

Gernot Hutschenreiter\*)

# Intersektorale und internationale „F&E-Spill-overs“

## Externe Effekte von Forschung und Entwicklung

Auf Forschung und Entwicklung gestützte Innovationen wurden — zumindest in den Industrieländern — zu einer ökonomischen Aktivität, die für die Herstellung und Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen von zentraler Bedeutung ist. Die ökonomischen Effekte von Forschung und Entwicklung treten allerdings nicht notwendigerweise dort (in vollem Umfang) auf, wo F&E betrieben wird. „F&E-Spill-overs“ sind (in der Regel positive) externe Effekte und haben ihre Ursache darin, daß Innovatoren nicht in der Lage sind, sich die Resultate ihrer Innovationsaktivitäten in vollem Umfang anzueignen. *Griliches* (1979) unterscheidet zwei potentielle Quellen für F&E-Spill-overs:

**Positive externe Effekte von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten wurden sowohl theoretisch untersucht als auch in der empirischen Wirtschaftsforschung zu quantifizieren versucht. Während zu „F&E-Spill-overs“ innerhalb und zwischen Industriebranchen eine Vielzahl von Studien verfügbar ist, ist die Untersuchung internationaler F&E-Spill-overs relativ jung. Der vorliegende Artikel vermittelt einen Überblick über die Entwicklung der Theorie, empirische Ergebnisse und wirtschaftspolitische Implikationen.**

Wissens oder — durch Imitation im weitesten Sinn — die technologischen Fähigkeiten „andernorts“ Ökonomisch relevantes Wissen hat wenigstens partiell Eigenschaften eines öffentlichen Gutes, charakterisiert durch die Nicht-Rivalität des „Wissenskapitals“ (die Nutzung durch Akteur A beeinträchtigt nicht die Nutzung durch Akteur B) und die nur unvollkommene Möglichkeit zur Ausschließung von dessen Nutzung (*Griliches*, 1979, oder *Romer*, 1990)

„Wissens-Spill-overs“ sind — im Unterschied zu Spill-overs des ersten Typs — nicht notwendig an materielle Verflechtungen zwischen den Akteuren geknüpft; sie können prinzipiell ohne jede Markttransaktion vor sich gehen. Die Schwierigkeit für Innovatoren, mit verschiedenen Instrumenten (intellektuelle Eigentumsrechte, Geheimhaltung usw.) ihr Wissen exklusiv zu halten, wurde durch empirische Untersuchungen bestätigt; Information diffundiert über eine Vielzahl von Kanälen aus den innovierenden Unternehmen<sup>2)</sup> „Lokale“ externe Effekte der Wissensproduktion sind eine wichtige Ursache für das — empirisch beobachtbare — Auftreten von Industrieclustern (*Marshall*, 1920).

Die vorliegende empirische Literatur ist reich an Versuchen zur Quantifizierung von F&E-Spill-overs. Im wesentlichen lassen sich zwei Gruppen von Studien unterscheiden:

- 1 Fallstudien untersuchen typischerweise sehr eingehend die privaten und sozialen Kosten und Nutzen bestimmter Forschungsprojekte oder Innovationen. Die ersten Studien dieses Typs beschäftigten sich mit den ökonomischen Effekten der Agrarforschung (Überblick bei

## F&E-Spill-overs: Quellen und Ansätze zur Quantifizierung

1. „Innovative“ Inputs (für Produktions-, aber auch für Konsumaktivitäten) werden zu einem geringeren Preis gehandelt, als ihrer „Qualität“ entspräche. Dies verweist einerseits auf Probleme der statistischen Output- bzw. Produktivitäts-Messung<sup>1)</sup>. Jenseits der gewiß gravierenden Meßprobleme bestehen jedoch andererseits durchaus „reale“ Probleme der Aneignbarkeit. Als vollkommen diskriminierender Monopolist wäre der Innovator in der Lage, sich die sozialen Erträge seiner Innovation vollständig anzueignen. Im allgemeinen befindet sich ein Innovator jedoch nicht in einer solchen Position.
2. Das durch F&E-Aktivitäten hervorgebrachte ökonomisch relevante Wissen stimuliert die Entstehung neuen

\*) Die Aufbereitung der statistischen Daten betreute Sonja Patsios

<sup>1)</sup> In welchem Ausmaß und wo sich die Effekte des technischen Wandels in den (amtlichen) Statistiken zeigen, hängt wesentlich von der Behandlung von Qualitätsverbesserungen in der Preisstatistik ab; zu praktischen Aspekten der statistischen Erfassung siehe *Baily — Gordon* (1988). Einige weitere Meßprobleme seien hier lediglich angedeutet: Wohlfahrtseffekte für die Konsumenten scheinen in den Produktivitätsstatistiken überhaupt nicht auf. Ein bedeutender Teil des technischen Fortschritts kommt Anwendern in Produktionsbereichen zugute, in denen der Output nicht direkt gemessen sondern per Konvention über die Kosten definiert wird (z. B. Gesundheitswesen, Raumfahrt, Verteidigung usw.); zur statistischen Behandlung von Finanzdienstleistungen siehe *Petit* (1991).

<sup>2)</sup> Siehe zu diesem Themenkreis die empirischen Studien von *Mansfield* (1985) und *Levin et al.* (1987).

Griliches, 1992) Zur Innovation in der Industrie leisteten Mansfield et al. (1977) Pionierarbeit (siehe weiters die anspruchsvollen Untersuchungen von Bresnahan, 1986, über die Anwendung von Mainframe-Computern im Bereich der Finanzdienstleistungen oder Trajtenberg, 1990, über Computed Tomography Scanners).

2 Die ökonomischen Studien umfassen ihrerseits wieder zwei Gruppen: Zum einen nehmen Regressionsanalysen die Schätzung einer (um „F&E-Kapital“, eine „Spill-over-Variable“ usw. erweiterten) Produktionsfunk-

**Die ökonomischen Effekte von Forschung und Entwicklung treten nicht notwendigerweise dort in vollem Umfang auf, wo F&E betrieben wird. „F&E-Spill-overs“ entstehen, wenn entweder der Preis eines innovativen Gutes nicht dessen Qualität entspricht oder die Entstehung ökonomisch nutzbaren Wissens die technologischen Fähigkeiten anderer Produzenten stimuliert.**

tion vor Dieser Ansatz geht vom neoklassischen Wachstumsmodell von Solow aus. Solows Produktivitätsindex oder Totale Faktorproduktivität (TFP) wurde häufig mit „autonomen“ technischem Fortschritt gleichgesetzt Diese Interpretation ist bekanntlich zu eng. Das Solowsche „Residuum“ repräsentiert vielmehr ein „Bündel von Variablen“ (Kendrick, 1991, S. 150) und wurde von Abramovitz (1956, S. 11) treffend als „measure of our ignorance“ bezeichnet. Der Beitrag des Residuums zum Wirtschaftswachstum erwies sich in den frühen empirischen Studien beginnend mit Solow (1957) allerdings als beträchtlich. Es lag daher nahe, diesen Einfluß durch die Einführung weiterer Produktionsfaktoren in die Produktionsfunktion zu reduzieren. Die Aufnahme von „Forschungskapital“ als zusätzlichem Produktionsfaktor geht auf Griliches (1973) zurück.

