zwei Drittel der FuE-Investitionen sollen zudem von der Privatwirtschaft aufgebracht werden. Um der Wirtschaft entsprechende Anreize zu setzen, fördern nahezu alle europäischen Staaten die FuE-Aktivitäten ihrer Unternehmen mit speziellen Programmen. Derartige Interventionen sind jedoch nicht unumstritten und rufen bei anhaltend knappen öffentlichen Budgets nach einem Beweis für ihre Effektivität. Den Grad der Zielerreichung, die Wirksamkeit und die Effekte staatlicher Förderprogramme werden in diesem Zusammenhang durch Wirkungsanalysen geprüft, die den Erfolg von Maßnahmen beurteilen und beitragen sollen, die Fördereffizienz und damit die Verwendung von Steuergeldern zu verbessern.

Die Idealvorstellung einer solchen Wirkungsanalyse ist einfach beschrieben: Sie sollte eine Quantifizierung der Auswirkungen von Fördermaßnahmen in der Form von Kosten-Nutzen-Analysen umfassen. Ziel dieser Analysen ist es die privaten und sozialen Erträge dieser Fördermaßnahmen abzuschätzen. Während qualitative Untersuchungen (Unternehmensinterviews, Expertenbefragungen, Fallstudien etc.) seit Jahren ein bewährtes Instrumentarium in der Wirkungsforschung darstellen, werden quantitative Ansätze bis heute als Instrument der politischen Entscheidungsbildung vernachlässigt.

Neuere quantitative Wirkungsanalysen haben aufgrund verbesserter Methoden und leistungsstärkerer Informationstechnologien entscheidende Vorteile. Sie ermöglichen im Zusammenspiel mit qualitativen Untersuchungen und Prozessanalysen, eine umfassende Analyse von Politikmaßnahmen. Im Unterschied zu qualitativen Verfahren können quantitative Methoden umfangreiche Datenbanken als Informationsquelle nutzen. Mit einer entsprechenden Datengrundlage sind somit repräsentative Auswertungen möglich, so dass Einzelfälle die Untersuchungsergebnisse nicht determinieren. Moderne quantitative Verfahren vermeiden es, hypothetische Fragen wie z.B. „Hätten Sie das FuE-Projekt auch ohne staatliche Unterstützung durchgeführt?“ direkt zu stellen. Diese üblicherweise in schriftlichen Befragungen oder Interviews formulierten Szenarien lassen sich von einem Interviewpartner ex-post kaum beantworten. Quantitative Verfahren gewährleisten damit eine größere Objektivität, weil zum einen vermieden wird, dass der Interviewpartner in Erwartung weiterer Fördergelder verzerrte Antworten gibt. Zum anderen selektiert weder der Staat als Auftraggeber einer Wirkungsanalyse noch die externen Gutachter bei der Auswahl „repräsentativer“ Unternehmen die vielversprechendsten Firmen.

Diese Studie beginnt mit einer Darstellung der aktuellen Herausforderungen der Innovationspolitik in Deutschland sowie der wichtigsten staatlichen Förderaspekten im Förderprogramm „Fertigungstechnik“. Es schließt sich ein Literaturüberblick zu internationalen Wirkungsanalysen an, denen die Verwendung moderner Kontrollgruppenansätze gemeinsam ist. Nach einer knappen Darstellung der Grundzüge dieser Ansätze sowie einer Beschreibung von Daten, Theorie und Messkonzepten folgt die empirische Auswertung. Im Mittelpunkt steht dabei die Analyse der Auswirkung staatlicher Fördermittel des Förderbereiches Fertigungstechnik auf die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen geförderter Firmen. Zu diesem Zweck werden zunächst Unternehmenscharakteristika ermittelt, die erklären, welche Eigenschaften einer Firma zu einer höheren bzw. geringeren Förderwahrscheinlichkeit führen (Selektion). Anschließend werden mit Hilfe zweier ökonomischer Verfahren, den Selektions- und Matchingansätzen, die Fördereffekte am Beispiel der Fertigungstechnik ausgewiesen. Die Interpretation dieser Effekte schließt diesen Beitrag ab.

2. Staatliche Forschungsförderung in Deutschland

Die staatliche Förderung privatwirtschaftlicher FuE-Aktivitäten ist in den meisten Industrieländern ein wichtiges politisches Anreizinstrument, das sich aus verschiedenen Formen von Marktversagen herleitet. Grundsätzlich erfolgt die Förderung entweder direkt, d.h. durch finanzielle Zuschüsse oder im Rahmen der öffentlichen Auftragsvergabe oder indirekt z.B. durch Steuererleichterungen.

Im internationalen Vergleich unterscheidet sich die staatliche FuE-Förderung in Deutschland von der anderer Länder vor allem durch den Verzicht auf steuerliche Fördermaßnahmen. Wichtigste Finanzierungsinstrumente sind die sogenannte technologieunspezifische Förderung sowie die direkte Projektförderung in Fachprogrammen. Während sich die technologieunspezifischen Förderprogramme dadurch auszeichnen, dass der Staat keinen Einfluss auf die Art oder die Inhalte von Technologien nimmt, konzentriert sich die direkte Projektförderung auf bestimmte Technologie- bzw. Förderbereiche. Zu diesen Förderbereichen zählen z.B. Meeres- und Polarforschung, Energieforschung, Biotechnologie, Geowissenschaften, Luftfahrtforschung, Fertigungstechnik etc. (vgl. Rammer et. al, 2004, BuFo, 2004).

Die politische Begründung der Förderung dieser Technologiegebiete basiert zum einen auf ökonomischen Modellen, die aufgrund von unkalkulierbaren Unternehmensrisiken, höherer Unsicherheit, Finanzrestriktionen und dem Öffentlichen-Gut-Charakter von FuE ein gesamtwirtschaftlich suboptimales FuE-Engagement unterstellen. Zum anderen sind Fördermaßnahmen in FuE aber auch ein Ergebnis gesellschaftlicher Forderungen und politischer Konsensfindung. Beide Begründungszusammenhänge leiten die Legitimation der öffentlichen Förderung aus der im Grundgesetz verankerten staatlichen Verantwortung gegenüber dem Gemeinwohl her. In diesem Grundgedanken zählen die Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen, die Erweiterung der wissenschaftlichen Erkenntnis sowie die Steigerung der wirtschaftlichen Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit zu den bedeutendsten forschungspolitischen Aufgaben des Bundes (vgl. Fier 2002).

Die Förderung der Fertigungstechnik umfasst in diesem Zusammenhang unterschiedliche Aspekte. Zum einen trägt FuE in der Fertigungstechnik zum Schutz von Menschen und ihrer Arbeitskraft bei. Gesundheitsgefährdende Fertigungsabläufe, wie sie z.B. in der Automobilindustrie bei Lackierarbeiten zu beobachten sind, zählen ebenso zum Forschungsgegenstand, wie Mess- und Kontrollverfahren. Somit verbessern die Erkenntnisse der fertigungstechnischen FuE den Arbeits- und Umweltschutz und machen Regulierungen im günstigsten Fall sogar überflüssig. Zum anderen sind positive externe Spillovers, d.h. die Adaption bewährter Technologien durch andere Firmen zu erwarten, die zusätzliche Produktivitätseffekte und positive Wohlfahrtseffekte mit sich führen. In diesem Verständnis bringt die FuE in der Fertigungstechnik technologische Lösungen für neue Produkte und Prozesse hervor, die wegen ihrer zu erwartenden Beiträge zur Wirtschaftlichkeit, Umweltentlastung und Gesundheit von gesamtwirtschaftlichem Nutzen sind.

