

GERNOT HUTSCHENREITER
SERGUEI KANIOVSKI

Der vorliegende Artikel faßt eine Studie des WIFO im Rahmen von „tip“ kurz zusammen: Gernot Hutschenreiter, Serguei Kaniovski (unter Mitarbeit von Kurt Kratena), Embodied Technology Diffusion in the Austrian Economy (80 Seiten, ATS 500,- bzw. EUR 36,34). Das Programm „tip – Technologie: Information, Politikberatung“ beruht auf einer Initiative der Bundesministerien für wirtschaftliche Angelegenheiten sowie für Wissenschaft und Verkehr und wird vom WIFO in Kooperation mit dem Forschungszentrum Seibersdorf durchgeführt. Für wertvolle Anregungen und Hinweise danken die Autoren Hannes Leo sowie den Teilnehmern des „Technical Meeting“ zwischen dem International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) und dem Tokyo Institute of Technology (TIT) unter der Leitung von Professor Chihiro Watanabe (TIT), Laxenburg, 7. bis 8. März 1999. Die Input-Output-Daten wurden von Kurt Kratena erarbeitet. Zu besonderem Dank sind die Autoren George Papaconstantinou (Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, Paris) für seine Unterstützung verpflichtet.

TECHNOLOGIESTRÖME IN DER ÖSTERREICHISCHEN WIRTSCHAFT

Die OECD verwendet seit einigen Jahren Maße des „totalen F&E-Gehalts“ von Outputströmen. Dieser umfaßt nicht nur die direkten Ausgaben für Forschung und Entwicklung, sondern auch den F&E-Gehalt der heimischen und importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter und ist damit ein in vielen Fällen aussagekräftigeres Maß des technologischen Niveaus. In der hier zusammengefaßten Studie werden erstmals Berechnungen des totalen F&E-Gehalts für die österreichische Wirtschaft vorgelegt. Für eine kleine offene Volkswirtschaft sind insbesondere die an Importe gebundenen Technologieströme von Interesse. Der grundlegende Wandel des Musters der Technologieströme illustriert die Entwicklung Österreichs zur Knowledge-based Economy.

Industriezweige unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer direkten F&E-Intensität (d. h. der direkten Ausgaben für Forschung und Entwicklung je Output-einheit), sondern auch in bezug auf die Nutzung externer Quellen von Technologie. Während in manchen Industriezweigen (wie etwa in der pharmazeutischen Industrie) die Innovationsaktivitäten überwiegend auf industrieeigener Forschung und Entwicklung beruhen, beziehen andere Industriezweige Technologie primär aus branchenexternen Quellen. Ähnliches gilt auch für Länder als Ganzes: Während die großen, hochentwickelten Volkswirtschaften sich in hohem Maß auf heimische Forschung und Entwicklung stützen (wenngleich dieses Element der Autarkie im Zuge der Globalisierung erodiert), sind kleine oder weniger entwickelte Länder viel stärker von Technologien abhängig, die im Ausland entwickelt wurden.

MOTIVATION UND ZIELE DER UNTERSUCHUNG

Die direkten F&E-Ausgaben des Unternehmenssektors sind eine wichtige Kennzahl, die sowohl als deskriptiver Indikator als auch als Variable in einer Vielzahl ökonomischer Modelle eingesetzt wird. Direkte F&E-Kennzahlen enthalten jedoch definitionsgemäß keinerlei Information über die Diffusion von Technologie zwischen Industriezweigen oder Ländern und tragen a fortiori nicht zur Beantwortung der Frage bei, wer in welchem Umfang letztlich von den F&E-Anstren-

gungen profitiert, die an einer bestimmten „Stelle“ des ökonomischen Systems unternommen werden. Direkte F&E-Kennzahlen sind daher für viele analytische Anwendungen unbefriedigend. Ein Bereich, in dem dieser Mangel evident wird, ist die empirische Forschung über den Zusammenhang zwischen F&E-Aktivitäten und Produktivitätswachstum (*Hutschenreiter*, 1995, 1998).

Während Statistiken der direkten F&E-Ausgaben des Unternehmenssektors mehr oder weniger regelmäßig bereitgestellt werden, sind Maßzahlen des *totalen F&E-Gehalts* (synonym wird im folgenden der Begriff *Technologiegehalt* verwendet) der Produktion von Branchen oder Ländern nicht laufend verfügbar. Im Rahmen der OECD wurde versucht, den totalen Technologiegehalt von Outputströmen zu quantifizieren, indem die direkten F&E-Ausgaben durch den F&E-Gehalt der heimischen und importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter („indirekte Forschung und Entwicklung“) ergänzt wurden (*Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff*, 1996)¹⁾. Die OECD-Studie war allerdings auf 10 OECD-Länder beschränkt, die in den Datenbeständen der OECD gut erfaßt sind. Aufgrund von Unzulänglichkeiten der Input-Output- und F&E-Statistik zählt Österreich derzeit nicht zu jenen Ländern und wurde daher auch in der OECD-Studie nicht berücksichtigt.

Die vorliegende Studie soll diese Lücke schließen. Erstmals wird versucht, den F&E-Gehalt von Güter- und Dienstleistungsströmen in der österreichischen Wirtschaft zu quantifizieren. Die dabei angewandte Berechnungsmethode entspricht jener der zitierten OECD-Studie.

Es gibt a priori mehrere Gründe, weshalb die vorliegende Untersuchung im österreichischen Kontext von Interesse sein sollte. Zum einen ist die internationale Dimension von Wissens- und Technologiediffusion für kleine Länder von besonderer Bedeutung. In Analogie zum Außenhandel ist zu vermuten, daß die relative Bedeutung grenzüberschreitender „Wissens“- oder „Technologie“-Transaktionen eine abnehmende Funktion der Landesgröße ist. Zum anderen trifft dies – wie die Forschung über Aufhol- und Konvergenzprozesse²⁾ betont – in besonderem Maße auf jene Länder zu, die sich nicht an der technologischen Weltspitze befinden. Derzeit liegen keine empirische Forschungsarbeiten vor, die diese Fragen im österreichischen Kontext behandeln.

Dazu kommt – als spezieller Aspekt – ein „österreichisches Performance-Paradoxon“: Ungünstigen Befunden in bezug auf die geleisteten F&E-Inputs und verschiedene Strukturmerkmale der österreichischen Wirtschaft

¹⁾ Dem totalen F&E-Gehalt und den Innovationsaufwendungen (siehe dazu den Beitrag von H. Leo in diesem Heft) ist gemeinsam, daß sie die (direkten) F&E-Ausgaben um Komponenten erweitern. Während der totale F&E-Gehalt auf Basis von F&E-Daten konstruiert wird, gehen in die Innovationsaufwendungen auch nicht mit Forschung und Entwicklung verbundene Kostenelemente ein.

²⁾ Einen Überblick gibt *Fagerberg* (1994).

steht eine gute makroökonomische Performance gegenüber. Trotz geringer F&E-Investitionen (*Marin*, 1995) war die langfristige Performance der österreichischen Wirtschaft gemessen am Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens und der Produktivität – sowohl im Vergleich zur Entwicklung der Zwischenkriegszeit als auch verglichen mit anderen europäischen Ländern (*Butschek*, 1999) – beachtlich. Diese günstige langfristige Entwicklung wurde u. a. der erfolgreichen Übernahme importierter Technologien zugeschrieben (*Steindl*, 1977). Als Erklärung kann (in der Terminologie der vorliegenden Studie) eine vermutete überdurchschnittliche totale F&E-Intensität dienen, insbesondere durch Investitionsgüterimporte (die Investitionsquote Österreichs ist langfristig relativ hoch).