Zum anderen umfaßt die ökonomische Literatur Schätzungen von Faktornachfragesystemen auf Grundlage der Dualitätstheorie (zu den Vor- und Nachteilen dieses Ansatzes siehe etwa Griliches, 1992). Ökonomische Untersuchungen über den Zusammenhang von Innovation und Produktivitätsentwicklung wurden sowohl auf der Unternehmensebene als auch auf Branchenebene (intersektorale F&E-Spill-overs) durchgeführt. In jüngster Zeit wurde auch versucht, internationale F&E-Spill-overs zu quantifizieren.

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf Untersuchungen intersektoraler und internationaler F&E-Spill-overs auf Basis des erweiterten Produktionsfunktionsansatzes. Diese Beschränkung fällt umso leichter, als in den letzten Jahren eine Reihe von Übersichtsartikeln vorgelegt wurde, die die Ergebnisse empirischer Studien aus dem gesamten Spektrum der erwähnten Ansätze dokumentieren<sup>3)</sup>

Die erweiterte Cobb-Douglas-Produktionsfunktion eines Industriezweigs (der Einfachheit halber sei hier auf ein Subskript verzichtet) sei gegeben durch

$$(1) Q_t = A e^{\lambda t} L_t^\alpha K_t^{1-\alpha} R_t^{\beta_R} S_t^{\beta_S},$$

wobei  $Q_t$  die Wertschöpfung des Industriezweigs,  $L_t$  den Arbeitseinsatz,  $K_t$  den physischen Kapitalbestand (Anla-

## Intersektorale F&E-Spill-overs

gen und Ausrüstungen),  $R_t$  das „Forschungskapital“ und  $S_t$  eine „Spill-over-Variable“ (jeweils zum Zeitpunkt  $t$ ) bezeichnen. Die Spill-over-Variable wird zumeist als gewich-

### Der erweiterte Produktionsfunktionsansatz

teter F&E-Kapitalbestand der übrigen Branchen konstruiert. Dabei werden Gewichtungsmatrizen unterschiedlichen Typs verwendet, darunter solche auf Grundlage von Güterverflechtungen (Vorleistungen oder Investitionsgüter), Informationsverflechtungen (intersektorale Patent- oder Innovationsflows) oder wie bei Jaffe (1986, 1989) der „technologischen Nähe“ (gemessen am Winkelabstand der normierten Vektoren der Patentstrukturen von Unternehmens- bzw. Branchenpaaren). Der Parameter  $\lambda$  ist die Rate des exogenen („autonomen“) Produktivitätsfortschritts. Gemäß den üblichen Bedingungen erster Ordnung für ein Produzentengleichgewicht entspricht  $\alpha$  bzw.  $(1 - \alpha)$  — die Elastizität des Outputs bezüglich des primären Inputs Arbeit bzw. Kapital — dem jeweiligen Faktoranteil an der Wertschöpfung<sup>4)</sup>. Die Produktionsfunktion weist konstante Skalenerträge hinsichtlich der traditionellen Produktionsfaktoren auf. Der Index der TFP,  $P_t$ , sei wie üblich definiert durch

$$(2) P_t = \frac{Q_t}{L_t^\alpha K_t^{1-\alpha}}$$

### Ökonometrische Schätzungen der „Rates of Return“ auf F&E-Investitionen verwenden entweder erweiterte Produktionsfunktionen oder Faktornachfragesysteme.

Eine Kombination von (1) und (2) ergibt

$$P_t = A e^{\lambda t} R_t^{\beta_R} S_t^{\beta_S}$$

Logarithmierung und Differenzierung nach der Zeit führen zu folgendem Ausdruck für die Veränderungsrate der TFP:

$$(3) \frac{\dot{P}_t}{P_t} = \lambda + \beta_R \frac{\dot{R}_t}{R_t} + \beta_S \frac{\dot{S}_t}{S_t}$$

Der Punkt über einer Variablen bezeichnet wie üblich die Ableitung nach der Zeit.  $\beta_R$  ist die Elastizität des Outputs bezüglich des „F&E-Kapitals“, d. h.

$$\beta_R = \frac{\delta Q_t}{\delta R_t} \frac{R_t}{Q_t}$$

( $\beta_S$  ist analog als Elastizität des Outputs bezüglich des gewichteten externen F&E-Kapitals zu interpretieren und wird daher im folgenden nicht gesondert besprochen.) Be-

<sup>3)</sup> Mairesse — Mohnen (1990), Mohnen (1992), Griliches (1992), Nadiri (1993), Mohnen (1994). Eine Übersicht der Ergebnisse von Untersuchungen aufgrund von Unternehmensdaten geben Mairesse — Sassenou (1991).

<sup>4)</sup> Grossman — Helpman (1991, S. 13f) kritisieren den erweiterten Produktionsfunktionsansatz u. a. mit dem Argument, daß gerade auf Produktmärkten in denen private F&E-Aktivitäten eine große Rolle spielen, vollkommene Konkurrenz unwahrscheinlich ist (Monopolrenten auf Innovationen).

Ausgewählte Schätzungen für Rates of Return auf Forschung und Entwicklung und Spill-overs

Übersicht 1

Industriebranchen-Daten

Untersuchung	Gegenstand	Gewichtungsmatrix	Rate of Return auf Forschung und Entwicklung <sup>1)</sup>	Rate of Return auf Forschung und Entwicklung <sup>1)</sup>	
				Intern	Extern
Terleckyj (1974)	USA 20 Industriezweige 1948/1966	Input-Output-Koeffizienten: Intermediär- und Investitionsgüter	Insgesamt Privat finanziert	28%	45%
				29%	78%
Griliches — Lichtenberg (1984B)	USA 123 Industriezweige 1959/1978 (Subperioden)	Patent-Flows		11% bis 31%	0% bis 90%
Wolff — Nadiri (1987)	USA 50 Industriezweige 1947, 1958, 1963, 1967 1972	Input-Output-Koeffizienten: Intermediärgüter Investitionsgüter		19%	0%
				19%	10%
Goto — Suzuki (1989)	Japan 50 Industriezweige 1978/1983	Input-Output-Koeffizienten: Intermediär- und Investitionsgüter „Technologische Distanz“	Insgesamt Spill-overs von 5 Elektronikbranchen	26%	80%
				28%	0%
				29%	4%
Sterlacchini (1989)	Großbritannien 15 Industriezweige 1954/1984 (Subperioden)	Input-Output-Koeffizienten: Intermediär- und Investitionsgüter Innovations-Flows		9% bis 19%	9% bis 12%
				9% bis 19%	14% bis 30%