In den letzten Jahren hat sich die staatliche Förderung der Fertigungstechnik zunehmend auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) konzentriert. Hintergrund dieser Förderstrategie sind Finanzierungsrestriktionen und Informationsdefizite, die diese Firmen gegenüber multinationalen Konzernen und Großunternehmen bewältigen müssen. Verbundprojekte und Kooperationen tragen in FuE zu einem besseren Informationsaustausch bei und reduzieren die Informationskosten jedes beteiligten Unternehmens. Als Begründung dafür, dass die Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsanstrengungen von Unternehmen in weiten Teilen hinter dem gesamtwirtschaftlichen Ausmaß zurückbleiben, wird als weiteres Argument mangelndes Kooperationsverhalten vieler insbesondere mittelständischer Unternehmen angeführt. Kooperationen, so die Erfahrungen der

Forschungspolitik stellen einen Mechanismus dar, mit dessen Hilfe die Internalisierung von externen Effekten der FuE-Tätigkeit gelingen kann. Gleichzeitig profitieren die kooperierenden Firmen von einem intensivierten, gegenseitigen Know-how-Austausch (vgl. Cassiman/Veugelers, 2002).

Im Zeitraum 2000-2004 wurden in der Fertigungstechnik mit dem BMBF-Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ 151 Projekte mit 1.031 Partnern gefördert. Insgesamt wurden hierfür 244 Mio. Euro bereitgestellt. Um Mitnahmeeffekte zu vermeiden, folgt die deutsche Förderung dem Grundsatz, dass Unternehmen und öffentliche Hand sich die Risiken und finanziellen Lasten von FuE-Projekten teilen. Dabei übernimmt der Bund in der Tendenz einen umso größeren Anteil, je langfristiger, umfangreicher und risikoreicher ein Vorhaben und je wichtiger dieses für die Erfüllung öffentlicher Aufgaben ist. Die insgesamt in FuE investierten Beträge fallen außerhalb der staatlichen Auftragsforschung bei einem maximalen Fördersatz von ca. 50 Prozent somit deutlich höher aus.

In der Fertigungstechnik liegt der jährliche Anteil zur Förderung von FuE in der gewerblichen Wirtschaft gemessen am jährlichen Gesamtfördervolumen des BMBF von rund 400 Mio. Euro (gewerbliche Wirtschaft) bei rund 7,8 Prozent. Er zählt nach dem Förderbereich „Basistechnologien der Informationstechnik“ (20,6 %) zu den finanzstärksten Förderprogrammen in der direkten Projektförderung des Bundes. In Anbetracht dieser Fördersummen ist das Förderprogramm geeignet, um den Nutzen des Einsatzes quantitativer Analysemethoden zu demonstrieren.

3. Literaturüberblick

Die Wirkungsanalyse staatlicher Maßnahmen spielt in der ökonomischen Literatur zur Arbeitsmarktpolitik seit geraumer Zeit eine wichtige Rolle (vgl. Steiner und Hagen, 2002). Pionierstudien der evaluationsökonomischen Arbeitsmarktliteratur wurden von LaLonde (1986) und Heckman et al. (1999) verfasst. Ein aktueller Überblick zu europäischen Studien findet sich bei Steiner und Hagen (2002). Demgegenüber beschäftigen sich bis heute nur wenige industrieökonomische Arbeiten mit der Frage nach der Wirkung öffentlicher Mittel insbesondere in Bezug auf private Investitionen. David et al. (2000) und Klette et al. (2000) geben Überblicke zu Konzepten und Untersuchungsansätzen in der industrieökonomischen Literatur.

Während David et al. (2000) Studien auf verschiedenen Aggregationsniveaus (Mikro- und Makroebene) beschreiben, konzentriert sich der Überblicksartikel von Klette et al. (2000) allein auf mikroökonomische Studien. Beide Surveys zeigen jedoch ein insgesamt heterogenes Bild der bisherigen Forschungsergebnisse. Beispielsweise sind für die USA im Unterschied zu europäischen Studien tendenziell substitutive Effekte zu beobachten.¹ Von *substitutiven Effekten* spricht man, wenn ein Unternehmen durch die FuE-Förderung privat eingeplante Mittel einspart und durch öffentliche Mittel ersetzt. Im Unterschied dazu liegen *komplementäre Effekte* vor, wenn sich die gesamten FuE-Aufwendungen einer Firma um den Betrag der staatlichen Förderung sowie um einen zusätzlichen privaten Anteil erhöhen. In den meisten empirischen Studien finden sich jedoch keine ausschließlich komplementären oder substitutiven Effekte. Eine Interpretation dieser Ergebnisse liegt darin, dass eine Firma zwar ein neues gefördertes FuE-Vorhaben anstößt, der private Finanzierungsanteil an diesem Projekt aber auf Kosten eines anderen (existierenden) FuE-Projekts geht. In einem solchen Szenario ist die Förderung über das ganze Portfolio seiner FuE-Projekte trotz einer teilweisen Substitution privater Aufwendungen immer noch komplementär, wenn auch die Fördereffekte im Saldo geringer ausfallen.

¹ Unterschiede zwischen Länderstudien können u.a. auf verschiedene Förderprozesse in den einzelnen Ländern zurückgeführt werden.

Ein Großteil der jüngeren Arbeiten misst den Einfluss der öffentlichen Förderung auf die FuE-Inputseite anhand von FuE-Aufwendungen oder FuE-Intensitäten. Alternativ werden FuE-Outputfaktoren wie die Patentanmeldewahrscheinlichkeit oder die Anzahl der Patentanmeldungen von Unternehmen betrachtet. Auch methodisch gibt es Unterschiede: neben Kleinste-Quadrat-Methoden, Tobit- und simultanen Ansätzen werden zunehmend Kontrollgruppenansätze, wie Selektionsmodelle, Differenz-der-Differenzen-Methoden und Matchingverfahren verwendet. Die verwendeten ökonometrischen Methoden treffen dabei unterschiedliche statistische und ökonometrische Annahmen.

Die Ergebnisse der aktuellen Studien über den Effekt öffentlicher Forschungsförderung zeigen für Spanien (Busom 2000, Gonzales et al. 2004), Israel (Lach 2002), Finnland (Toivainen/Niininen 2000), Deutschland (Czarnitzki 2001, Czarnitzki/Fier 2002, Almus/Czarnitzki 2003, Czarnitzki/Fier 2001, 2003, Licht/Stadler 2003 und Hussinger 2003), die Schweiz (Arvanitis et al. 2002), Frankreich (Duguet 2003) und Japan (Branstetter/Sakakibara 2002) keinen vollständigen Verdrängungseffekt, sondern insgesamt einen stimulierenden Effekt. Dieses Ergebnis spricht für die staatliche FuE-Förderung als Anreizinstrument für eine intensivere FuE-Tätigkeit in der Privatwirtschaft.

Zu den derzeit am weitesten entwickelten Verfahren zählen Kontrollgruppenansätze, in denen geförderte Firmen mit nicht-geförderter Unternehmen verglichen werden. Der Beitrag dieser Studien ist es, zwei moderne Kontrollgruppenansätze, das Selektionsmodell und das Matchingverfahren mit ihren jeweiligen Eigenschaften vorzustellen. Die beiden Verfahren werden gegenübergestellt um dem Anwender gegebenenfalls methodenbedingte Unterschiede in den Ergebnissen aufzuzeigen.

4. Ökonometrische Modelle: Matching- und Selektionsmodelle

Ziel einer ökonometrischen Wirkungsanalyse ist es, den Erfolg einer Fördermaßnahme zu quantifizieren. Diese Studie untersucht den Einfluss der öffentlichen Förderung auf die FuE-Aufwendungen geförderter Unternehmen. Dabei wird berücksichtigt, dass der Erhalt öffentlicher Förderung nicht zufällig erfolgt, sondern Selektionsprozessen unterliegt. So kann es eine Strategie der Forschungs- und Innovationspolitik sein, besonders erfolgsversprechende Antragsteller zu fördern. In diesem Fall spricht man von einer „Picking the Winners“-Strategie. Auf der Unternehmensseite wäre dagegen zu vermuten, dass kleine Firmen im Unterschied zu Großunternehmen fehlende Informationen über öffentliche Förderprogramme haben. Diese beiden Faktoren beeinflussen die Zusammensetzung der Gruppe der Antragsteller und Fördergeldempfänger. Würde man diese Selektion ignorieren, wären die Ergebnisse über den Effekt der öffentlichen Förderung verzerrt.