Die Messung von in Vorleistungs- und Investitionsgütern „enthaltener“ („indirekter“) Forschung und Entwicklung ist bereits für sich genommen von Interesse. Deskriptive Maße für solche „gebundene Technologieströme“ werden heute oft ergänzend zu den traditionellen Wissenschafts- und Technologieindikatoren verwendet (siehe z. B. *European Commission*, 1997, *OECD*, 1998). Darüber hinaus dienen sie aber auch als „Input“ für eine Reihe analytischer Anwendungen. Zu den bekannten Anwendungen von Maßen des F&E-Gehalts zählen ökonomische Analysen des Zusammenhangs zwischen Forschung und Entwicklung und Produktivitätsentwicklung. *Sakurai – Ioannides – Papaconstantinou* (1996) etwa schätzen auf Basis der Daten von *Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff* (1996) die Wirkungen der direkten F&E-Ausgaben und der über Vorleistungs- und Investitionsgüter bezogenen F&E auf das Wachstum der totalen Faktorproduktivität. Auch *Ioannides – Schreyer* (1997) verwenden diese Daten.

NEUERE ENTWICKLUNGEN DER ÖKONOMISCHEN THEORIE

Moderne Volkswirtschaften sind in zunehmendem Maß durch internationale Handels-, Direktinvestitions-, Migrations- und Wissensströme vernetzt. Die Übernahme von im Ausland hervorgebrachtem Wissen oder Innovationen ist wesentlich für die Wachstumsperformance insbesondere von kleinen Ländern. Im letzten Jahrzehnt zeigt die ökonomische Theorie dank einiger neuerer Entwicklungen verstärktes Interesse an der Untersuchung der Rolle der Wissensverbreitung im langfristigen Wachstumsprozeß von Ländern. Seit Anfang der neunziger Jahre werden mit endogenen Wachstumsmodellen – beruhend auf einer Kombination von Wachstums- und Außenhandelstheorie – die Faktoren langfristigen Wachstums im Kontext offener Volkswirtschaften untersucht.

Die traditionelle Außenhandelstheorie befaßte sich mit „gains from trade“ durch Spezialisierung. Diese beruht

Berechnungsmethode

Der totale F&E-Gehalt des Outputs des Industriezweigs j ist definiert durch die Summe

$$TTTL_j = R_j + TINT_j^d + TINV_j^d + TINT_j^m + TINV_j^m,$$

R_j ... direkte F&E-Ausgaben des Industriezweigs, $TINT_j^d$... F&E-Gehalt der durch die Branche bezogenen heimischen Vorleistungsinputs, $TINV_j^d$... F&E-Gehalt der heimischen Investitionsgüter, $TINT_j^m$... F&E-Gehalt der importierten Vorleistungsinputs, $TINV_j^m$... F&E-Gehalt der importierten Investitionsgüter. Die letzten vier Komponenten, die im folgenden präzise definiert werden, ergeben in Summe die „indirekte“ Forschung und Entwicklung.

Die direkte F&E-Intensität eines Industriezweigs ist definiert als deren F&E-Ausgaben je Einheit des Bruttooutputs, d. h.

$$r_i = \frac{R_i}{X_i} \quad (i = 1, \dots, n).$$

Die Leontief-Inverse ist wie üblich definiert durch

$$B = (I - A^d)^{-1},$$

I ... Einheitsmatrix, A^d ... Matrix der heimischen Inputkoeffizienten. Ein charakteristisches Element b_{ij} der Matrix B repräsentiert die direkten und indirekten Erfordernisse an Gut i zur Befriedigung einer Einheit der Endnachfrage nach Gut j ¹⁾.

Der F&E-Gehalt der heimischen Vorleistungsinputs des Industriezweigs j ist gegeben durch

$$TINT_j^d = \sum_{i=1, i \neq j}^n r_i b_{ij}^* X_j.$$

Anstelle der traditionellen „Endnachfrage-Output“-Multiplikatoren (das sind die Elemente der oben eingeführten Standardversion der Leontief-Inversen) werden hier „Output-Output“-Multiplikatoren verwendet (eine detaillierte Erklärung dieses Multiplikatortyps findet sich bei Miller – Blair, 1985). Ein charakteristisches Element b_{ij}^* der „Output-Output“-Multiplikator-Matrix B^* ergibt sich algebraisch aus der Division der Spalten der Leontief-Inversen durch ihr jeweiliges Diagonalelement. Durch die Verwendung von Output-Output-Multiplikatoren anstelle der traditionellen Leontief-Multipli-

katoren wird die Doppelzählung jenes Teils des F&E-Gehalts des Outputs von Industriezweig j vermieden, der bereits in R_j , den direkten F&E-Ausgaben der Branche, enthalten ist.

Der F&E-Gehalt der heimischen Investitionsgüter, die von Branche j bezogen werden, ist definiert durch

$$TINV_j^d = \sum_{i=1}^n r_i \left(\sum_{h=1}^n b_{ih} I_{hj}^d \right),$$

b_{ih} ... Element der üblichen Leontief-Inversen B , I_{hj}^d ... Nachfrage der Branche j nach dem Investitionsgut h .

Der F&E-Gehalt der importierten Vorleistungsinputs des Industriezweigs j ist definiert durch

$$TINT_j^m = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n r_{ik} \alpha_{ik} X_{ij}^m,$$

r_{ik} ... F&E-Intensität der Branche i im Exportland k ($k = 1, \dots, l$), α_{ik} ... Anteil des Landes k an den Gesamtimporten von Gut i , d. h.

$$\alpha_{ik} = \frac{m_{ik}}{\sum_{k=1}^l m_{ik}}.$$

Hier gilt somit die „Import-Proportionalitätsannahme“. Schließlich sei X_{ij}^m die Nachfrage nach dem importierten Vorleistungsgut i durch Industriezweig j .

Der F&E-Gehalt der von Branche j bezogenen importierten Investitionsgüter ist definiert durch

$$TINV_j^m = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n r_{ik} \alpha_{ik} I_{ij}^m,$$

I_{ij}^m ... Investitionsnachfrage des Industriezweigs j nach dem importierten Investitionsgut i .

Der F&E-Gehalt importierter Güter wird hier im Gegensatz zu dem heimischer Güter nur über Erstrundeneffekte erfaßt. Zur Berücksichtigung der Gesamteffekte wäre ein verbundenes internationales Input-Output-Modell erforderlich. Das Volumen des F&E-Gehalts der importierten Güter wird daher sowohl in der vorliegenden Studie als auch in der OECD-Studie unterschätzt.

¹⁾ Interessierte Leser, die nicht mit den grundlegenden Konzepten der Input-Output-Analyse vertraut sind, seien auf Miller – Blair (1985) oder ein anderes Standardlehrbuch der Input-Output-Ökonomie verwiesen.

auf komparativen Vorteilen, die ihrerseits auf Unterschiede der Faktorausstattung und der Technologie der Länder zurückzuführen sind. In jüngerer Zeit wurden steigende Skalenerträge als zusätzliche Quelle von Wohlfahrtsgewinnen gesehen (Helpman – Krugman, 1985). Die endogene Wachstumstheorie schließlich befaßt sich

auch mit dynamischen *increasing returns* und Lernmechanismen (Überblick von Grossman – Helpman, 1995). Dies führte zu neuen Erkenntnissen hinsichtlich der Rolle internationaler Verflechtungen (darunter Wissensströme) als zusätzlicher „Produktivitätstransmissionskanäle“ (Helpman, 1997).