<sup>1)</sup> Eine Eintragung von „0“ zeigt statistisch nicht signifikante Koeffizienten an

handelt man  $\beta_R$  als Parameter, so wird implizit angenommen, daß — neben der uniformen Trendwachstumsrate — auch die F&E-Elastizität des Outputs in allen Industriezweigen identisch ist. Eine auf Gleichung (3) basierende Spezifikation erfordert die Kenntnis eines F&E-Kapitalbestands und wird daher als „F&E-Kapitalstock-Variante“ des erweiterten Produktionsfunktionsansatzes bezeichnet. F&E-Kapitalbestände sind nicht direkt beobachtbar, und ihre Konstruktion ist mit einer Reihe von Problemen behaftet. Daher wurde ein Parameterwechsel vorgeschlagen, der mit einer inhaltlichen Akzentverschiebung einhergeht. Gleichung (3) kann umgeformt werden zu

$$\frac{\dot{P}_t}{P_t} = \lambda + \gamma_R \frac{\dot{R}_t}{R_t} + \gamma_S \frac{\dot{S}_t}{S_t},$$

wobei  $\gamma_R = \frac{\delta Q_t}{\delta R_t}$  dem Grenzprodukt oder der „Rate of Return“ (RoR) auf das eigene F&E-Kapital entspricht<sup>5)</sup> und  $\gamma_S$  wieder analog der RoR auf das externe F&E-Kapital. Die Annahme einer über die Industriezweige uniformen F&E-Elastizität des Outputs wird im Zuge der Reparametrisierung ersetzt durch die Annahme eines intersektoral uniformen Grenzprodukts des F&E-Kapitals. Geht man zusätzlich davon aus, daß die Abschreibung des F&E-Kapitalbestands vernachlässigbar klein ist, so entspricht  $R_t$  annähernd den F&E-Ausgaben. Aus diesen Überlegungen resultiert die vereinfachte Gleichung

$$(4) \quad \frac{\dot{P}_t}{P_t} = \lambda + \gamma_R \frac{\Delta R_t}{R_t} + \gamma_S \frac{\Delta S_t}{S_t},$$

die „F&E-Intensitätsvariante“ des erweiterten Produktionsfunktionsansatzes, wobei  $\Delta$  den Differenzen-Operator re-

präsentiert ( $\Delta R_t = R_t - R_{t-1}$ ). Mit dieser Reformulierung wird das zweifache Problem der F&E-Kapitalstock-Messung einerseits und der Annahme uniformer F&E-Elastizitäten des Outputs andererseits umgangen. Betrachtet man den Inhalt des Parameters  $\gamma_R$  etwas näher, so folgt:

- Die vorliegende Spezifikation berücksichtigt als Brutto-rechnung die laufende Wertminderung oder Obsoleszenz des F&E-Kapitals nicht<sup>6)</sup>
- Die RoR auf F&E tritt zusätzlich zur RoR auf das Sachanlagevermögen auf, sofern die traditionellen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital nicht um die darin enthaltene F&E-Komponente (F&E-Personaleinsatz, Anlagevermögen im F&E-Bereich) bereinigt werden (Schanckerman, 1981).
- Spill-over-Effekte innerhalb des Industriezweigs sind zwar berücksichtigt, nicht jedoch solche zwischen den Industriezweigen (Mohnen, 1990, Mairesse — Sassenou, 1991). Spill-overs zwischen den Branchen werden von der RoR auf das externe F&E-Kapital,  $\gamma_S$ , wiedergegeben

Empirische Ergebnisse

Aufgrund zahlreicher Unterschiede in der empirischen Umsetzung sind die Studien nicht unmittelbar vergleichbar. Dennoch lassen sich einige robuste, generalisierende Aussagen treffen. Eine Vielzahl von empirischen Studien stellt ungeachtet der Unterschiede in Datenbasis und Untersuchungszeitraum signifikante RoR auf externe F&E-In-

<sup>5)</sup> Die Interpretation der Rate of Return ist nicht unabhängig vom Aggregationsniveau (Griliches 1979). Während Schätzungen auf Basis von Unternehmensdaten die private RoR messen, ergeben Branchendaten eine soziale RoR, da Spill-overs innerhalb der Branche erfaßt sind.

<sup>6)</sup> Mairesse — Sassenou (1991, S. 27f.) setzen die Abschreibungsrate des F&E-Kapitals auf Basis empirischer Untersuchungen (auf Unternehmensebene) hoch an; das würde den Wert eines vereinfachten Regressionsansatzes nach Gleichung (4) gegenüber (3) deutlich vermindern. Griliches — Lichtenberg (1984A) hingegen kommen zu einem abweichenden Ergebnis. Terleckyj (1984) schlägt in diesem Zusammenhang vor, hinsichtlich der Abschreibung des F&E-Kapitals zu differenzieren. Während der F&E-Stock als Quelle von temporären Monopolgewinnen sehr schnell erodiert (siehe die Ergebnisse von Ravenscraft — Scherer, 1982, oder von Mansfield, 1985, über die Durchlässigkeit der Unternehmen für Informationsabflüsse), nutzt er sich als Quelle von Produktivität überhaupt nicht und als Quelle von Einkommens- und Outputwachstum d. h. als soziales F&E-Kapital zumindest weniger schnell ab als privates F&E-Kapital.

vestitionen fest. Nach *Mohnen* (1994) setzen die einschlägigen Studien die soziale RoR im Durchschnitt um etwa 50% bis 100% höher an als die private RoR. Übersicht 1 gibt einen Überblick über die RoR auf F&E auf Branchenebene nach einigen bekannten Studien. „Intern“ bezeichnet die direkte Wirkung der F&E-Aktivitäten der Branche auf deren Produktivitätsentwicklung, „extern“ den Koeffizienten einer Spill-over-Variablen, die mit geeigneten Gewichtungsmatrizen konstruiert wurde.

**Eine Vielzahl empirischer Studien stellt signifikante RoR auf externe F&E-Investitionen fest. Darüber hinaus werden die sozialen Rates of Return im Durchschnitt deutlich höher angesetzt als die privaten.**

Möglichkeiten zur Erweiterung des Modells bieten sich durch Differenzierung oder Erweiterung der Produktionsfaktoren (z. B. unterschiedliche Qualitäten von Arbeit, unterschiedliche Jahrgänge physischen Kapitals, Vorleistungen, Energie usw.) oder durch Einbeziehung weiterer Variablen. Die Übergänge zum ausgebauten „Growth Accounting“ (*Maddison*, 1987) sind fließend<sup>7)</sup>. In der Praxis werden das F&E-Kapital und die F&E-Investitionen häufig in verschiedene Komponenten zerlegt. Ergebnisse der internationalen Forschung deuten darauf hin, daß einerseits privat finanzierte Forschung stärker produktivitätswirksam ist als öffentlich finanzierte und andererseits Grundlagenforschung stärker als angewandte Forschung. *Terleckyj* (1974, 1980) bezeichnet die Produktivitätseffekte der privat finanzierten F&E in den USA nach dem Zweiten Weltkrieg als signifikant und substantiell (RoR 37%), jene öffentlich finanzierter F&E jedoch als statistisch nicht signifikant. Die Untersuchungen von *Terleckyj* weiterführend zerlegte *Mansfield* (1980) die F&E-Ausgaben in die Komponenten Grundlagenforschung und angewandte F&E und identifiziert eine enge Beziehung zwischen der Grundlagenforschung eines Industriezweigs und der Wachstumsrate der TFP. Die Effekte der angewandten F&E auf das Produktivitätswachstum hingegen erweisen sich als viel geringer. Wird letztere nochmals in privat und öffentlich finanzierte angewandte F&E zerlegt, so ergeben sich für die öffentlich finanzierte Komponente verschwindende Produktivitätseffekte<sup>8)</sup>.