Mathematisch lässt sich die hypothetische Frage „Wie hoch wären die FuE-Aufwendungen der geförderten Unternehmen gewesen, wenn sie keine Förderung bekommen hätten?“ als die durchschnittliche Differenz der erwarteten FuE-Aufwendungen der geförderten Unternehmen und der erwarteten FuE-Aufwendungen dieser Unternehmen, wenn sie keine Förderung bekommen hätten, (*average Treatment on the Treated, TT*) darstellen:

$$E[TT] = E(Y_1 - Y_0 | F = 1) = E(Y_1 | F = 1) - E(Y_0 | F = 1)$$

Dabei bezeichnet Y_1 die FuE-Aufwendungen im Zustand der Förderung und Y_0 im Zustand ohne Förderung. F kennzeichnet den Förderstatus der Unternehmen und nimmt folglich die Werte 1 für den Erhalt von Förderung und 0 sonst an. Damit bezeichnet $E(Y_1|F=1)$ die erwarteten FuE-Aufwendungen eines geförderten Unternehmens und $E(Y_0|F=1)$ die erwarteten FuE-Aufwendungen eines geförderten Unternehmens, wenn es keine Förderung bekommen hätte. Per

Definition ist diese Größe nicht beobachtbar. Man spricht von der sogenannten *kontrafaktischen Situation*. Die unbeobachtbare kontrafaktische Situation kann demnach nur approximativ erfasst werden. Die moderne Ökonometrie stellt dazu mehrere Verfahren zur Verfügung.² Besonders populär sind Kontrollgruppenansätze, da sie vergleichsweise geringe Ansprüche an die Datenbasis stellen als beispielsweise Differenzenmethoden, die Längsschnittdaten benötigen. Diese Studie stellt zwei Kontrollgruppenansätze einander gegenüber, Matching- und Selektionsmodelle. Beide Ansätze unterscheiden sich in den grundlegenden Modellannahmen und insbesondere in der Konstruktion der kontrafaktischen Situation.

4.1 Matchingverfahren

Dem Matching-Ansatz liegt die Idee zugrunde, jedem Teilnehmer einer Fördermaßnahme ein *Zwillingsunternehmen* aus einer Kontrollgruppe der nicht geförderten Unternehmen gegenüberzustellen. Das nicht geförderte Zwillingsunternehmen approximiert die kontrafaktische Situation, also die erwarteten FuE-Aufwendungen, die ein gefördertes Unternehmen getätigt hätte, wenn es keine Förderung erhalten hätte. Wenn sich die Zwillingspartner in den grundlegenden Merkmalen nicht signifikant unterscheiden, kann gefolgert werden, dass eventuelle Unterschiede ihrer FuE-Aufwendungen auf den Erhalt der öffentlichen Förderung zurückgeführt werden können. Ein exaktes Matching ist schwer durchzuführen, da eine große Kontrollgruppe nötig ist, um identische Unternehmen zu finden. Rosenbaum und Rubin (1983) haben jedoch gezeigt, dass es ausreichend ist, die Zwillinge anhand ihres *Propensity Scores* (hier: der Förderwahrscheinlichkeit) zu identifizieren. Jedem geförderten Unternehmen wird dasjenige nicht geförderte Unternehmen mit dem ähnlichsten Propensity Score, also der ähnlichsten Förderwahrscheinlichkeit, zugeordnet. Dieses Matchingverfahren nennt man *Nearest Neighbour Matching*³. Im nächsten Schritt werden die Differenzen der FuE-Aufwendungen für die einzelnen Zwillingspaare gebildet und es wird ein Mittelwert dieser Differenzen über alle Zwillingspaare gebildet. Dieser empirische Mittelwert der durchschnittlichen Differenzen approximiert das erwartete durchschnittliche *Treatment on the Treated*. Ist die durchschnittliche Differenz positiv und signifikant von Null verschieden, kann folgende kausale Beziehung unterstellt werden: Die FuE-Aufwendungen der geförderten Unternehmen sind im Durchschnitt höher als die der nicht geförderten Unternehmen, weil diese Förderung erhalten haben.

In dieser Studie wird ein modifiziertes *Nearest Neighbour Matching* verwendet. Neben dem *Propensity Score* werden stärkere Restriktionen eingeführt, d.h. es werden Charakteristika bestimmt, in denen sich die Firmen nicht unterscheiden dürfen (z.B. Industriebranche, Region). Damit wird die Vergleichbarkeit der Unternehmen erhöht. Eine weitere Bedingung, die der Verbesserung des Matchingverfahrens dient, ist der sogenannte *Common Support*, der fordert, dass der jeweilige Wertebereich der Matchingkriterien der geförderten und nichtgeförderten Unternehmen übereinstimmen muss (vgl. Blundell und Costa Dias 2000, 2002). Darüber hinaus wird eine nichtgeförderte Firma nur dann als Zwillingsunternehmen zugelassen, wenn sich der Wert ihres *Propensity Scores* innerhalb eines engen, vorab definierten Intervalls um den Propensity Score des geförderten Unternehmens befinden. Verbleibt nach der Durchführung des Matchings, sprich der Zwillingspartnersuche unter Berücksichtigung dieser Restriktionen kein potenzielles

² Heckman et al. (1999) oder Blundell und Costa Dias (2000, 2002) liefern Überblicksartikel über Methoden der Evaluation für nicht-experimentelle Daten.

³ In der Literatur finden sich auch andere Verfahren, die z.B. jedem Teilnehmer mehrere Kontrollbeobachtungen innerhalb eines vorher definierten Ähnlichkeitsintervalls zuordnen (Caliper Matching) oder für jeden Teilnehmer einen gewichteten Durchschnitt aus allen Kontrollbeobachtungen berechnen, wobei das jeweilige Gewicht der Kontrollfirmen durch den Grad ihrer Übereinstimmung in den relevanten Charakteristika bestimmt wird (Kernel-based Matching).

Zwillingsunternehmen in der Vergleichsgruppe der nichtgeförderten Unternehmen, bleibt dieses geförderte Unternehmen bei der Ermittlung des Fördererfolges unberücksichtigt.

Wichtigste Voraussetzung für die Durchführung eines Matchingverfahrens ist die Annahme der bedingten Unabhängigkeit (vgl. Rubin 1977). Diese Annahme besagt, dass der Erhalt öffentlicher Förderung und die FuE-Aufwendungen unabhängig voneinander sind, sobald man die Charakteristika X berücksichtigt:

$$(Y \perp F) \mid X \quad (\text{ABU}).$$

Das bedeutet, dass die Selektion nur aufgrund von beobachtbaren Faktoren X stattfinden darf, die in der zuvor geschätzten Selektionsgleichung⁴ erfasst werden. Nur wenn die ABU erfüllt ist, approximiert der Erwartungswert der nichtgeförderten Zwillingsunternehmen die kontrafaktische Situation und es gilt:

$$E(Y_0 \mid X, F = 1) = E(Y_0 \mid X, F = 0).$$

Die ABU stellt sicher, dass Unterschiede in den FuE-Aufwendungen der gematchten Unternehmen auf den Erhalt der Förderung zurückzuführen ist. Damit die ABU erfüllt ist, müssen alle Faktoren, die sowohl die Selektion als auch die Aufwendungen der Unternehmen in die Schätzung des Propensity Scores beeinflusst, miteinbezogen werden. Die Gültigkeit der ABU ist statistisch nicht testbar und durch Kenntnis der ökonomischen und institutionellen Gegebenheiten zu rechtfertigen.