Die endogene Wachstumstheorie³⁾ bietet einen geeigneten analytischen Rahmen, um die ökonomischen Wirkungen internationaler Wissensströme zu bewerten. „F&E-basierte“ endogene Wachstumsmodelle – etwa Romer (1990) oder Grossman – Helpman (1991) –

Internationale Wissens- bzw. Technologieströme sind ein wichtiger zusätzlicher „Produktivitätstransmissionskanal“, insbesondere für kleine offene Volkswirtschaften. Neuere Ansätze der ökonomischen Theorie tragen dieser Tatsache Rechnung.

identifizieren Innovation (insbesondere die Akkumulation und Diffusion von Wissen) als Triebkraft des langfristigen Wirtschaftswachstums. Aus diesen Modellen können verschiedene Hypothesen über die Wirkungen der internationalen Technologiediffusion auf die Produktivitätsentwicklung abgeleitet werden:

- Der Zugang zu einem erweiterten Wissenspool erhöht die Produktivität der F&E-Aktivitäten in den betreffenden Ländern und ermöglicht damit künftiges Produktivitätswachstum. Zusätzlich zu den traditionell beachteten Kanälen der Technologiediffusion (internationaler Handel, Direktinvestitionen usw.) ist dann das Produktivitätswachstum eines Landes positiv korreliert mit dem Grad seiner Offenheit für Informationsflüsse und seiner Fähigkeit, im Ausland produziertes Wissen zu absorbieren und zu nutzen. In diesem Prozeß kann eigene Forschung und Entwicklung die Absorptionfähigkeit gewährleisten (Hutschenreiter – Kaniowski – Kryazhimskii, 1995, Borisov – Hutschenreiter – Kryazhimskii, 1999).
- Internationaler Handel bietet offenen Volkswirtschaften die Möglichkeit, im Ausland entwickelte Inputgüter einzusetzen, die sich qualitativ von heimisch produzierten unterscheiden, und damit die Produktivität zu steigern.
- Sowohl der internationale Handel als auch Direktinvestitionen eröffnen Möglichkeiten zum grenzüberschreitenden Lernen über Produkte, Produktionsprozesse, Marktbedingungen usw.

DIE STRUKTUR DES TOTALEN F&E-GEHALTS

Die hier angewandte Methode zur Quantifizierung des totalen Technologiegehalts von Sachgüter- und Dienstleistungsströmen in der österreichischen Wirtschaft folgt der OECD-Studie von Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff (1996), um internationale Vergleiche zu ermögli-

chen (zum Berechnungsverfahren siehe Kasten „Berechnungsmethode“).

Der Ansatz beruht im wesentlichen auf den folgenden Annahmen:

- Die direkten F&E-Ausgaben sind eine Näherung für den Technologiegehalt von Gütern.
- Intersektorale Inputströme, wie sie in den Input-Output-Tabellen erfaßt werden, sind die Träger von Technologieströmen zwischen Branchen und Volkswirtschaften.
- Die „Importproportionalitäts“-Annahme besagt, daß sich die Importe eines bestimmten Inputgutes proportional über alle Zielbranchen verteilen. Der Anteil des Herkunftslandes an den Gesamtimporten des betreffenden Gutes wird auf alle Zielbranchen angewandt.

In Österreich machen die direkten F&E-Ausgaben knapp die Hälfte des totalen F&E-Gehalts des Outputs aus. Die wichtigste Komponente der „indirekten Forschung und Entwicklung“ sind die importierten und heimischen Vorleistungen. Im Zeitablauf nimmt das Gewicht importierter Technologie zu.

Aufgrund von Beschränkungen, die die Verfügbarkeit von Daten für Österreich auferlegt, waren für die Umsetzung einige Anpassungen, vor allem hinsichtlich des Aggregationsniveaus, nötig (siehe Kasten „Datenquellen“). Da für den Dienstleistungssektor keine geeigneten F&E-Daten zur Verfügung stehen, beziehen sich die direkten F&E-Ausgaben in der vorliegenden Untersuchung wie in der OECD-Studie von Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff (1996) ausschließlich auf den sachgüterproduzierenden Sektor. Der totale F&E-Gehalt ist daher durch die Nichtberücksichtigung sowohl der direkten F&E-Ausgaben des Dienstleistungssektors als auch des Technologiegehalts von Dienstleistungsinputs unterschätzt.

Abbildung 1 zeigt die Struktur des totalen F&E-Gehalts des aggregierten Outputs. Der totale F&E-Gehalt umfaßt die direkten F&E-Ausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors und den F&E-Gehalt der Vorleistungs- und Investitionsgüter, die aus dem sachgüterproduzierenden Sektor stammen und von allen Sektoren (einschließlich Dienstleistungssektor) absorbiert werden. In Österreich machen die direkten F&E-Ausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors (das konventionelle F&E-Maß) etwas weniger als die Hälfte des totalen F&E-Gehalts des aggregierten Outputs aller Sektoren aus. 1994 resultierten 45,2% des totalen F&E-Gehalts aus direkten F&E-Ausgaben und 54,8% aus dem F&E-Gehalt der heimischen und importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter. Die bedeutendste Komponente der indirekten Forschung und Entwicklung ist der F&E-Gehalt der importierten und heimischen Vorleistungsgüter

³⁾ Einen Überblick geben Aghion – Howitt (1998), Barro – Sala-i-Martin (1995), Klenow – Rodriguez-Claire (1997).

Datenquellen

Die OECD-Studie von *Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff* (1996) stützt sich ausschließlich auf Daten der STAN-Datenbasisfamilie der OECD: die eigentliche Structural Analysis (STAN) Database, die Analytical Database for Business Enterprise R&D (ANBERD), die OECD Input-Output Database und die Bilateral Trade Database. Da Österreich weder durch ANBERD noch durch die Input-Output Database erfaßt ist, mußte auf komplementäre nationale Quellen zurückgegriffen werden, die nicht von der OECD harmonisiert sind.

F&E-Ausgaben

Die F&E-Ausgaben des Unternehmenssektors (Business Enterprise Expenditure on R&D – BERD) wurden der OECD Analytical Database for Business Enterprise R&D (ANBERD) entnommen (siehe *OECD*, 1997A). Zur Zeit erfaßt ANBERD 10 OECD-Länder: Australien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Kanada, die Niederlande und die USA. Österreich ist derzeit nicht in ANBERD enthalten. Aus diesem Grund mußte auf die vom ÖSTAT an die OECD gemeldeten offiziellen BERD-Daten (OFFBERD) zurückgegriffen werden (*OECD*, 1997B). Während ANBERD (geschätzte) Zeitreihen für einige Sektoren in der International Standard Industrial Classification (ISIC, Rev. 2) enthält, sind amtliche disaggregierte F&E-Daten für den österreichischen Unternehmenssektor nur für die Jahre 1975, 1984, 1989 und 1993 verfügbar. Aufgrund eines massiven Bruchs der Zeitreihen wurden anstelle der OFFBERD-Daten für 1993 die vom ÖSTAT publizierten F&E-Daten aus der Nichtlandwirtschaftlichen Bereichszählung 1995 verwendet.

Bruttooutput

Daten zum Bruttooutput dienen zur Berechnung der F&E-Intensität der Sektoren und entstammen der OECD Structural Analysis (STAN) Database. Für einige STAN-Sektoren einiger Länder waren keine Bruttooutput-Daten für 1994 verfügbar. Die betreffenden Aggregate wurden mit Brancheninformationen des rezentesten verfügbaren Jahres zerlegt. Dasselbe gilt für die österreichischen Daten.