### Empirische Evidenz für Österreich

Für Österreich wurden — primär wegen der schwachen Informationsbasis Input-Output-Statistik — bisher keine Schätzungen von intersektoralen F&E-Spill-overs durchgeführt. Erste Schätzungen für „interne“ RoR auf Branchenebene liegen — gestützt auf die von *Hahn* (1991) berechneten TFP-Indizes der Industriefachverbände — für den Zeitraum 1972/1989 vor (*Hutschenreiter*, 1994). Diese

**Übersicht 2**  
**Regressionsergebnisse: Veränderung der totalen Faktorproduktivität und Forschungs- und Entwicklungsintensität**

	Vollständiges Sample				
	1972/1989	1972/1983	1978/1989	1972/1983	1978/1989
Konstante	3,51** (0,50)	4,39** (0,73)	3,36** (0,66)	4,31** (0,75)	3,45** (0,68)
Forschung und Entwicklung <sup>1)</sup>	0,19 (0,14)	0,04 (0,20)	0,39* (0,18)		
Forschung und Entwicklung <sup>2)</sup>				0,07 (0,23)	0,33* (0,17)
R <sup>2</sup>	0,12	0,00	0,23	0,01	0,19

  

	Outlierbereinigtes Sample				
	1972/1989	1972/1983	1978/1989	1972/1983	1978/1989
Konstante	2,09** (0,25)	3,05** (0,61)	1,56** (0,54)	2,97** (0,61)	1,68** (0,62)
Forschung und Entwicklung <sup>1)</sup>	0,41** (0,06)	0,24 (0,14)	0,66** (0,12)		
Forschung und Entwicklung <sup>2)</sup>				0,29* (0,16)	0,65** (0,13)
R <sup>2</sup>	0,83	0,23	0,74	0,25	0,65

\*\* ... Signifikanzniveau: 1%, \* ... Signifikanzniveau: 5%, + ... Signifikanzniveau: 10%.  
Kursive Zahlen in Klammern: Standardfehler. — <sup>1)</sup> Brancheneigene Rate of Return auf Forschung und Entwicklung; Mittlere Forschungs- und Entwicklungsintensität 1978/1984. — <sup>2)</sup> Brancheneigene Rate of Return auf Forschung und Entwicklung; 1972/1983: Forschungs- und Entwicklungsintensität 1978, 1978/1989: Forschungs- und Entwicklungsintensität 1984.

RoR auf brancheneigene F&E-Ausgaben schließen, wie erwähnt, Spill-overs innerhalb der Industriebranche, nicht jedoch solche zwischen Industriezweigen ein. Abhängige Variable ist in den Regressionen die durchschnittliche jährliche Veränderungsrate der TFP (17 Industriebranchen). Zur Ausschaltung transitorischer Fluktuationen wurden durchschnittliche jährliche Veränderungsraten der TFP auf Basis geeigneter Periodendurchschnitte herangezogen<sup>9)</sup>. Als unabhängige Variable wurden F&E-Ausgaben in Relation zum Netto-Produktionswert der Branche, d. h. F&E-Intensitäten herangezogen. In der „outlierbereinigten“ Variante wurden zwei „anbieterdominierte Industriezweige“ (*Pavitt*, 1984, in Verbindung mit *Robson — Townsend — Pavitt*, 1988), die technischen Fortschritt primär aus vorgelagerten Investitionsgüterbranchen beziehen, nämlich die Papier- und die Textilindustrie, und aus statistischen Gründen die Gießerei- sowie die Eisen- und Metallwarenindustrie ausgeschlossen.

Nach den Regressionsergebnissen ist für die Periode 1972/1983 kein Zusammenhang zwischen F&E-Intensität und TFP-Wachstum nachweisbar, in den achtziger Jahren (1978/1989) hingegen durchaus ( $R^2 = 0,2$ ; Übersicht 2). Die geschätzten RoR auf F&E-Investitionen liegen in den achtziger Jahren in einer Bandbreite von 33% bis 39% und sind signifikant größer als Null (Signifikanzniveau: 5%). In der outlierbereinigten Variante beträgt die RoR auf brancheneigene F&E etwa 65%. Die jeweils hoch signifikante

<sup>7)</sup> Die gegenüber dem „Growth Accounting“ vorgebrachte Kritik trifft insofern auch den hier behandelten Ansatz. Ein schwerwichtiges Problem des „Growth Accounting“ besteht darin, daß die Ermittlung von „Beiträgen zum Wachstum“ durch Interdependenzen zwischen den Faktoren verhindert wird (*Abramovitz*, 1993). *Grossman — Helpman* (1991, S. 13f) stellen treffend fest, daß „Growth Accounting“ letztlich keine Antwort auf die Frage zu geben vermag, was ohne Innovation geschehen wäre; zur Frage der Kausalität siehe auch *Lach — Schankerman* (1989).

<sup>8)</sup> Siehe auch die Ergebnisse der verwandten auf Unternehmensdaten für die USA beruhenden Untersuchungen von *Link* (1981) und *Lichtenberg — Siegel* (1989).

<sup>9)</sup> *Griliches — Lichtenberg* (1984A, S. 472) bemerken in diesem Zusammenhang: „Whatever theory one has of such business cycle and capacity utilization fluctuations, observations that are not on the production possibility frontier are unlikely to be informative about the factors that are intended to shift this frontier.“

Konstante kann als Rate des autonomen technischen Fortschritts interpretiert werden

**Für die österreichische Industrie ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Produktivitätswachstum und brancheneigenen F&E-Aktivitäten in den achtziger Jahren. Für die siebziger Jahre hingegen kann kein solcher Zusammenhang festgestellt werden. Verschiedene „anbieterdominierte“ Branchen steigerten ihre Produktivität damals beträchtlich, ohne selbst in Forschung zu investieren.**

*Hutschenreiter* (1994) zerlegt die F&E-Ausgaben weiters in verschiedene Komponenten. In der Periode 1978/1989 war die geschätzte RoR auf *Entwicklungsausgaben* (150%) signifikant höher als jene auf *Forschungsausgaben* (keine positiven RoR nachweisbar). Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß die Industrieforschung in Österreich an Zersplitterung und Ineffizienz leidet, während das Engagement der Industrie in der besser etablierten inkrementalen experimentellen Entwicklung positive Produktivitätseffekte zeigt. Von der für Industrieländer typischeren Konstellation, wonach marktferne Forschungstätigkeiten hohe soziale RoR versprechen, dürfte die österreichische Industrie weit entfernt sein. Anders als in den zitierten Studien aus den USA war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den RoR auf *privat* und *öffentlich* finanzierte F&E nachweisbar. Die Aufteilung in öffentlich und privat finanzierte F&E dürfte in hohem Maße institutionelle Faktoren reflektieren: die Rolle des Staates und „rules of the game“ (*Lichtenberg*, 1992, S. 3). Auch die Rolle der Grundlagenforschung scheint nach Ländern bzw. „Innovationssystemen“ zu variieren<sup>10)</sup>.

## Internationale F&E-Spill-overs

Der Untersuchung grenzüberschreitender F&E-Spill-overs liegt die Hypothese zugrunde, daß die Produktivität von Volkswirtschaften, die zunehmend durch internationalen Handel, Direktinvestitionen und internationale Informationsflüsse verflochten sind, nicht nur von den heimischen F&E-Anstrengungen, sondern auch von jenen der Partnerländer abhängt. Dies betrifft besonders kleine, offene Volkswirtschaften.