Zur Identifikation des Treatmenteffektes ist es ferner erforderlich, dass die FuE-Aufwendungen und der Status der geförderten Unternehmen nicht vom Förderstatus der übrigen Unternehmen abhängen, d.h. es wird angenommen, dass es keine indirekten Effekte der Förderung gibt (*Suitable Unit Treatment Value Assumption*, vgl. Angrist et al. 1996).

4.2 Selektionsmodelle

Selektionsmodelle unterscheiden sich von Matchingansätzen im Wesentlichen dadurch, dass sie eine Schätzung der Selektionsgleichung *und* der FuE-Gleichung erfordern. Sind die Annahmen des Matchings erfüllt, kann die kontrafaktische Situation durch Mittelwerte der gewählten Kontrollgruppe bestimmt werden. Ein Selektionsmodell benötigt dagegen die Spezifizierung einer strukturellen Gleichung, in welcher die geschätzte Förderwahrscheinlichkeit in Form von sogenannten Selektionskorrekturtermen berücksichtigt wird. Damit ergibt sich folgendes Modell:

$$\begin{aligned} F^* &= \gamma Z + V \\ F &= \begin{cases} 1, & \text{wenn } F^* > 0 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \\ Y &= \beta_0 + \beta X + \alpha F + U. \end{aligned}$$

Die erste Gleichung beschreibt die Förderwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Unternehmensmerkmalen und Kontrollvariablen Z . V ist der Fehlerterm. Der Asterisk zeigt an, dass F^* eine *latente Variable* ist, d.h. F^* , die Förderwahrscheinlichkeit, ist nicht beobachtbar. Beobachtbar ist lediglich die Variable F , die den Förderstatus beschreibt und somit die Werte Null und Eins annehmen kann. Die tatsächlichen Werte, die der Förderwahrscheinlichkeit entsprechen und somit in der Regel zwischen Null und Eins liegen, sind unbeobachtbar. Diese Beziehung zwischen F und F^* ist in der zweiten Gleichung dargestellt. Die dritte Gleichung ist die strukturelle Gleichung (FuE-Gleichung). Neben den Unternehmenscharakteristika und Kontrollvariablen X hat auch der Förderstatus F einen Einfluss auf die FuE-Aufwendungen, da die staatlichen Zuschüsse

⁴ Vergleiche Kapitel D Abschnitt II.

sich unmittelbar auf die unternehmerischen Aufwendungen auswirken sollten. Das Selektionsproblem entsteht dadurch, dass die Beziehung zwischen den FuE-Aufwendungen der Unternehmen nur bedingt (auf Förderung oder Nicht-Förderung) geschätzt werden kann. Heckman und Smith (1996) sprechen von einem Problem fehlender Daten. Die Unternehmen sind nur in dem Förderzustand beobachtbar, in dem sie sich gerade befinden. Der Fehlerterm der strukturellen Gleichung U ist also ein bedingter Fehlerterm und im Erwartungswert nimmt er typischerweise nicht den Wert 0 an: $E(U|F,X) \neq 0$. Damit sind die Ergebnisse einer Kleinste-Quadrate-Schätzung verzerrt.

Heckman (1976) löst das Selektionsproblem, indem er den Fehlerterm aufsplittet:

$$Y = \beta_0 + \beta X + \alpha F + \underbrace{E[U | X, F = 1, Z] + E[U | X, F = 0, Z]}_U + U^*.$$

Der Fehlerterm U wird in zwei Selektionskorrekturterme, die auf den Förderstatus $F=1$ oder $F=0$ bedingt sind, und eine weitere Komponente, den neuen unabhängigen Fehlerterm U^* , zerlegt.

Weiterhin wird angenommen, dass die Fehlerterme der Selektions- und der strukturellen Gleichung, V und U , unabhängig von den Regressoren Z und X sind. Heckman (1974, 1979) trifft in seinem Modell die Annahme, dass die Fehlerterme gemeinsam normalverteilt sind. Mit dieser Annahme lässt sich die Selektionskorrektur in Form eines bedingten Mittelwert der unbeobachtbaren Faktoren als geschlossener Ausdruck darstellen. Man erhält für die Selektionskorrektur die sogenannte *Mills Ratio*:

$$E[U | X, F = 1, Z] = \lambda_1 = \frac{\phi(\hat{\gamma}Z)}{\Phi(\hat{\gamma}Z)}$$

$$E[U | X, F = 0, Z] = \lambda_0 = -\frac{\phi(\hat{\gamma}Z)}{1 - \Phi(\hat{\gamma}Z)}.$$

Es ergeben sich zwei unterschiedliche Selektionskorrekturen: λ_1 für die geförderten und λ_0 für die nicht geförderten Unternehmen. Diese beruhen auf der geschätzten Förderwahrscheinlichkeit der ersten Stufe, dem Propensity Score, $\hat{\gamma}Z$. Damit erhält man für die FuE-Gleichung den folgenden Ausdruck:

$$Y = \beta_0 + \beta X + \alpha F + \rho_1 \lambda_1 F + \rho_0 \lambda_0 (1 - F) + U^*$$

Diese strukturelle Gleichung lässt sich mit der Kleinste-Quadrate-Methode schätzen. Der Fördereffekt entspricht der Differenz der geschätzten Aufwendungen der geförderten und nicht geförderten Unternehmen und berechnet sich wie folgt⁵:

$$\widehat{E(TT)} = \widehat{Y}_1 - \widehat{Y}_0 - \widehat{\lambda}_1 (\widehat{\rho}_0 - \widehat{\rho}_1)$$

Die Annahme der gemeinsamen Normalverteilung der Fehlerterme bringt einen weiteren Vorteil mit sich. Da die Einflussfaktoren der Förderwahrscheinlichkeit und die der FuE-Aufwendungen sehr ähnlich, wenn nicht sogar identisch, sind, ist es schwierig, die einzelnen Effekt zu separieren, d.h. zu *identifizieren*. Die Mills Ratio sorgt durch ihren nichtlinearen Verlauf dafür, dass das Heckman-Modell theoretisch identifiziert ist.

Vergleicht man die Matching-Ansätze mit den Selektionsmodellen, so zeigt sich, dass beide Verfahren sich grundsätzlich voneinander unterscheiden. Während Matchingmodelle eine Selektion rein aufgrund beobachteter Charakteristika berücksichtigen, unterstellen Selektionsmodelle, dass darüber hinaus auch unbeobachtbare Faktoren für die Selektion verantwortlich sind. Welche Methode die überlegenere für den konkreten Anwendungsfall ist, muss im Einzelfall und in Ab-

⁵ Vgl. Maddala (1983).

hängigkeit von den zu analysierenden Erfolgsparametern entschieden werden. Nicht zuletzt hängt die Wahl auch von dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial ab.

5. Daten

5.1 Förderdaten des Bundes

Die empirischen Analysen beruhen auf Informationen der Förderdatenbank PROFI des Bundes, die alle Projektfördermaßnahmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie alle Maßnahmen zur direkten Projektförderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BWA) erfasst. Die hier genutzte Datenbasis umfasst alle vom BMBF an die Wirtschaft geleisteten Zuwendungen der direkten Projektförderung im Bereich der Fertigungstechnik bis zum Jahresende 2002; sie stellt eine Vollerhebung dar.

5.1 Unternehmensdaten des ZEW

Seit 1990 baut das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Kooperation mit der Kreditauskunftei CREDITREFORM⁶ umfangreiche Unternehmensdatenbestände auf. Die Aktualität und Zuverlässigkeit beruht auf einer hohen Recherchefrequenz und der kurzfristigen Zugriffsmöglichkeit auf bundes- bzw. europaweite Informationspools. Da Angaben zum Innovationsverhalten fehlen, führte das ZEW in Kooperation mit dem Institut für angewandte Sozialwissenschaft (INFAS) im Auftrag des BMBF seit 1993 jährlich eigene Unternehmensbefragungen zum Innovationsverhalten durch, aus der das Mannheimer Innovationspanel (MIP) als repräsentative Datenbasis hervorgeht.⁷ Darüber hinaus stellt das Deutsche Patent- und Markenamt (DPMA) dem ZEW Informationen zur Verfügung, mit dem sich ergänzend zu den Innovationsdaten auch das Patentverhalten von Unternehmen abbilden lässt.