Außenhandel

Die Anteile der 10 in ANBERD enthaltenen OECD-Länder an den österreichischen Importen wurden jeweils aufgrund der Bilateral Trade Database (BTD) der OECD berechnet. Die anderen Länder wurden in zwei Gruppen zusammengefaßt: die „Dynamic Asian Economies“ (DAE: China, Hongkong, Malaysia, Singapur, Südkorea, Taiwan und Thailand) und die übrigen Länder.

Input-Output-Daten

Input-Output-Tabellen für Österreich sind für die Jahre 1976, 1983, 1988 und 1994 verfügbar. Für jedes dieser Jahre wurden zur Berechnung des totalen F&E-Gehalts die folgenden vier Matrizen verwendet:

- heimische Vorleistungsgüter (Aktivität × Aktivität),
- importierte Vorleistungsgüter (Aktivität × Aktivität),
- heimische Investitionsgüter (Aktivität × Aktivität),
- importierte Investitionsgüter (Aktivität × Aktivität).

Die Matrizen für 1976 und 1983 beruhen auf vom ÖSTAT publizierten Daten. Die Matrizen für 1988 und 1994 stützen sich auf Fortschreibungen der amtlichen Daten durch das WIFO. Aus den ursprünglichen Tabellen Güter × Aktivität wurden auf Basis der Industrietechnologie-Annahme Tabellen Aktivität × Aktivität abgeleitet (siehe z. B. *Miller – Blair*, 1985, Kapitel 5).

Die Input-Output-Daten (1976, 1983, 1988, 1994) und die disaggregierten F&E-Statistiken des Unternehmenssektors (1975, 1984, 1989, 1995) sind für Österreich nicht für dieselben, aber für benachbarte Jahre verfügbar. Daher wurde – als Annäherung – angenommen, daß die F&E-Intensität auf Branchenebene in benachbarten Jahren (1975/76, 1983/84, 1988/89, 1994/95) unverändert blieb.

Spezielle Fragen

Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit von Daten für Österreich ist das Aggregationsniveau etwas höher als in der OECD-Studie von *Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff* (1996). Letztere stützt sich ausschließlich auf die STAN-Datenbasisfamilie der OECD. Während die OECD-Studie 36 ISIC-Sektoren (Rev. 2) verwendet – von denen 22 sachgüterproduzierende Branchen sich mit ANBERD decken –, befaßt sich die vorliegende Untersuchung mit nur 20 Sektoren, von denen 13 zur Sachgüterproduktion zählen.

Um die Konsistenz mit den österreichischen Daten zu erhöhen, wurde der Viersteller „Office and computing machinery“ (#3825 ISIC, Rev. 2) durchwegs dem Dreisteller „elektrische Maschinen“ (#383 ISIC, Rev. 2) zugeschlagen. Der Sektor „Other manufacturing“ fiel mangels F&E-Daten weg.

Da geeignete F&E-Daten für den Dienstleistungssektor nicht verfügbar sind, werden hier wie in *Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff* (1996) nur direkte F&E-Ausgaben im sachgüterproduzierenden Sektor (#3 ISIC, Rev. 2) behandelt. Die sieben Branchen außerhalb der Sachgüterproduktion werden jedoch als Bezieher (Nutzer) von Technologie aus dem sachgüterproduzierenden Sektor berücksichtigt.

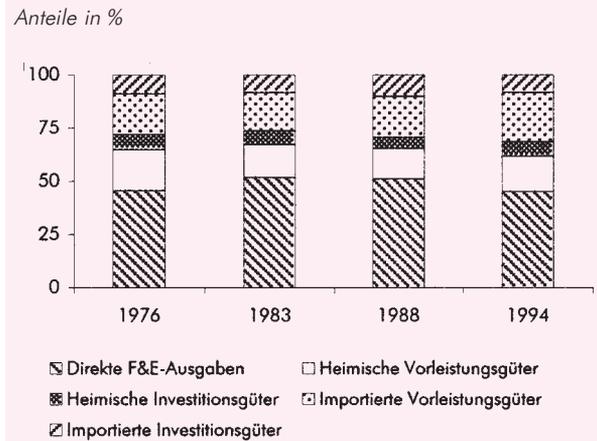
(23,2% bzw. 16,4%), der der importierten und heimischen *Investitionsgüter* ist deutlich geringer (8,3% bzw. 6,8%). Die Zunahme des Anteils der importierten Technologie zwischen 1976 und 1994 ist auf einen Anstieg des F&E-Gehalts der importierten Vorleistungsgüter zurückzuführen. Hingegen folgt der Anteil der direkten F&E-Ausgaben keinem klaren Trend: Er nahm zwischen 1976 und 1983 auf über 50% zu und verringerte sich zwischen 1988 und 1994 wieder auf das Niveau von Mitte der siebziger Jahre (45,6%⁴).

DIE TOTALE F&E-INTENSITÄT IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

Die totale Technologieintensität (hier als das Verhältnis des totalen F&E-Gehalts zum Bruttooutput des sachgüterproduzierenden Sektors definiert) eignet sich in mehrfacher Hinsicht besser als Maß des technologischen Niveaus der Produktion eines Landes (oder Industriezweigs) als die direkte F&E-Intensität. Insbesondere in

⁴) Die Daten für 1994 sind jedoch mit jenen der vorangehenden Jahre nicht voll vergleichbar.

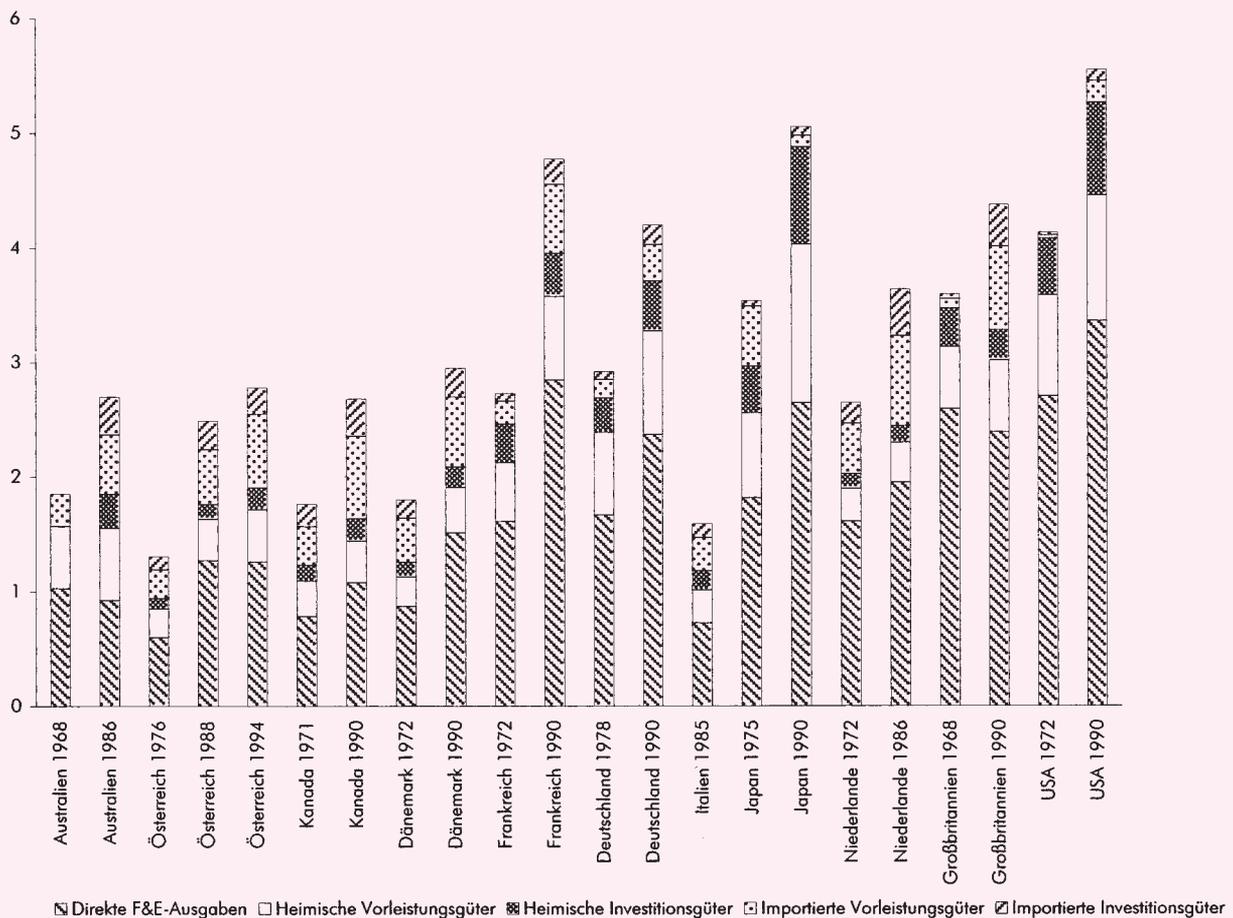
Abbildung 1: Struktur des totalen Forschungs- und Entwicklungsgehalts des Outputs