Die endogene Wachstumstheorie<sup>11)</sup> bietet einen konsistenten Rahmen für die Analyse der Wirkungen von internationalen Wissens-Spill-overs auf makroökonomische

Größen wie die Innovationsrate, die Wachstumsrate des Outputs und der TFP („internationale F&E-Spill-overs“ im engeren Sinne) *Grossman — Helpman* (1991, Ch. 9) vergleichen die langfristigen Lösungen ihres grundlegenden

## Neuere theoretische Entwicklungen

Modells endogen wachsender Volkswirtschaften mit horizontaler Produktdifferenzierung bei vollkommener Autarkie — d. h. ohne Informations- oder andere wirtschaftliche Verbindungen untereinander — mit jenen Lösungen, die sich bei vollständiger, unmittelbarer (und kostenloser) internationaler Diffusion von Wissen ergeben. Demnach beschleunigt die internationale Verbreitung von Wissen Innovation und Wachstum in beiden Ländern einer stilisierten „Weltwirtschaft“. Die Einführung von internationalem Handel hat einen positiven Effekt auf die Steady-state-Wachstumsrate, der auf die Elimination von Doppelgleisigkeiten der Forschung zurückzuführen ist. Ohne vollkommene internationale Wissens-Spill-overs hingegen bewirkt die Integration der Produktmärkte, daß das größere Land schließlich den Markt für innovative Güter dominiert. Wie das Beispiel illustriert, behandelt die bisher vorliegende Literatur „Wissen“ typischerweise entweder als rein „lokales“ (nationales) oder aber als „globales“ öffentliches Gut<sup>12)</sup>. Obwohl pädagogisch nützlich (*Grossman — Helpman*, 1994B, S. 39), ist keiner dieser Extremfälle besonders realistisch. Die empirische Wirtschaftsforschung weist auf die Konvergenz von Volkswirtschaften (zumindest innerhalb bestimmter Ländergruppen) hin. Auf lange Sicht sind auch Führungswechsel an der technologischen „Vorderfront“ zu beobachten. Solche Aufhol- oder Überholprozesse (bezogen auf den Wissensbestand und die TFP) sind mit den bisher besprochenen Modellen nicht erklärbar.

*Hutschenreiter — Kaniovski — Kryazhimskii* (1995) verallgemeinern das grundlegende endogene Wachstumsmodell von *Grossman — Helpman* (1991, Ch. 3), indem sie das Ausmaß, in dem ein Land am Wissensbestand eines anderen partizipiert, in Abhängigkeit von der Größe seines eigenen Wissensbestands modellieren. Solche Interaktionsbeziehungen zwischen „eigenem“ und „extern“ produziertem Wissen — von *Cohen — Levinthal* (1989) als Absorptionfähigkeit („absorptive capacities“) bezeichnet — wurden sowohl auf der Unternehmens- als auch auf der Makroebene beobachtet<sup>13)</sup>.

Das Modell von *Hutschenreiter — Kaniovski — Kryazhimskii* (1995) umfaßt zwei Länder: Die Wirtschaft eines

<sup>10)</sup> *Mansfield* (1988) ermittelt für Japan (abweichend von den USA) höhere RoR auf die angewandte Forschung (60%) als auf Grundlagenforschung; siehe auch die Ergebnisse von *Hall — Mairesse* (1992) für die französische Industrie. Mögliche Ursachen für geringere RoR auf öffentlich finanzierte F&E sind etwa die Selektionsmechanismen im öffentlichen Förderungssystem oder der Umstand, daß öffentliche F&E-Förderung, insbesondere in großen Ländern auf Bereiche wie die Verteidigungs- oder Raumfahrtindustrie konzentriert ist, von denen geringe Spill-over-Effekte auf die Produktivität anderer Industriezweige ausgehen bzw. in denen die reale Outputmessung notorisch unbefriedigend ist.

<sup>11)</sup> Siehe in diesem Zusammenhang vor allem *Rivera-Batiz — Romer* (1991) und *Grossman — Helpman* (1991); zur Einführung in die endogene Wachstumstheorie siehe etwa *Helpman* (1992), *Grossman — Helpman* (1994A), *Romer* (1994) oder *Hahn* (1993).

<sup>12)</sup> Ausnahmen sind, in einem etwas anderen Zusammenhang, die Analyse von Imitation (*Grossman — Helpman* 1991, *Helpman*, 1993) sowie die Arbeit von *Grossman — Helpman* (1990) nach der sich Wissen gemäß den angenommenen Time-lags innerhalb eines Landes schneller verbreitet als zwischen Ländern.

<sup>13)</sup> Zur Unternehmensebene siehe die Surveys von *Stoneman* (1983), *Baldwin — Scott* (1987) und *Geroski* (1993). Auf der Makroebene taucht dieses Thema in der Literatur über die Konvergenz von Volkswirtschaften auf (Überblick von *Fagerberg*, 1994). Studien zum Test der Konvergenz-Hypothese enthalten häufig die Distanz zum (technologisch) führenden Land als Variable zur Erklärung des Produktivitätswachstums. Gegenüber diesem Quasi-Automatismus betont *Abramovitz* (1986, 1991) die Bedeutung von sozialen Fähigkeiten („social capabilities“) zur Realisierung von Wachstumspotentialen, die sich aus relativer Rückständigkeit ergeben. Diese bestehen u. a. darin, die in den höherentwickelten Ländern angewandten Technologien rasch zu übernehmen.

großen, autarken Landes A befindet sich auf einem Steady-state-Wachstumspfad und wächst exponentiell. Der verfügbare Wissensbestand eines kleinen Landes B setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: dem bislang im eigenen Land hervorgebrachten Wissensbestand und einem Bruchteil des im führenden Land A produzierten kumulierten Wissens. Dabei wird zum einen angenommen, daß aufgrund von Barrieren in der effektiven Wissensverbreitung (etwa durch den Schutz intellektueller Eigentumsrechte, Geheimhaltung, Kommunikationsbarrieren) nur ein Teil des in Land A hervorgebrachten Wissens in einen Pool prinzipiell außerhalb des Landes aneignbaren Wissens eingeht. Zum anderen ist die Fähigkeit des Landes B, in diesem Pool zu „fischen“, eine (zunehmende) Funktion des eigenen Wissensstandes. Der Wissensbestand des technologisch führenden Landes wird hier a priori weder als „lokal“ noch als „global“ behandelt. Darüber hinaus ist die Aneignung extern hervorgebrachten Wissens in diesem Modell nicht kostenlos, da die Herstellung von Absorptionsfähigkeit (durch eigenes Wissen) ihrerseits Ressourcen beansprucht. In diesem Sinn geht das Modell über die Charakterisierung von Wissen als kostenlos aneignbares öffentliches Gut hinaus, wie sie bei den „modernen Klassikern“ des Gebiets (Nelson, 1959, Arrow, 1961) integraler Bestandteil ist.

Auf einem Gleichgewichtspfad<sup>14)</sup> nähert sich die Innovationsrate des Nachzüglers (d. h. die Wachstumsrate der Zahl innovativer Intermediärgüter) jener des Technologieführers an, d. h. die Relation zwischen dem Wissensbestand des Nachfolgers und des Technologieführers ist langfristig annähernd konstant. Sie nimmt mit der relativen Größe des führenden Landes ab, mit der langfristig erreichbaren Absorptionsfähigkeit des Nachzüglers hingegen zu. Der Anteil der F&E-Beschäftigten an der Gesamtbeschäftigung ist langfristig in beiden Ländern annähernd gleich. In der zugrundegelegten Produktionsfunktion für das Endnachfragegut<sup>15)</sup> sind die (identischen) Wachstumsraten des Outputs und der TFP eines Landes proportional zur Innovationsrate. Da die langfristige Innovationsrate eines absorptionsfähigen Nachzüglers höher ist als bei informationeller Autarkie, steigt — gemessen an diesem Referenzszenario — auch die Wachstumsrate des Outputs und der TFP. Die dynamische Gleichgewichtslösung des Modells enthält somit internationale F&E-Spill-overs.