Die Verknüpfung dieser Datenbanken hat den Vorteil, dass deren Erhebung sowohl unabhängig voneinander, als auch unabhängig von der Zielsetzung dieser Wirkungsanalyse erfolgte. Auf diese Weise wird zum einen der Befragungsaufwand minimiert und zum anderen strategisches Antwortverhalten ausgeschlossen. Die zugrunde liegende Stichprobe beruht auf Daten zu 2.644 innovativen Unternehmen in Deutschland (1992 bis 2000). Da einige Unternehmen mehrfach beobachtet werden, ergeben sich insgesamt 4.748 Beobachtungen. Geförderte Unternehmen in der Fertigungstechnik bilden eine Teilmenge von 184 Firmen. Dies entspricht 356 Beobachtungen. Andere Förderprogramme, wie z.B. die der EU oder der Länder wurden von den Unternehmen der Stichprobe nicht in Anspruch genommen.

5.2 Variablenbeschreibung

Wie bereits beschrieben weisen innovative Unternehmen unterschiedliche Charakteristika auf. Diese Heterogenität der Firmen spiegelt sich in unterschiedlichen Antrags- und Förderwahrscheinlichkeiten wider. Um für den Einfluss dieser Unternehmenscharakteristika auf die Förderwahrscheinlichkeit zu kontrollieren, werden folgende Variablen in den Schätzungen berücksichtigt:

⁶ Die Erfassung von unternehmensbezogenen Daten bei der Kreditauskunftei CREDITREFORM ist ausführlich bei Stahl (1991) sowie bei Almus et al. (2000) dargestellt. Zur generellen Eignung der Daten von Kreditauskunfteien vgl. Audretsch und Thurik (1999).

⁷ Die Unternehmen werden nach der Entwicklung und Struktur ihrer Innovationsaktivitäten und ihres Innovationserfolges, ihren Innovationszielen und -strategien, Innovationshemmnissen und -quellen sowie Kooperationsstrukturen befragt.

- Die Unternehmensgröße wird als Anzahl der Beschäftigten in Tausend gemessen (*bges*). Diese Variable trägt der Hypothese Rechnung, dass große Unternehmen mehr Innovationsprojekte durchführen und daher für mehr Projekte Förderung beantragen.
- Ein Unternehmen mit einer FuE-Abteilung (*fueabt*) und einem Patentstock (*patstock*) gilt als erfolgsversprechender Innovator, da er auf langjährige Erfahrung zurückgreifen kann. Darüber hinaus fungieren diese Variablen auch als Indikatoren für technologische Möglichkeiten und Anpassungsfähigkeit an neue technologische Entwicklungen.
- Die Zahlungsfähigkeit eines Unternehmens wird durch einen Bonitätsindex (*bonitaet*) abgebildet. Hierbei wird vermutet, dass Unternehmen mit Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Fremdkapital über den Kapitalmarkt eher Förderung beantragen.
- Ist ein Unternehmen Teil einer Unternehmensgruppe (*ugrup*), ist es denkbar, dass die Fördermittelgeber diesen Umstand positiv bewerten. Der Grund hierfür ist im Technologietransfer zwischen den Mitgliedern zu sehen, der die Aneignungsfähigkeit von technologischem Know-how erleichtert.
- Werden gesamtwirtschaftliche Aspekte bei der Förderung berücksichtigt, können exporttreibende Unternehmen (*exd* bzw. *ex1-ex4*) durch Innovationen die Rolle Deutschlands im internationalen Wettbewerb stärken. Aufgrund dieser Eigenschaften ist zu vermuten, dass international tätige Unternehmen zu den bevorzugten Antrags- bzw. Förderkandidaten zählen.
- Unter der Annahme von Finanzierungsrestriktionen in Ostdeutschland und angesichts staatlicher Anstrengungen, die Innovationskraft ostdeutscher Unternehmen (*ost*) zu stärken, ist anzunehmen, dass eine höhere Förderwahrscheinlichkeit für diese zu verzeichnen ist.
- Die Rechtsform der Unternehmen (*pers*) bildet die unterschiedlichen Haftungsregeln ab, die einen Einfluss auf die Risikobereitschaft von Unternehmen haben kann. Ein Unternehmen mit beschränkter Haftung würde gegebenenfalls risikoreichere Projekte durchführen. Die Hypothese in diesem Zusammenhang lautet, dass Unternehmen mit beschränkter Haftung sich verstärkt um öffentliche Förderung bemühen, da die Haftungsbeschränkung aufgrund von Informationsasymmetrien ein Investitionshemmnis für externe Kapitalgeber darstellen können.

Des Weiteren wird für Branchenunterschiede und für verschiedene Jahre durch binäre Variablen kontrolliert. Der Förderstatus wird durch eine binäre Variable (*pfo*) abgebildet, die den Wert Eins annimmt, wenn ein Unternehmen Förderung erhält, ansonsten den Wert Null. Die Selektionsgleichung beschreibt den Förderstatus der Unternehmen in Relation zu den genannten Unternehmenscharakteristika. Die Innovationstätigkeit der Unternehmen wird durch deren FuE-Aufwendungen (*fue*) abgebildet. Diese gehen in logarithmierter Form (*lnfue*) in die Modelle ein, um der Schiefe der Verteilung der FuE-Aufwendungen Rechnung zu tragen.

6. Empirische Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der empirischen Analysen dargestellt. Zunächst wird auf die geschätzten Förderwahrscheinlichkeiten der Selektionsgleichung eingegangen; anschließend werden die Ergebnisse der Matchingverfahren und Selektionsmodelle erläutert

6.1 Teilnahmewahrscheinlichkeiten

Der in Abschnitt 4 beschriebene Selektionsprozess, d.h. die Nichtzufälligkeit des Antrags- und Auswahlprozesses, lässt sich als Teilnahme- bzw. Förderwahrscheinlichkeiten an einem Förderprogramm abbilden. Die Schätzung dieser Wahrscheinlichkeiten ist ein wichtiger Faktor, um in der nächsten Stufe die Effekte der Förderung auf die FuE-Aufwendungen zu bestimmen und dabei die Selektivität der Unternehmen zu berücksichtigen. Mit Hilfe einer Probit-Schätzung wird

der so genannte Propensity Score berechnet, der den Einfluss der Unternehmensmerkmale auf den Förderstatus (pfo) in einer einzigen Zahl abbildet. Er gibt somit die Wahrscheinlichkeit an, dass eine Firma unter Berücksichtigung aller verfügbaren Unternehmenscharakteristika Förderung erhält.