kleinen und weniger entwickelten Ländern dürfte sie beträchtlich höher sein als die direkte F&E-Intensität. Internationale Vergleiche, die sich allein auf die direkte F&E-Intensität stützen, unterschätzen daher mit hoher Wahr-

Abbildung 2: Technologieintensitäten

Totaler Forschungs- und Entwicklungsgehalt in % der Bruttooutputs der Sachgüterproduktion



scheinlichkeit das technologische Niveau des Produktionssystems solcher Länder.

Österreich vollzog in den siebziger und achtziger Jahren einen dynamischen Aufholprozeß in bezug auf die totale Technologieintensität (Abbildung 2). Diese hat sich zwischen 1976 und 1988 mehr als verdoppelt; sie nahm rascher zu als in den anderen Ländern des Samples und näherte sich jener Kanadas. Diese Entwicklung war hauptsächlich von einer Zunahme der direkten F&E-Investitionen und, in geringerem Ausmaß, von gebundenen Technologieimporten getragen.

Freilich ging der Aufholprozeß von einem relativ niedrigen Niveau aus. Trotz des überdurchschnittlichen Anstiegs ist die totale Technologieintensität deshalb in Österreich im internationalen Vergleich niedrig. Zwischen 1988 und 1994 büßte die Entwicklung an Schwung ein. Während sich das Verhältnis des F&E-Gehalts der Vorleistungsgüter zum Bruttooutput der Sachgüterproduktion weiter erhöhte, stagnierte die direkte F&E-Intensität.

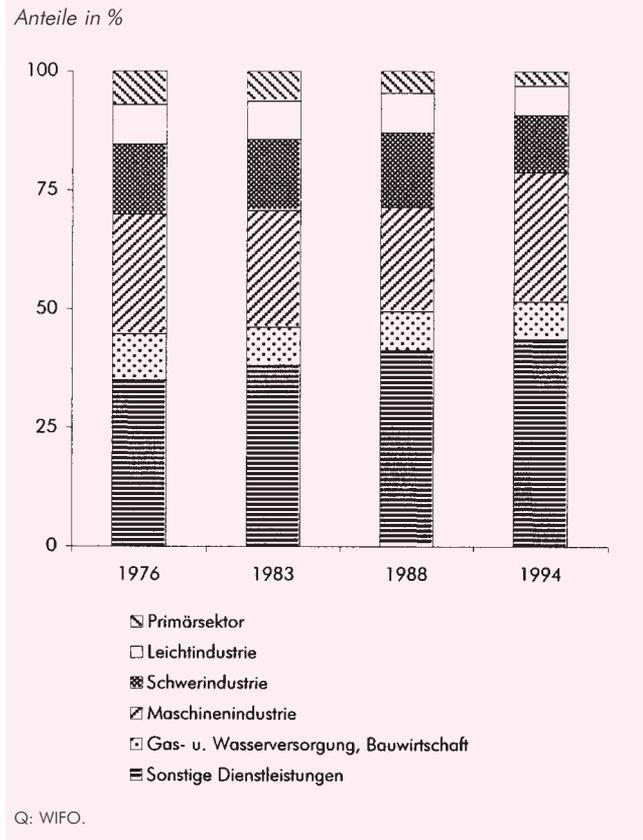
Österreich holte gemessen an der totalen Technologieintensität zwischen 1976 und 1988 stark auf. Danach verlor das Wachstum an Schwung. Gegenüber den führenden OECD-Ländern weist Österreich noch wie vor einen Rückstand auf.

Die Relation der über den Zukauf von Vorleistungs- und Investitionsgütern bezogenen Technologie zu den direkten F&E-Ausgaben variiert nach Ländern beträchtlich (Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff, 1996). „Bezogene Technologie“ („indirekte Forschung und Entwicklung“) ist definiert als der F&E-Gehalt der Vorleistungs- und Investitionsgüter, unabhängig davon, ob diese im Inland oder Ausland produziert werden.

Die direkten F&E-Ausgaben sind in den großen, forschungsintensiven Ländern wie den USA und Frankreich relativ am höchsten. Das Verhältnis von „indirekter Forschung und Entwicklung“ zu direkten F&E-Ausgaben beträgt dort ungefähr 2 : 3. Für Kanada, ein Land mit einer relativ niedrigen F&E-Quote und starken Informations- und Handelsbeziehungen zu seinem großen Nachbarn USA, wurde die inverse Relation (3 : 2) ermittelt. In Australien, einer großteils ressourcenbasierten Volkswirtschaft, erreicht das Verhältnis der indirekten Forschung und Entwicklung zu den direkten F&E-Ausgaben 2 : 1. In diesem Spektrum nimmt Österreich mit einer Relation von annähernd 1 : 1 eine mittlere Position ein. Die Differenzen zwischen den Ländern sind in beträchtlichem Maße auf unterschiedliche Anteile des F&E-Gehalts der Importe, d. h. auf das Gewicht der internationalen Technologiediffusion über Vorleistungs- und Investitionsgüter zurückzuführen.

Wie für eine kleine offene Volkswirtschaft zu erwarten, ist das Verhältnis des F&E-Gehalts der importierten Vorlei-

Abbildung 3: Indirekte Forschung und Entwicklung nach Verwendensektoren



stungs- und Investitionsgüter zu den direkten F&E-Ausgaben in Österreich (0,7 im Jahr 1994) höher als in großen Ländern. Dieser Umstand spiegelt die relativ wichtige Rolle von Importen wider. Die für Österreich errechnete Relation entspricht etwa jener der zwei Länder im OECD-Sample, die am ehesten mit Österreich vergleichbar sind: Sie beträgt in den Niederlanden ebenfalls 0,7 (1993) und in Dänemark 0,6. Für Kanada und Australien lautet die Relation jeweils 0,8.

Die Relation des F&E-Gehalts der importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter zu den direkten F&E-Ausgaben ist in Österreich höher als in großen Ländern, entspricht jedoch den für kleine offene Volkswirtschaften typischen Werten. Es gibt keinen Hinweis auf besondere Vorteile, die Österreich gegenüber vergleichbaren Ländern aus Technologieimporten lukrieren könnte.