Nach Hutschenreiter — Kaniovski — Kryazhimskii (1995) hat ein absorptionsfähiges kleines Land — anders als im ursprünglichen Modell von Grossman — Helpman (1991) — unter bestimmten Bedingungen auch dann die Möglichkeit, einer „Null-Innovationsfalle“ zu entgehen, wenn die Anfangsbedingungen ungünstig sind (der anfängliche Wert der repräsentativen Firma zu gering ist, um eigene Produktentwicklung vorab finanzieren zu können). Dabei spielt u. a. die Höhe der Innovationsrate des „leaders“ eine Rolle, sodaß es für ein kleines (vermutlich auch technologisch „rückständiges“) Land zielführend erscheint, in-

formationsflüsse aus einem dynamisch innovierenden Land zu erschließen. Dieser Prozeß des Ausbrechens aus einer anfänglichen Position ohne Innovation geht mit internationalen F&E-Spill-overs einher.

**Die neuen Entwicklungen in der ökonomischen Theorie, insbesondere der endogenen Wachstumstheorie, sollten neue, empirisch testbare Modelle hervorbringen und die empirische Forschung über internationale F&E-Spill-overs befruchten.**

Im Gegensatz zu Modellen mit rein lokalem oder rein globalem Wissenskapital läßt das Modell mit Absorptionsfähigkeit auch Aufhol- und Überholprozesse zu. Im zuletzt genannten Fall überholt das nachfolgende das führende Land auch in bezug auf das Niveau der TFP.

### Empirische Evidenz

Die empirische Evidenz zu internationalen F&E-Spill-overs ist bei weitem nicht so umfangreich wie jene über intersektorale F&E-Spill-overs. Neuere Entwicklungen der ökonomischen Theorie — insbesondere die Ausarbeitung der endogenen Wachstumstheorie — sowie die Verfügbarkeit hinreichend langer Zeitreihen für eine Anzahl von Ländern haben die empirische Auseinandersetzung mit internationalen F&E-Spill-overs in jüngster Zeit gefördert.

Angesichts des Stands der Forschung ist es nicht verwunderlich, daß die vorliegenden Ergebnisse uneinheitlich sind. Die Frage nach der Existenz internationaler F&E-Spill-overs könnte jedoch positiv zu beantworten sein. Während frühere Studien (einschließlich Soete — Verspagen, 1993) keine signifikanten internationalen F&E-Spill-overs feststellen, lassen neue Untersuchungen (etwa Bernstein — Mohnen, 1994, Coe — Helpman, 1993, Coe — Helpman — Hoffmaister, 1995) auf die Existenz ausgeprägter internationaler F&E-Spill-overs schließen. Die Ergebnisse weiterer Studien werden von Mohnen (1994) besprochen.

Die Studie von Coe — Helpman (1993) ist auch insofern von besonderem Interesse, als sie zur theoretischen Fundierung auf endogene Wachstumsmodelle von Grossman — Helpman (1991) Bezug nimmt. Unter Verwendung von Panel-Daten (21 OECD-Länder und Israel, 1970/1990) regressieren Coe — Helpman die TFP auf den heimischen F&E-Kapitalbestand und eine „Spill-over-Variable“. Letztere besteht aus dem externen („ausländischen“) Kapitalbestand des jeweiligen Landes (multipliziert mit der Importquote des Landes als Maß der „Offenheit“). Der externe F&E-Kapitalbestand eines Landes wird als Summe der importanteilsgewichteten heimischen F&E-Kapitalbestände der Partnerländer konstruiert.

Nach Coe — Helpman ist sowohl der heimische als auch der externe F&E-Kapitalbestand eines Landes produktivi-

<sup>14)</sup> Als dynamisches Gleichgewicht wird hier eine Trajektorie bezeichnet, entlang welcher — neben den statischen Gleichgewichtsbedingungen des Modells — die Erwartungen über den Wert der repräsentativen Firma zu jedem Zeitpunkt erfüllt sind; dabei wird angenommen, daß die Investoren die repräsentative Firma zu den diskontierten künftigen Gewinnen bewerten. Ein dynamisches Gleichgewicht ist daher durch vollkommene Voraussicht über den Wert des Unternehmens gekennzeichnet.

<sup>15)</sup> Diese ist als Dixit-Stiglitz-Ethier-Produktionsfunktion spezifiziert (Ethier 1982 basierend auf Dixit — Stiglitz 1977).

tätswirksam Externe F&E hat umso größere Produktivitätseffekte, je „offener“ das Land ist. In den großen Industrieländern (G 7) ist die Elastizität bezüglich des heimi-

### Neue empirische Studien deuten auf die Existenz signifikanter grenzüberschreitender F&E-Spill-overs hin.

schen F&E-Kapitalbestands größer als jene bezüglich des externen F&E-Kapitalbestands, während für die meisten kleineren Länder das Gegenteil zutrifft. Die Schätzungen von *Coe — Helpman* (1993) ergeben hohe RoR auf F&E-Investitionen: In den G-7-Ländern betragen die geschätzten RoR auf *eigene* F&E-Investitionen im Durchschnitt (1990) 123% und in den kleineren Ländern 85%. Die *weltweite* RoR auf F&E-Investitionen der G-7-Länder wird hingegen auf 155% geschätzt. Die Differenz von mehr als 30 Prozentpunkten deutet auf substantielle internationale F&E-Spill-overs (von den großen zu den kleineren Ländern) hin. Für Österreich ermitteln *Coe — Helpman* eine überdurchschnittlich hohe Elastizität der TFP in bezug auf den F&E-Kapitalbestand Deutschlands. Sie wird nur von der Elastizität der TFP einiger Länder (Kanada, Israel, Irland, Belgien, Niederlande, Norwegen) in bezug auf den F&E-Kapitalbestand der USA und Belgiens gegenüber Deutschland übertroffen. Die Wirkungen des F&E-Kapitalbestands der USA auf die Produktivität in Österreich sind hingegen unterdurchschnittlich.

gen erweisen sich möglicherweise als ineffizient, da die externen Effekte außerhalb des Integrationsgebietes lukriert werden. Selbst wenn F&E-Subventionen positive Wohlfahrtseffekte innerhalb des Integrationsgebietes haben, könnte sich — bei hinreichend großen Spill-overs — die über das Integrationsgebiet hinaus wirken — dessen *relative* Position verschlechtern. Dies bedeutet einen potentiellen Konflikt zumindest für eine an der relativen Wettbewerbsposition eines Landes oder auch eines Integrationsgebietes ausgerichtete Politik. Daß solche Probleme mit der fortschreitenden Globalisierung des Innovationssystems in wichtigen Hochtechnologisektoren (durch strategische Allianzen zwischen technologisch führenden Unternehmen, Akquisitionen, internationale Allokation von F&E-Einrichtungen usw.) durchaus schlagend werden können, zeigen einige Episoden aus der kurzen Geschichte der Forschungs- und Technologiepolitik der EU<sup>16)</sup>.

In Modellen, die die Absorptionsfähigkeit der Länder berücksichtigen, erhalten „nationale“ F&E-Anstrengungen insofern die erweiterte Rolle eines Instruments zur Nutzung internationaler F&E-Spill-overs (und bleiben gleichzeitig eine Quelle für grenzüberschreitende externe Effekte). Die neueren Entwicklungen der Theorie sind potentiell geeignet, Fragen nach dem geeigneten „Mix“ von nationalen und internationalen Maßnahmen konsistent zu behandeln. Die Einbeziehung des Konzepts der Absorptionsfähigkeit illustriert aber auch, daß der Förderung der Durchlässigkeit der Grenzen in bezug auf Informationsflüsse eine eigenständige Rolle neben traditionellen industriepolitischen Instrumenten (wie F&E-Subventionen) zukommen kann. Die Stimulierung von Informationsflüssen ist u. a. ein wichtiger Aspekt der europäischen Forschungs- und Technologiekooperation.