Tabelle 1

Probit-Schätzung der Förderwahrscheinlichkeit

Abhängige Variable: Projektförderung (pfo)		
Erklärende Variablen	Koeffizient	z-Wert
Gesamtbeschäftigte in 1.000 (<i>bges</i>)	0,091***	3,74
Gesamtbeschäftigte in 1.000 zum Quadrat (<i>bges2</i>)	-0,001***	-3,29
Unternehmensalter in Jahren (<i>alt</i>)	0,003***	3,72
Existenz einer FuE-Abteilung (<i>fueabr</i>)	0,632***	7,88
Bonitätsindex (<i>bonitaet</i>)	-2,891***	3,08
Patentstock pro Mitarbeiter (<i>patstock</i>)	1,736***	3,44
Patentstock pro Mitarbeiter im Quadrat (<i>pat2</i>)	-0,713**	-2,37
Teil einer Unternehmensgruppe (<i>ugrup</i>)	0,280***	3,30
Teil einer Unternehmensgruppe mit ausl. Mutter (<i>auslm</i>)	-0,809***	-4,57
Rechtsform einer Personengesellschaft (<i>pers</i>)	-0,285*	-1,80
Exportindikator (<i>exd</i>)	0,787***	5,80
Regionaler Unternehmenssitz (<i>ost</i>)	1,460***	14,93
Konstante	-3,217***	-9,82
LR-Statistik auf gemeinsame Signifikanz der Branchendummies:	203,48***	
LR-Statistik auf gemeinsame Signifikanz der Zeitdummies:	19,33**	
Anzahl Beobachtungen	4.748	
Pseudo-R ²	0,29	

Legende: ***, **, * signifikant auf dem 1%-, 5%-, 10%-Niveau
 Anmerkungen: Branchen- und Zeitdummies sind in der Regression enthalten.

Die Regressionsergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren: Größere und etablierte Unternehmen haben aufgrund ihrer Ressourcen (z.B. Forschungslaboratorien, FuE-Mitarbeiter, administratives Know-how) bessere Möglichkeiten, sich in geförderte Projekte einzubringen. Da der Transformationsprozess der ostdeutschen Ökonomie in ein leistungsfähiges und innovatives Wirtschaftssystem noch nicht abgeschlossen ist, zeigt sich, dass ostdeutsche Unternehmen mit höherer Wahrscheinlichkeit Förderung erhalten als vergleichbare Unternehmen in Westdeutschland. Der positive Effekt auf die Teilnahmewahrscheinlichkeit von Unternehmen, die Teil eines Unternehmensverbundes sind, weist darauf hin, dass die Förderwahrscheinlichkeit für diese aufgrund der Tatsache höher ist, dass diese von Erfahrungen der mit ihnen verwandten Organisationseinheiten und von Skalenerträgen innerhalb der Unternehmensgruppe profitieren. Die gemeinsame Signifikanz von Zeit- und Branchendummies ist Evidenz für den Einfluss der gesamtwirtschaftlichen Konjunktur und der Branchenzugehörigkeit der Unternehmen auf ihre Förderwahrscheinlichkeit.

6.2 Matchingverfahren

Das Matchingverfahren verwendet die in der ersten Stufe geschätzte Förderwahrscheinlichkeit (*Propensity Score*), um für jeden Zuwendungsempfänger das ähnlichste nicht geförderte Unternehmen aus der Kontrollgruppe zu bestimmen. Für größere Unternehmen kann kein Zwillingunternehmen gefunden werden, weil Unternehmen ab einer bestimmten Größe sich u.a. aufgrund heterogener Organisationsstrukturen nicht mehr mit diesem Ansatz vergleichen lassen. Deshalb wird die Stichprobe auf Unternehmen mit maximal 5.000 Beschäftigten beschränkt, so dass die Stichprobe noch 316 geförderte Unternehmen enthält.

Tabelle 2

Matching-Ergebnisse

Variable	Vor dem Matching		Nach dem Matching	
	Geförderte Firmen	Potenzielle Kontrollgruppe (nicht geförderte Firmen)	Geförderte Firmen (mit „Zwilling“)	Kontrollgruppe (nicht geförderte Firmen)
Beobachtungen	316	3.025	295	295
bges	0,544	0,332***	0,416	0,395
alt	32,839	41,513***	31,607	31,844
fueabt	0,782	0,586***	0,773	0,786
bonitaet	0,220	0,204***	0,221	0,223
patstock	0,042	0,028*	0,043	0,057
ugrup	0,335	0,316	0,308	0,308
pers	0,028	0,065***	0,031	0,031
auslm	0,035	0,079***	0,034	0,037
exd	0,959	0,882***	0,956	0,949
ost	0,434	0,131***	0,447	0,400
Propensity Score	-0,674	-1,815***	-0,710	-0,802
Infue ⁸	-0,468	-1,735***	-0,577	-1,141***

Legende: ***, **, * signifikant auf dem 1%-, 5%-, 10%-Niveau

Anmerkungen: Branchen- und Zeitdummies sind in der Regression enthalten.

Tabelle 2 zeigt, dass sich die geförderten und nicht geförderten Unternehmen in der Stichprobe vor dem Matching signifikant voneinander unterscheiden. Beispielsweise haben geförderte Unternehmen im Durchschnitt 544 Beschäftigte, während nicht geförderte Firmen 332 Mitarbeiter beschäftigen. Darüber hinaus verfügen 78 Prozent der geförderten Unternehmen über eine FuE-Abteilung, während dieses Organisationsmerkmal auf knapp 60 Prozent der Firmen in der Kontrollgruppe zutrifft. Nach der Durchführung des Matchings zeigt sich, dass für 295 geförderte Unternehmen ein nicht gefördertes Zwillingunternehmen (Kontrollbeobachtung) gefunden werden konnte. Die verbleibenden 21 Beobachtungen geförderter Unternehmen werden bei der weiteren Analyse nicht mehr in Betracht gezogen. Die Tatsache, dass zur Verbesserung des Matching-Ergebnisses zusätzliche Restriktionen⁹ eingeführt werden, erhöht die Ähnlichkeit der gefundenen Unternehmenspaare, führt jedoch auf der anderen Seite dazu, dass einige Beobachtungen verloren gehen.

Vergleicht man die Unternehmensmerkmale nach der Durchführung des Matchings, so zeigt sich, dass sich diese für geförderte und nicht geförderte Unternehmen im Durchschnitt nicht mehr voneinander unterscheiden. Allerdings ist auch nach dem Matching ein signifikanter Unterschied in den FuE-Aufwendungen (*Infue*) zwischen geförderten und nicht geförderten Unternehmen festzustellen. Diese Differenz wird, nachdem sich die Unternehmen in allen wichtigen Merkmalen entsprechen und sich lediglich bzgl. des Förderstatus unterscheiden, kausal als der Effekt der FuE-Förderung auf die FuE-Aufwendungen der geförderten Unternehmen interpretiert. Der geschätzte Treatment Effekt beträgt ungefähr 75 Prozent¹⁰.

⁸ Die FuE-Aufwendungen sind in Millionen Euro gemessen. Über 77 Prozent der zugrundeliegenden Beobachtungen weisen einen Wert von kleiner gleich Eins auf.

⁹ Ein Zwilling muss innerhalb eines bestimmten Intervalls um den Propensity Score des entsprechenden Zuwendungsempfängers liegen, sonst wird dieser Zuwendungsempfänger aussortiert. Potenzielle Zwillinge sollen aus dem gleichen Wirtschaftszweig und der gleichen Region Ost/West stammen. Ferner muss die Kontrollbeobachtung aus dem gleichen Bezugsjahr stammen und die Unternehmensgröße weitgehend übereinstimmen.

¹⁰ Der Treatmenteffekt des Matching-Modells berechnet sich $[\exp(\text{Infue}_{\text{treated}}) - \exp(\text{Infue}_{\text{kontrafaktisch}})] / \exp(\text{Infue}_{\text{kontrafaktisch}})$

6.3 Selektionsmodelle

Das Selektionsmodell beruht ebenfalls auf der Schätzung der Teilnahmewahrscheinlichkeit an einem Förderprogramm. In der zweiten Stufe wird die strukturelle Gleichung geschätzt, um den Einfluss der Förderung auf die FuE-Ausgaben herauszustellen. Diesem Ansatz liegt die Annahme zugrunde, dass die FuE-Aufwendungen der geförderten und nicht geförderten Unternehmen dem selben funktionalen Zusammenhang folgen. Zur Korrektur des Selektionsfehlers werden die Mills Ratios (*mills1* und *mills0*) als zusätzliche Regressoren der Schätzgleichung hinzugefügt.