Die hier vorgelegten Berechnungen zeigen zwar, daß Österreich stärker als große Länder an der internationalen Technologiediffusion partizipiert; sie geben aber keinen Hinweis auf eine besonders starke „Hebelwirkung“ von Technologieimporten, die Österreich gegenüber vergleichbaren kleinen offenen Volkswirtschaften einen besonderen Vorteil verschaffen würde.

Übersicht 1: Sektorklassifikation

Sektoren	Wirtschaftszweige
Primärsektor	Land- und Forstwirtschaft, Bergbau
Leichtindustrie	Nahrungsmittel und Tabak, Textilien und Leder, Holzverarbeitung und Möbel
Schwerindustrie	Papier und Druckwesen, chemische Erzeugnisse, Glas, Waren aus Steinen und Erden, Grundmetalle
Maschinenindustrie	Metallerzeugnisse, nichtelektrische Maschinen, elektrische Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente
Gas- und Wasserversorgung, Bauwirtschaft	Elektrizität, Gas- und Wasserversorgung, Bauwirtschaft
Sonstige Dienstleistungen	Lagerung und Verkehr, Nachrichtenübermittlung und sonstige Dienstleistungen

In der Untersuchungsperiode 1976 bis 1994 ist ein beträchtlicher Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors als Destination „gebundener“ Technologieströme, d. h. als Nutzer anderswo hervorgebrachter Technologie zu verzeichnen (Abbildung 3). Im Jahr 1976 empfing der Dienstleistungssektor (sonstige Dienstleistungen, ohne Gas- und Wasserversorgung sowie Bauwirtschaft) 35% der gesamten indirekten Forschung und Entwicklung⁵⁾,

1976 blieb der Dienstleistungssektor als Empfänger indirekter Forschung und Entwicklung noch weit hinter der Sachgüterproduktion zurück, 1994 hatte er bereits gleichgezogen.

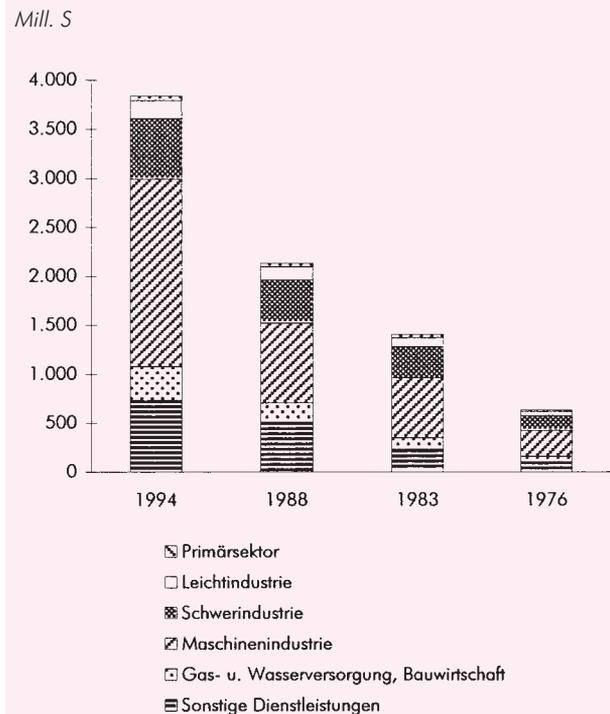
während die Sachgüterproduktion die bei weitem wichtigste Destination gebundener Technologieströme war: Auf die Leichtindustrie, Schwerindustrie und Maschinenindustrie entfielen 48% der gesamten indirekten Forschung und Entwicklung. Dieses Muster hat sich signifikant gewandelt: Der Anteil des Dienstleistungssektors erreichte 1994 44% und war damit fast gleich hoch wie im sachgüterproduzierenden Sektor. Wie erwartet nimmt der Anteil des primären Sektors kontinuierlich ab, während jener der Elektrizitätswirtschaft, Gas- und Wasserversorgung sowie Bauwirtschaft im letzten Jahrzehnt stabil war.

DIE ROLLE VON TECHNOLOGIE-IMPORTEM

Für ein kleines Land wie Österreich spielt die internationale Technologiediffusion eine potentiell bedeutende Rolle im langfristigen Wachstumsprozeß. Wie oben gezeigt wurde, hat aus dem Ausland bezogene indirekte Forschung und Entwicklung in kleinen offenen Volkswirtschaften ein relativ größeres Gewicht als in den großen Volkswirtschaften. Aus diesem Grund werden die Technologieimporte im folgenden näher betrachtet.

⁵⁾ Zur Sektorklassifikation siehe Übersicht 1.

Abbildung 4: Forschungs- und Entwicklungsgehalt der aus Deutschland importierten Vorleistungsgüter nach Zielsektoren



Q: WIFO.

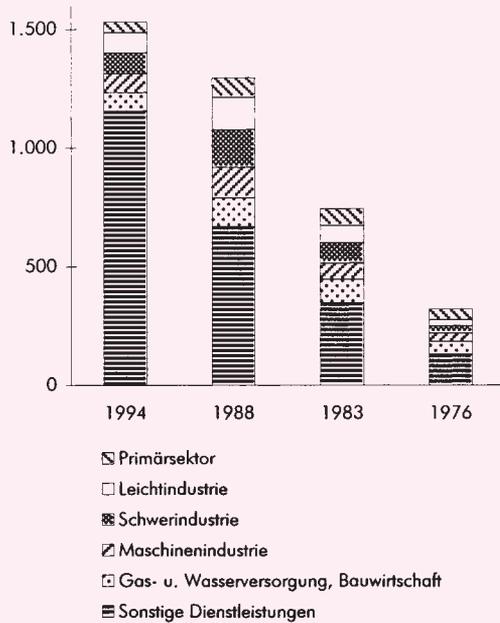
Auf einer allgemeinen Ebene liefert die Untersuchung der Daten folgende drei Beobachtungen:

- Der F&E-Gehalt der importierten Vorleistungsgüter nahm zwischen 1976 und 1994 dramatisch zu. Der F&E-Gehalt der importierten Investitionsgüter wuchs weniger rasch, aber ebenfalls kräftig.
- Deutschland spielt in der österreichischen Wirtschaft eine überragende Rolle als Bezugsquelle von in Vorleistungsgütern enthaltener F&E und eine noch bedeutendere Rolle als Lieferant von in Investitionsgütern gebundener Forschung und Entwicklung.
- Die Maschinenindustrie ist der bei weitem wichtigste Empfänger von Technologie, die in importierten Vorleistungsgütern enthalten ist. Hingegen ist der Dienstleistungssektor (sonstige Dienstleistungen) die weitaus wichtigste Destination von Technologie, die in importierten Investitionsgütern enthalten ist.

Der F&E-Gehalt der aus Deutschland importierten Vorleistungsgüter nahm um einen Faktor 14 von 632 Mill. S im Jahr 1976 auf 8.840 Mill. S im Jahr 1994 zu (Abbildung 4). Dies ist auf den kombinierten Effekt einer sich vertiefenden internationalen Arbeitsteilung und steigender F&E-Intensitäten in der deutschen Sachgüterproduktion zurückzuführen.

Nach Deutschland (und der Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“) sind die USA (8,3%) der zweitwichtigste Technologielieferant für Österreich vor Japan (6,7%)

Abbildung 5: Forschungs- und Entwicklungsgehalt der aus Deutschland importierten Investitionsgüter nach Zielsektoren
Mill. S



Q: WIFO.