## Wirtschaftspolitische Überlegungen

Der Nachweis von Spill-over-Effekten ist insofern von wirtschaftspolitischer Bedeutung, als das Auseinanderklaffen von privaten und sozialen Erträgen von Forschungsprojekten und Innovationen öffentliche Förderungen von F&E-Aktivitäten begründet (*Grossman*, 1990) und ihre Effizienz bestimmt. Die in empirischen Studien vorgenommenen Parameterschätzungen (RoR oder F&E-Elastizität des Outputs) sind zwar sicher nicht als exakte Aussagen zu verstehen, vermitteln jedoch eine Vorstellung über Zusammenhänge und Größenordnung der untersuchten Phänomene.

### Die Existenz und geographische Struktur von F&E-Spill-overs ist von durchaus praktischem Interesse für die Industrie- und Technologiepolitik.

Im Gegensatz zu F&E-Spill-overs innerhalb eines Landes liefern internationale F&E-Spill-overs im allgemeinen keine ökonomische Begründung für *nationale* F&E-Subventionen. Wohl aber können sie internationale F&E-Subventionen begründen. Effizienzprobleme können auftreten, wenn internationale F&E-Spill-overs über das in der Regel politisch-institutionell vorgegebene „Fördergebiet“ (etwa ein wirtschaftliches Integrationsgebiet wie die EU) hinaus wirken. Die unter Unsicherheit über die geographische Struktur der Spill-overs entworfenen internationalen Förderun-

## Literaturhinweise

- Abramovitz M. „Resources and Output Trends in the United States Since 1870“ *American Economic Review Papers and Proceedings* 1956 46(2) S 5-23
- Abramovitz M. „Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind“ *Journal of Economic History* 1986 46(2) S 385-406
- Abramovitz, M. „The Postwar Productivity Spurt and Slowdown: Factors of Potential and Realization“ in *OECD* (1991) S 19-35
- Abramovitz M. „The Search for the Sources of Growth: Areas of Ignorance Old and New“ *Journal of Economic History* 1993 53(2) S 217-243
- Arrow K. J. „Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention“ in *Nelson* (1961) S 609-626
- Baily, M. N. Gordon R. J. „The Productivity Slowdown: Measurement Issues and the Explosion of Computer Power“ *Brookings Papers on Economic Activity* 1988 (2) S 347-420
- Baldwin W. L., Scott, J. T. *Market Structure and Technological Change*. Harvard Academic Publishers, Chur, 1987
- Bernstein J. I., Mohnen P. „International R&D Spill-overs between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors“ NBER Working Paper 1994 (4682)
- Bresnahan T. F. „Measuring the Spillover from Technical Advance: Mainframe Computers in Financial Services“ *American Economic Review* 1986 76(4) S 742-755
- Coe, D. T., Helpman E. „International R&D Spill-overs“ IMF Working Paper 1993 (WP/93/84)

<sup>16)</sup> Durch die Übernahme eines am Eureka-Programm Jessi (Joint European Submicron Silicon) beteiligten britischen Unternehmens (ICL) durch ein japanisches Unternehmen (Fujitsu) geriet die europäische Forschungs- und Technologiepolitik 1990 in ein solches Dilemma. Zum Thema „Techno-Nationalismus“ versus „Techno-Globalismus“ siehe *Ostry — Nelson* (1995).