Tabelle 3

Ergebnisse des Selektionsmodells

	log (FuE-Aufwendungen) (lnfue)	
	Koeffizient	t-Wert
Mill's Ratio, geförderte Unt. (mills1)	-0,33***	-4,17
Mill's Ratio, nicht geförderte Unt.(mills0)	-0,41**	-2,31
Projektförderung (pfo)	0,42***	5,86
Log(Gesamtbeschäftigte) (bges)	0,52***	7,44
Log2(Gesamtbeschäftigte) (bges2)	0,03***	5,01
Regionaler Unternehmenssitz (ost)	-0,55***	-5,56
Exportintensität 1 (ex1)	-0,33***	-4,78
Exportintensität 2 (ex2)	-0,30***	-4,99
Exportintensität 3 (ex3)	-0,16***	-2,79
Patentstock pro Mitarbeiter (patstock)	1,92***	5,40
(Patentstock pro Mitarbeiter)2 (pat2)	-0,42***	-3,71
Konstante	-5,18***	-16,09
Beobachtungen		3.424
F-Statistik		190,03
R2		0,65

Legende: ***, **, * signifikant auf dem 1%-, 5%-, 10%-Niveau

Anmerkungen: Branchen- und Zeitdummies sind in der Regression enthalten.

Aus Tabelle 3 geht hervor, dass die Unternehmensgröße für die Höhe der FuE-Aufwendungen eine wichtige Rolle spielt. Der geschätzte Zusammenhang zwischen den beiden Variablen deutet darauf hin, dass eine größere Beschäftigtenanzahl einer überproportionalen Steigerung der FuE-Aufwendungen entspricht. Auch ein größerer Patentstock pro Mitarbeiter erhöht die FuE-Aufwendungen des Unternehmens, jedoch unterproportional. Die drei Exportklassenvariablen (*ex1-ex3*) messen den Einfluss einer niedrigeren Exportintensität relativ zur ausgelassenen Referenzklasse der Unternehmen mit der höchsten Exportintensität (*ex4*). Es zeigt sich, dass die Unternehmen mit der höchsten Exportintensität signifikant höhere FuE-Aufwendungen tätigen. Dies lässt den Schluss zu, dass die internationale Ausrichtung von geförderten Unternehmen für die Förderadministration eine wichtige Rolle spielt.

Die Signifikanz der Selektionskorrekturterme (*mills1* und *mills2*) ist ein Indiz dafür, dass hier die in Kapitel D.II diskutierte Selektion aufgrund unbeobachtbarer Faktoren vorliegt. Der geschätzte Treatment-Effekt ergibt sich aus der Differenz der geschätzten logarithmierten FuE-Aufwendungen, wobei die Selektionskorrekturterme berücksichtigt werden. Der geschätzte Effekt der FuE-Förderung auf die geförderten Unternehmen beträgt 67 Prozent¹¹.

Es zeigt sich in dieser Anwendung von Selektions- und Matchingmethode, dass sich die geschätzten Treatmenteffekte kaum voneinander unterscheiden. Das Ergebnis ist damit robust gegenüber der Verwendung verschiedener evaluationsökonomischer Methoden. Daraus kann man

¹¹ Dieser Treatment-Effekt berechnet sich gemäß der Formel für den geschätzten E(TT) auf Seite 10.

weiterhin folgern, dass die Unternehmensmerkmale, die den Erhalt öffentlicher Förderung und die Höhe der FuE-Aufwendungen bestimmen, angemessen gewählt wurden.

7. Schlussbetrachtungen

Die hier durchgeführte quantitative Wirkungsanalyse verfolgt das Ziel, die Auswirkungen der direkten Projektförderung (BMBF) im Förderbereich Fertigungstechnik auf innovierende Unternehmen der deutschen Wirtschaft zu untersuchen. Zur Vorbereitung dieser Analyse wurden umfangreiche Unternehmensdaten, Innovationsdaten sowie detaillierte Förderinformationen miteinander verknüpft.

Erkenntnisziel dieser empirischen Analyse ist die Bestimmung des Wirkungsgrades der öffentlichen Forschungsförderung auf das privatwirtschaftliche Investitionsverhalten. Als Variable, die den Wirkungserfolg der Förderung auf den „finanziellen FuE-Input“ eines Unternehmens abbildet, wurden die FuE-Aufwendungen einer Firma verwendet.

Zur Bestimmung der Fördereffekte in dieser Studie wurden „Selektionsmodelle“ sowie „Matching-Ansätze“ als gleichwertige empirische Verfahren mit ihren jeweiligen methodischen Vor- und Nachteilen angewandt. Von besonderer Bedeutung ist, dass beide Verfahren die Selektivität des Fördermechanismus berücksichtigen, das heißt, dass nicht jedes innovierende Unternehmen in Deutschland einen Förderantrag stellt und nicht jeder Antragsteller einen positiven Bewilligungsbescheid vom BMBF bzw. seinen Projektträgern erhält. Die Methoden stellen im Lösungsweg unterschiedliche, aber im Ergebnis gleichwertige Verfahren der Wirkungsanalyse dar. Die Anwendung verschiedenartiger ökonomischer Methoden wurde als Mittel gewählt, um die Validität der Untersuchungsergebnisse zu verbessern.

Für die hier durchgeführte Analyse des Förderprogramms Fertigungstechnik ist festzustellen, dass die Projektförderung eine komplementäre Wirkung auf die spezifischen privaten FuE-Aufwendungen ausübt. Im Vergleich zu nicht geförderten Firmen weisen Fördermittelempfänger signifikant höhere FuE-Aufwendungen auf. Den Ergebnissen des Selektionsmodells zufolge geben geförderte Unternehmen etwa 67 Prozent mehr für FuE aus. Nach dem Matchingansatz sind es ca. 75 Prozent.

Tabelle 4

FuE-Aufwendungen und Fördereffekte

	Selektionsmodelle	Matching-Ansatz
Privat finanzierte FuE-Aufwendungen	0,60	0,57
Direkte Projektförderung durch BMBF	+ 0,15	+ 0,16
Bei voller Additionalität zusätzlich (50% Kostenteilung)	+ 0,15	+ 0,16
Potenzielle gesamte FuE-Aufwendungen	= 0,90	= 0,89
Zusätzliche private Aufwendungen für FuE	+ 0,10	+ 0,11
Beobachtete FuE-Gesamtaufwendungen	= 1,00	= 1,00

Zudem zeigt sich, dass die direkte Projektförderung im BMBF-Schwerpunkt Fertigungstechnik zusätzliche private FuE-Ausgaben stimuliert. Nur ein Teil der höheren FuE-Ausgaben entfällt auf den Mittelzufluss aus dem Förderprogramm. Tabelle 4 stellt exemplarisch dar, wie sich ein Euro, den ein Unternehmen der Fertigungstechnik in seine FuE-Projekte investiert, im Durchschnitt zusammensetzt. In der zugrundeliegenden Datenbasis liegt der Anteil der direkten Projektförderung einzelner FuE-Projekte an den gesamten FuE-Aufwendungen eines Unternehmens je nach Stichprobengröße zwischen 15 und 16 Prozent. Maximal fördert das BMBF 50 Pro-

zent der Kosten eines Projektes, so dass ein Eigenanteil für das Unternehmen in der selben Höhe anfällt. Diese Beträge zuzüglich der ohne Förderung privat finanzierten FuE-Aufwendungen von 0,60 (0,57) Euro erklären 90 (89) Prozent der beobachteten FuE-Gesamtaufwendungen. Die verbleibenden zehn (elf) Prozent stellen zusätzliche private FuE-Aufwendungen dar, die durch die staatliche Förderung stimuliert wurden.