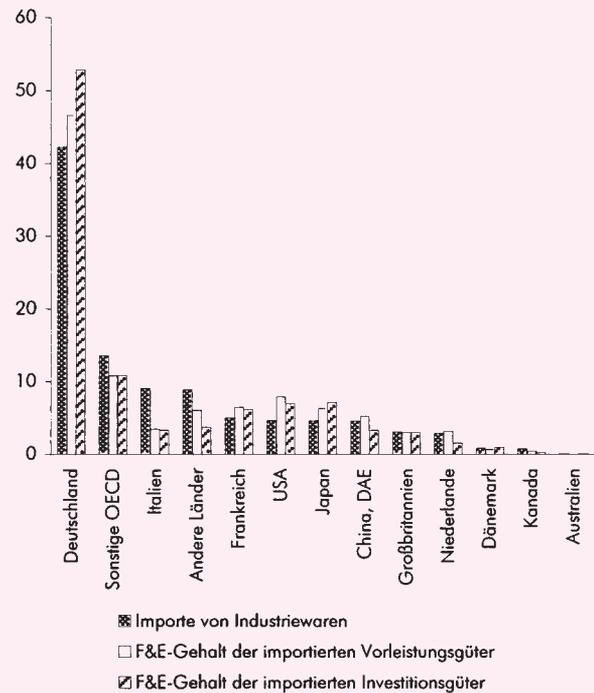
und Frankreich (6,2%). Die Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“ enthält mehrere europäische Handelspartner, darunter – aufgrund des Handelsvolumens mit Österreich bemerkenswert – die Schweiz. Die große Bedeutung der USA als Ursprungsland mag auf den ersten Blick überraschen. Sie reflektiert jedoch sowohl die Struktur der Exporte aus den USA nach Österreich als auch die hohe F&E-Intensität der Sachgüterproduktion in den USA. Die indirekten F&E-Importe über Vorleistungsgüter aus Italien, den Niederlanden und Großbritannien sind gering und erreichen jeweils 250 bis 280 Mill. S (1994). Dem entsprechen Anteile dieser Länder am F&E-Gehalt der importierten Vorleistungsgüter zwischen 3,0% und 3,3%. Die Anteile der anderen Länder sind vernachlässigbar gering.

Deutschland dominiert die gebundenen Technologieimporte – insbesondere durch Investitionsgüter – nach Österreich in noch stärkerem Maße als die Importe von Industriewaren. Das in dieser Hinsicht zweitwichtigste Partnerland sind (abgesehen von der Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“) die USA.

Der F&E-Gehalt der aus Deutschland importierten Investitionsgüter hat sich nominell verfünffacht, nämlich von 321 Mill. S im Jahr 1976 auf 1.531 Mill. S im Jahr 1994 (Abbildung 5). Damit ist er nicht nur absolut viel geringer als jener der Vorleistungsgüter, sondern nahm

Abbildung 6: Importe von Industriewaren und importierte Technologie 1994

Anteile in %



Q: WIFO.

auch viel weniger rasch zu. Auf Deutschland (und die Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“) folgen wieder die USA (8,1%) als zweitwichtigster Lieferant, Japan (7,5%) und Frankreich (6,6%). Die Rangordnung der Top-5-Herkunftsländer ist damit identisch mit der im Vorleistungsimport. Die indirekten F&E-Importe durch Investitionsgüter aus Italien, Großbritannien und den Niederlanden sind gering mit einer Bandbreite von 51 bis 106 Mill. S (1994). Dem entsprechen Anteile zwischen 1,7% und 3,6%. Die Anteile der anderen Länder (Dänemark, Kanada, Australien) sind unbedeutend.

Die Importe indirekter Forschung und Entwicklung aus Übersee, insbesondere aus China und den Dynamic Asian Economies (DAE), Japan und den USA wuchsen in den beiden untersuchten Jahrzehnten besonders rasch. Dies gilt sowohl für Vorleistungs- als auch für Investitionsgüter.

Wie gezeigt spielt Deutschland eine dominante Rolle als Bezugsquelle indirekter Forschung und Entwicklung für die österreichische Wirtschaft. Für sich genommen ist dieses Ergebnis wenig überraschend, da Deutschland der bei weitem wichtigste Handelspartner Österreichs ist. Allerdings übertrifft die Bedeutung Deutschlands als Bezugsquelle indirekter Forschung und Entwicklung sogar sein Gewicht in Österreichs Außenhandel. Während der Anteil Deutschlands an den österreichischen Importen von Industriewaren 42,2% beträgt, erreicht der Anteil

an der in importierten Vorleistungsgütern enthaltenen Forschung und Entwicklung 45,8% (1994). Für Investitionsgüter ist diese Differenz sogar noch ausgeprägter: Deutschland liefert 51,1% der in importierten Investitionsgütern enthaltenen Forschung und Entwicklung (1994).

Abbildung 6 bietet einen Vergleich des Anteils der Herkunftsländer am gesamten österreichischen Industriewarenimport mit deren Anteil an der in importierten Vorleistungsgütern bzw. importierten Investitionsgütern enthaltenen Forschung und Entwicklung. Wie für Deutschland übertrifft der Anteil der USA, Japans und, in geringerem Maß, Frankreichs am F&E-Gehalt der importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter signifikant ihr jeweiliges Gewicht in den österreichischen Industriewarenimporten. Umgekehrt haben Italien und, in geringerem Umfang, die Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“ am F&E-Gehalt der Importströme nach Österreich einen niedrigeren Anteil als an den Industriewarenimporten.

In den fünf Wirtschaftszweigen mit dem größten Beitrag indirekter Forschung und Entwicklung zur totalen Technologieintensität scheint in allen untersuchten Jahren Deutschland als wichtigste Bezugsquelle indirekter Forschung und Entwicklung auf.

In den fünf Wirtschaftszweigen mit dem größten Beitrag indirekter Forschung und Entwicklung zur totalen Technologieintensität scheint in allen vier untersuchten Jahren (Übersicht 2) Deutschland als wichtigste Bezugsquelle importierter Forschung und Entwicklung auf, wengleich der Anteil (insbesondere zwischen 1988 und 1994) rückläufig ist. Die Position Deutschlands gegenüber Österreich ist jedoch nicht einzigartig. Andere Länder weisen ein ähnliches Muster der „Abhängigkeit“ auf. Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff (1996, S. 60) berichten, daß die USA die wichtigste Quelle importierter indirekter Forschung und Entwicklung für alle Top-5-Wirtschaftszweige Kanadas sind. Die Top-5-Wirtschaftszweige aller anderen neun Länder im OECD-Sample weisen zumindest ein zusätzliches „wichtigstes Herkunftsland“ (bzw. Länderaggregat) auf. Das „Technologie-Sourcing“ in der vorliegenden Definition ist dennoch häufig durch ein einziges Land dominiert (Mehrfachnennung eines Herkunftslandes). Über die Länder betrachtet scheinen die USA am häufigsten als wichtigste Quelle von Technologieimporten auf.