- Coe, D T, Helpman E, Hoffmaister A W, „North-South R&D Spill-overs“ CEPR Discussion Paper 1995 (1133)
- Cohen, W M, Levinthal, D. A., „Innovation and Learning: The Two Faces of R&D“ *Economic Journal* 1989 99(September) S 569-596
- Cukierman A, Hercowitz Z, Leiderman L (Hrsg.) *Political Economy Growth and Business Cycles* MIT Press Cambridge Mass. 1992
- Dixit A, Stiglitz, J E, „Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity“ *American Economic Review* 1977 67(3) S 297-308
- Ethier, W., „National and International Returns to Scale in the Theory of International Trade“ *American Economic Review* 1982 72(3) S 389-405
- Fagerberg J, „Technology and International Differences in Growth Rates“ *Journal of Economic Literature* 1994 32(September) S 1147-1175
- Geroski P A, „Markets for Technology: Knowledge Innovation and Appropriability“ in *Stoneman* (1993)
- Goto A, Suzuki K., „R&D Capital RoR on R&D Investment and Spill-over of R&D in Japanese Manufacturing Industries“ *Review of Economics and Statistics* 1989 71(4) S 555-564
- Griliches Z, „Research Expenditure and Growth Accounting“ in *Williams* (1973) S 59-83
- Griliches, Z., „Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth“ *Bell Journal of Economics* 1979 10(1) S 92-116
- Griliches Z (Hrsg.) *R&D Patents and Productivity* NBER University of Chicago Press Chicago 1984
- Griliches, Z., „The Search for R&D Spill-overs“ *Scandinavian Journal of Economics* 1992 94 Supplement S 75-84
- Griliches Z, Lichtenberg F (1984A), „R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is there Still a Relationship?“ in *Griliches* (1984) S 465-496
- Griliches, Z, Lichtenberg F. (1984B), „Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: A Reexamination“ *Review of Economics and Statistics* 1984 66(2) S 324-329
- Grossman G M, „Promoting New Industrial Activities: A Survey of Recent Arguments and Evidence“ *OECD Economic Studies* 1990 (14) S 87-125
- Grossman G M, Helpman E, „Comparative Advantage and Long-Run Growth“ *American Economic Review* 1990 80(4) S 796-815
- Grossman G M, Helpman E, *Innovation and Growth in the Global Economy* MIT Press Cambridge Mass 1991
- Grossman G M, Helpman E (1994A), „Endogenous Innovation in the Theory of Growth“ *Journal of Economic Perspectives* 1994 8(1) S 23-44
- Grossman G M, Helpman E (1994B), „Technology and Trade“ NBER Working Paper 1994 (4926)
- Hahn F R, *Kapitalproduktivität in der österreichischen Industrie Studie des WIFO im Auftrag der Vereinigung Österreichischer Industrieller und der Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft* Wien 1991
- Hahn F R, „Neuere Entwicklungen in der Wachstumsökonomie“ *WIFO-Monatsberichte* 1993 66(8)
- Hall, B, Mairesse J, „Exploring the Relationships Between R&D and Productivity Growth in French Manufacturing Firms“ NBER Working Paper 1992 (3956)
- Helpman E, „Endogenous Macroeconomic Growth Theory“ in *Cukierman — Hercowitz — Leiderman* (1992) S 83-115
- Helpman, E., „Innovation, Imitation and Intellectual Property Rights“ *Econometrica* 1993 61(6) S 1247-1280
- Hutschenreiter G, *Innovation und Produktivitätsentwicklung in der österreichischen Industrie WIFO (im Rahmen von tip)* Wien 1994
- Hutschenreiter G, Kaniowski Yu M, Kryazhinskii A. V, „Absorptive Capacities and International R&D Spill-overs“ IISA Working Paper 1995 (erscheint demnächst)
- Jaffe A. B, „Technological Opportunity and Spill-overs of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits and Market Value“ *American Economic Review* 1986 76(5) S 984-1001
- Jaffe A B, „Characterizing the Technological Position of Firms with Application to Quantifying Technological Opportunity and Research Spill-overs“ *Research Policy* 1989 (18) S 87-97
- Kendrick, J W., „Total Factor Productivity — What it Does and Does not Measure“ in *OECD* (1991) S 149-156
- Kendrick J W, Vaccara, B N (Hrsg.) „New Development in Productivity Measurement and Analysis“ NBER Studies in Income and Wealth 1980 (44)
- Lach S, Schankerman, M, „Dynamics of R&D and Investment in the Scientific Sector“ *Journal of Political Economy* 1989 97(4) S 880-904
- Levin R C, Klevorick, A. K, Nelson R R, Winter S G, „Appropriating the Returns from Industrial Research and Development“ *Brookings Papers on Economic Activity Special Issue on Microeconomics* 1987 (3) S 783-820
- Lichtenberg, F R, „R&D Investment and International Productivity Differences“ NBER Working Paper 1992 (4161)
- Lichtenberg F R, Siegel D, „The Impact of R&D Investment on Productivity — New Evidence Using Linked R&D-LRD Data“ NBER Working Paper 1989 (2901)
- Link A. N., „Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing: Additional Evidence“ *American Economic Review* 1981 71(4) S 1111-1112
- Maddison A, „Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment“ *Journal of Economic Literature* 1987 25(June) S 649-698
- Mairesse, J, Mohnen P, „Recherche-Développement et productivité Un survol de la littérature économétrique“ *INSEE Economie et Statistique* 1990 (237-238) S 99-108
- Mairesse, J, Sassenou M., „R&D and Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level“ *OECD STI Review* 1991 (8)
- Mansfield, E, „Basic Research and Productivity Increases in Manufacturing“ *American Economic Review* 1980 70(5) S 863-873
- Mansfield E., „How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?“ *Journal of Industrial Economics* 1985 34(2) S 217-223
- Mansfield, E, „Industrial R&D in Japan and in the United States: A Comparative Study“ *American Economic Review Papers and Proceedings* 1988 78(2) S 223-228
- Mansfield E, Rapoport J, Romeo A, Wagner S, Beardsley, G, „Social and Private Returns from Industrial Innovation“ *Quarterly Journal of Economics* 1977 91(2) S 221-240
- Marshall A, *Principles of Economics* 8th Edition MacMillan London 1920
- Mohnen, P., „New Technologies and Interindustry Spill-overs“ *OECD STI Review* 1990 (7)
- Mohnen P., „The Relationship between R&D and Productivity Growth in Canada and Other Major Industrialized Countries“ *Canada Communication Group Ottawa* 1992
- Mohnen P., „The Econometric Approach to R&D Externalities“ *Cahiers de recherche du département des sciences économiques de l'Université du Québec à Montréal* 1994 (9408)
- Nelson R R., „The Simple Economics of Basic Research“ *Journal of Political Economy* 1959 62(3) S 297-306
- Nelson, R. R. (Hrsg.) *The Rate and Direction of Inventive Activity* Princeton University Press Princeton 1962
- OECD *Technology and Productivity The Challenge for Economic Policy The Technology/Economy Programme* Paris 1991
- Ostry, S, Nelson R. R, *Techno-Nationalism and Techno-Globalism Conflict and Cooperation* The Brookings Institution Washington D C 1995
- Pavitt K., „Sectoral Pattern of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory“ *Research Policy* 1984 13 S 343-373
- Petit, P., „New Technology and the Measurement of Services: The Case of Financial Activities“ in *OECD* (1991) S 207-218
- Ravenscraft, D., Scherer, F M, „The Lag Structure of Returns to Research and Development“ *Applied Economics* 1982 14 S 603-620
- Rivera-Batiz L A, Romer P. M, „Economic Integration and Endogenous Growth“ *Quarterly Journal of Economics* 1991 106(2) S 531-555
- Robson M, Townsend, J, Pavitt, K, „Sectoral Pattern of Production and Use of Innovations in the UK: 1945-1983“ *Research Policy* 1988 17 S 1-14
- Romer, P M., „Endogenous Technological Change“ *Journal of Political Economy* 1990 98(5) S 71-102
- Romer P M., „The Origins of Endogenous Growth“ *Journal of Economic Perspectives* 1994 8(1) S 3-22
- Schankerman M., „The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D“ *Review of Economics and Statistics* 1981 63(3) S 454-458
- Soete L, Verspagen B, „Convergence and Divergence in Growth and Technical Change: An Empirical Investigation“ 1993 (mimeo)
- Solow, R M, „Technical Change and the Aggregate Production Function“ *Review of Economics and Statistics* 1957 31 S 312-320
- Sterlacchini A., „R&D Innovations and Total Factor Productivity Growth in British Manufacturing“ *Applied Economics* 1989 21 S 1549-1562
- Stoneman P, *The Economic Analysis of Technical Change* Oxford University Press Oxford 1983
- Stoneman P. (Hrsg.) *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change* Basil Blackwell 1993 (mimeo)
- Terleckyj N, „Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study“ *National Planning Association Washington D C* 1974



Terleckyj N. 'Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development' in *Kendrick - Vaccara* (1980) S 359-377

Terleckyj N. 'Comment' on *Griliches - Lichtenberg* (1984A) in *Griliches* (1984) S 496-501

Trajtenberg, M. *Economic Analysis of Product Innovation*. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1990

Williams, B. R. (Hrsg.), *Science and Technology in Economic Growth*. Macmillan, London-Basingstoke, 1973

Wolff, E. N., Nadiri, M. I. *Spill-over Effects: Linkage Structure, Technical Progress and Research and Development*. C. V. Starr Center Research Report 1987 (87/43)

## Interindustry and International „R&D Spill-overs“ Externalities of Research and Development — Summary

Innovation based on R&D has emerged as a major factor determining the competitive performance of business firms. However, R&D activities may have an observable impact on economic performance not only in the firms performing those activities, but may „spill over“ to other firms, possibly located in other industries or nations. The past two decades witnessed the evolution of a large body of economic literature attempting to quantify own rates of return on R&D within an industry as well as rates of return on external R&D. Although in most cases direct comparison of the estimates presented in those studies is impossible, a large number of studies indicates significant and substantial rates of return both on own and external R&D capital. Moreover, there is evidence that social rates of return considerably exceed private rates of return. The present study reports first estimates of own rates of return on R&D in Austrian manufacturing. Contrary to the estimation results for the 1970s, significant positive own rates of returns on R&D were estimated for the 1980s. This result seems to be due to high rates of return on the development component of R&D expenditure.

At present, research on international R&D spill-overs is much less developed than that on interindustry spill-overs. However, recent advances in economic theory — in particular the development of endogenous growth theory — provide a new and consistent framework to analyze the impact of transborder knowledge spill-overs on key macro-economic variables. So far, this literature has treated knowledge either as a purely „national“ or „international“ public good. The present study outlines the results derived from a new endogenous growth model allowing for interaction between „national“ and „foreign“ knowledge capital („absorptive capacities“). These developments are expected to lead to new testable models of international R&D spill-overs. It is no surprise that the scarce empirical evidence regarding international R&D spill-overs presented so far is mixed. However, recent studies tend to support the hypothesis that substantial international R&D spill-overs do in fact exist. The study concludes that the existence and spatial structure of R&D spill-overs is relevant for the design of efficient R&D subsidies at the national or international level.