Als Ursachen für den Effekt bieten sich verschiedene Erklärungsansätze an. Die Förderung kann von Unternehmen als Zertifikat für Forschungsqualität und Verwertungserfolg verwendet werden und helfen, risikoaverse Investoren zu überzeugen. Dem unternehmenseigenen Management und/oder externen Kapitalgebern (Banken, VCs etc.) wird aufgezeigt, dass das Forschungsrisiko nach eingehender staatlicher Prüfung geringer ist als angenommen. Forschungsinvestitionen, die mit hoher Unsicherheit behaftet sind, werden damit kalkulierbarer. Insbesondere bundeseigene Darlehensgeber wie die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) könnten geneigt sein, durch die Bewilligung staatlicher Förderung zusätzliche Finanzierungsoptionen zu eröffnen. Eine andere Erklärung ist die, dass die Forschungsförderung ein für das Unternehmen bedeutsames Schlüsselprojekt darstellt. Gerade bei KMU können die geförderten Forschungsprojekte, bei denen z.B. ihre wichtigsten Kunden oder Lieferanten zu den FuE-Partnern zählen, dazu führen, dass weitere und im Zusammenhang mit dem Förderprojekt stehende FuE-Projekte angestoßen werden. Diese ergänzenden FuE-Aufgaben erfordern wiederum ein zusätzliches finanzielles Engagement der Firmen.

Diese Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die direkte öffentliche Projektförderung einen positiven Wirkungseffekt auf die FuE-Aufwendungen von Unternehmen des Förderschwerpunkts Fertigungstechnik hat. Für zukünftige Forschung auf diesem Gebiet wirft sie die Frage nach der spezifischen Verwendung der Fördermittel und den mit der einhergehenden unternehmerischen Produktivitätseffekten.

Literatur

- Almus, M. und D. Czarnitzki (2003), The Effects of Public R&D Subsidies on Firms' Innovation Activities: The Case of Eastern Germany, *Journal of Business and Economic Statistics* 21(2), 226-36.
- Almus, M., D. Engel und S. Prantl (2000), *The „Mannheim Foundation Panels“ of the centre for European Economic Research (ZEW)*, ZEW-Dokumentation 02, Mannheim.
- Arvanitis, S., H. Hollenstein und S. Lenz (2002), *The Effectiveness of Government Promotion of Advanced Manufacturing Technologies (AMT): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data*, Konjunkturforschungsstelle der Eidgenössischen Technologischen Hochschule Zürich, Working Papers 54.
- Audretsch, D. B. und A. R. Thurik (1999), *Innovation, Industry Evolution and Employment*, New York.
- Blundell, R. und M. Costa-Dias (2000), Evaluation Methods for Non-Experimental Data, *Fiscal Studies* 21(4), 427-68.
- Blundell, R. und M. Costa-Dias (2002), Alternative Approaches to Evaluation in Empirical Microeconomics, *Portugese Economic Journal* 1, 1-38.
- Branstetter L. und M. Sakakibara (2002), When do Research Consortia Work Well and Why? Evidence from Japanese Panel Data, *American Economic Review* 92(1), 143-59.
- BuFo (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2004), *Bundesbericht Forschung 2004*, Berlin.
- Busom, I. (2000), An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies, *Economics of Innovation and Technology* 9(2), 111-48.
- Cassiman, B. and R. Veugelers (2002), *R&D Cooperation and Spillovers: some empirical evidence from Belgium*, *American Economic Review*, 92, 4, 1169-1184.
- Czarnitzki, D. (2001), Die Auswirkungen der Forschungs- und Technologiepolitik auf die Innovationsaktivitäten ostdeutscher Unternehmen, *Schmoller's Jahrbuch – Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften* 121(4), 539-60.
- Czarnitzki, D. und A. Fier (2001), *Do R&D Subsidies Matter? Evidence for the German Service Sector*, ZEW Discussion Paper No. 01-19, Mannheim.
- Czarnitzki, D. und A. Fier (2002), *Do Innovation Subsidies Crowd Out Private Investment? Evidence from the German Service Sector*, ZEW Discussion Paper No. 02-04, Mannheim.
- Czarnitzki, D. und A. Fier (2003), *Publicly Funded R&D Collaborations and Patent Outcome in Germany*, ZEW Discussion Paper No. 03-24, Mannheim.
- David, P.A., B.H. Hall und A.A. Toole (2000), Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of Econometric Evidence, *Research Policy* 29, 497-529.
- Duguet (2003), Are R&D Subsidies a Substitute or a Complement to Privately Funded R&D? Evidence From France Using Propensity Score Methods for Non-Experimental Data, *Cahiers de la Maison des Sciences Economiques*, Eureka No. 2003.75.

- Fier, A (2002), *Staatliche Förderung industrieller Forschung in Deutschland*, in ZEW-Wirtschaftsanalysen, Band 62, Baden-Baden.
- Gonzales, X., J. Jaumandreu und C. Pazó (2004), *Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness*, mimeo.
- Heckman, J.J. (1976), The Common Structure of Statistical Models of Truncation, Sample Selection, and Limited Dependent Variables and a Simple Estimator for such Models, *Annals of Economic and Social Measurement* 5, 475-92.
- Heckman, J.J. (1979), Sample Selection Bias as a Specification Error, *Econometrica* 47, 153-61.
- Heckman, J.J. und J.A. Smith (1996), Experimental and Nonexperimental Evaluation, in: G. Schmid, J. O'Reilly und K. Schömann (Hrsg.), *International Handbook of Labour Market Policy and Evaluation*, Cheltenham/Vermont, 37-88.
- Heckman, J.J., R.J. Lalonde und J.A. Smith (1999), The Economics and Econometrics of Active Labor Market Programs, in: A. Ashenfelter and D. Card (Hrsg.), *Handbook of Labor Economics*, Amsterdam, 1866-2097.
- Hussinger, K. (2003), *R&D and Subsidies at the Firm-Level: An Application of Parametric and Semi-Parametric Two-Step Selection Models*, ZEW Discussion Paper No. 03-63, Mannheim.
- Klette, T.J., J. Moen und Z. Griliches (2000), Do Subsidies to Commercialize R&D Reduce Market Failures? Microeconomic Evaluation Studies, *Research Policy* 29, 471-95.
- Lach, S. (2002), Do R&D Subsidies Simulate or Displace Private E&D? Evidence from Israel, *Journal of Industrial Economics* 37(3), 329-36.
- LaLonde, R.J. (1986), Evaluating the Econometric Evaluations of Training Programs with Experimental Data, *American Economic Review* 76, 604-19.
- Licht, G. und M. Stadler (2003), Auswirkungen öffentlicher Forschungsförderung auf die private F&E-Tätigkeit: Eine mikroökonomische Evaluation, in: W. Franz, H.J. Ramser und M. Stadler (Hrsg.), *Empirische Wirtschaftsforschung, Methoden und Anwendungen, Wirtschaftswissenschaftliches Seminar Ottobeuren* Bd. 32, Tübingen, 213-239.
- Maddala, G.S. (1983), *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*, New York.
- Rammer, C., Polt, W., Egel, J., Licht, G. und A. Schibany (2004), *Internationale Trends der Forschungs- und Innovationspolitik – Fällt Deutschland zurück?*, in: ZEW-Wirtschaftsanalysen, Band 73, Baden-Baden.
- Rosenbaum und Rubin (1983), The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects, *Biometrika* 70, 41-55.
- Rubin (1977), Assignment to Treatment Group on the Basis of a Covariate, *Journal of Educational Statistics* 2, 1-26.
- Stahl, K. (1991), Das Mannheimer Unternehmenspanel: Konzeption und Entwicklung, *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung* (4), Nürnberg, 735-738.
- Steiner, V. und T. Hagen (2002), Was kann die aktive Arbeitsmarktpolitik in Deutschland aus den aus der Evaluationsforschung in anderen europäischen Ländern lernen?, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 3(2), 189-206.

Toivanen, O. und P. Niininen (2000), *Investment, R&D Subsidies and Credit Constraints*, Working Paper, Department of Economics MIT and Helsinki School of Economics.