DURCHFÜHRUNG UND VERWENDUNG VON FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Die Branchen, die viel Forschung und Entwicklung betreiben („durchführen“), sind generell nicht dieselben, die in hohem Maße indirekte Forschung und Entwick-

Übersicht 2: Beitrag von indirekter Forschung und Entwicklung zur Technologieintensität (Top 5)

	Beitrag zur Intensität			Wichtigstes Herkunftsland	Anteil des wichtigsten Herkunftslandes In %
	Insgesamt	Heimische Technologie	Importierte Technologie		
<i>1976</i>					
Fahrzeuge	1,010	0,217	0,793	Deutschland	48,7
Instrumente	0,965	0,202	0,763	Deutschland	53,6
Elektrische Maschinen	0,711	0,124	0,587	Deutschland	44,9
Nichtelektrische Maschinen	0,441	0,221	0,221	Deutschland	49,6
Metallerzeugnisse	0,383	0,252	0,131	Deutschland	50,2
<i>1983</i>					
Fahrzeuge	1,143	0,209	0,933	Deutschland	56,2
Instrumente	0,654	0,235	0,419	Deutschland	48,7
Elektrische Maschinen	0,650	0,080	0,570	Deutschland	41,4
Metallerzeugnisse	0,492	0,251	0,241	Deutschland	58,8
Nichtelektrische Maschinen	0,364	0,151	0,212	Deutschland	53,4
<i>1988</i>					
Fahrzeuge	1,226	0,198	1,028	Deutschland	57,2
Instrumente	0,711	0,276	0,435	Deutschland	47,4
Elektrische Maschinen	0,623	0,095	0,528	Deutschland	45,5
Chemische Erzeugnisse	0,493	0,092	0,400	Deutschland	51,0
Nichtelektrische Maschinen	0,423	0,140	0,283	Deutschland	52,4
<i>1994</i>					
Fahrzeuge	2,213	0,314	1,899	Deutschland	53,9
Instrumente	1,221	0,525	0,696	Deutschland	37,4
Elektrische Maschinen	1,020	0,112	0,908	Deutschland	40,2
Nichtelektrische Maschinen	0,836	0,304	0,531	Deutschland	45,5
Chemische Erzeugnisse	0,611	0,132	0,479	Deutschland	48,9

Q: WIFO.

lung über Vorleistungs- und Investitionsgüter beziehen. Während die „Durchführung von Forschung und Entwicklung“ eines Industriezweiges unmittelbar durch seine direkten F&E-Ausgaben gegeben ist, hängt die Akquisition von gebundener Technologie – vermittelt über die Struktur der intersektoralen Vorleistungs- und Investitionsgüterströme – von der F&E-Intensität der vorgelagerten Branchen (im Inland und im Ausland) ab.

Am meisten investiert der Bereich „elektrische Maschinen“ in Forschung und Entwicklung. Die Verwendung indirekter Forschung und Entwicklung ist viel weniger konzentriert, als wichtigste „Technologiennehmer“ treten zwei Dienstleistungsbranchen auf.

Übersicht 3 stellt die Top 5 der F&E durchführenden Industriezweige nach ihrem Anteil an den gesamten F&E-Ausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors den Top 5 der technologiebeziehenden Wirtschaftszweige, gereiht nach ihrem Anteil an der gesamten bezogenen Technologie gegenüber.

„Elektrische Maschinen“ war 1994 in bezug auf die F&E-Ausgaben der bei weitem wichtigste Industriezweig in Österreich. Auf diese Branche entfielen fast die Hälfte (47,9%) der gesamten F&E-Ausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors, gefolgt von „chemische Erzeug-

Übersicht 3: Durchführung von Forschung und Entwicklung und Technologieverwendung

Durchführende Branche (Sachgüterproduktion)	
Anteile an den Forschungs- und Entwicklungsausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors in %	
1976	
Chemische Erzeugnisse	25,8
Elektrische Maschinen	16,9
Nichtelektrische Maschinen	11,9
Fahrzeuge	8,1
Grundmetalle	2,9
1983	
Elektrische Maschinen	34,7
Chemische Erzeugnisse	19,2
Nichtelektrische Maschinen	16,3
Fahrzeugbau	11,0
Grundmetalle	2,9
1988	
Elektrische Maschinen	40,0
Chemische Erzeugnisse	18,9
Nichtelektrische Maschinen	14,5
Fahrzeuge	11,9
Glas, Waren aus Steinen und Erden	2,0
1994	
Elektrische Maschinen	47,9
Chemische Erzeugnisse	20,3
Nichtelektrische Maschinen	10,6
Fahrzeuge	7,9
Metallerzeugnisse	4,9
Verwendende Branche	
Anteile an der gesamten indirekten Forschung und Entwicklung in %	
1976	
Sonstige Dienstleistungen	22,5
Bauwirtschaft	9,7
Elektrische Maschinen	8,3
Chemische Erzeugnisse	7,7
Fahrzeuge	6,8
1983	
Sonstige Dienstleistungen	24,5
Elektrische Maschinen	8,4
Bauwirtschaft	8,0
Chemische Erzeugnisse	7,6
Fahrzeuge	7,2
1988	
Sonstige Dienstleistungen	28,3
Bauwirtschaft	8,2
Chemische Erzeugnisse	8,0
Elektrische Maschinen	7,9
Lagerung und Verkehr	7,1
1994	
Sonstige Dienstleistungen	28,9
Lagerung und Verkehr	10,2
Fahrzeuge	9,8
Elektrische Maschinen	9,2
Bauwirtschaft	7,9

Q: WIFO.

nisse“ (20,3%), „nichtelektrische Maschinen“ (10,6%), „Fahrzeuge“ (7,9%) und „Metallerzeugnisse“ (4,9%). Die Durchführung von Forschung und Entwicklung ist somit in Österreich hoch konzentriert. Darüber hinaus scheint die Konzentration im Zeitablauf zugenommen zu haben: Die Top 5 der Industriebranchen vereinigten im Jahr 1976 65,6% der gesamten direkten F&E-Ausgaben des sachgüterproduzierenden Sektors auf sich, verglichen mit 84,1% im Jahr 1983, 87,3% im Jahr 1988 und 91,6% im Jahr 1994. In der Untersuchungsperiode erhöhte sich das Gewicht des Industriezweigs „elektrische Maschinen“ besonders rasch und ist beträchtlich höher als der Anteil, den *Papaconstantinou – Sakurai* –

Übersicht 4: Cluster-Klassifikation

Cluster	Industriebranche
Information	Elektrische Maschinen, Instrumente
Transport	Fahrzeugbau
Konsumgüter	Nahrungsmittel und Tabak, Textilien und Leder
Werkstoffe	Holzverarbeitung und Möbel, Papier und Druckwesen, chemische Erzeugnisse, Glas, Waren aus Steinen und Erden, Grundmetalle
Fertigung	Metallerzeugnisse, nichtelektrische Maschinen

Wykoff (1996, S. 55) für die anderen OECD-Länder (1990) in ihrem Sample eruieren.

Die Verteilung der indirekten Forschung und Entwicklung über die Branchen unterscheidet sich deutlich von jener der direkten F&E-Ausgaben (Durchführung von F&E). Übersicht 3 zeigt wieder die entsprechenden Top 5 der Wirtschaftszweige. Die Konzentration ist hier geringer, und überdies waren die zwei wichtigsten Empfänger von Technologie im Jahr 1994 Dienstleistungsbranchen: sonstige Dienstleistungen (28,9%) sowie Lagerung und Verkehr (10,2%). Erst dann folgen zwei Branchen der Sachgüterproduktion, nämlich Fahrzeuge (9,8%) und elektrische Maschinen (9,2%) vor der Bauindustrie (7,2%). Im Zeitablauf weiteten die beiden führenden Dienstleistungsbranchen ihren Anteil an der gesamten akquirierten Technologie beträchtlich aus, während die anderen Branchen wenig hinzugewannen oder an Bedeutung verloren.

Obwohl die sonstigen Dienstleistungen auch in Österreich zum wichtigsten technologieabsorbierenden Wirtschaftszweig wurden, bleibt ihr Anteil im internationalen Vergleich zurück: In mehreren anderen OECD-Ländern liegt der Anteil der sonstigen Dienstleistungen deutlich über 30%, in Frankreich und Großbritannien bei rund 36% (1993).

AUF DEM WEG IN DIE KNOWLEDGE-BASED ECONOMY

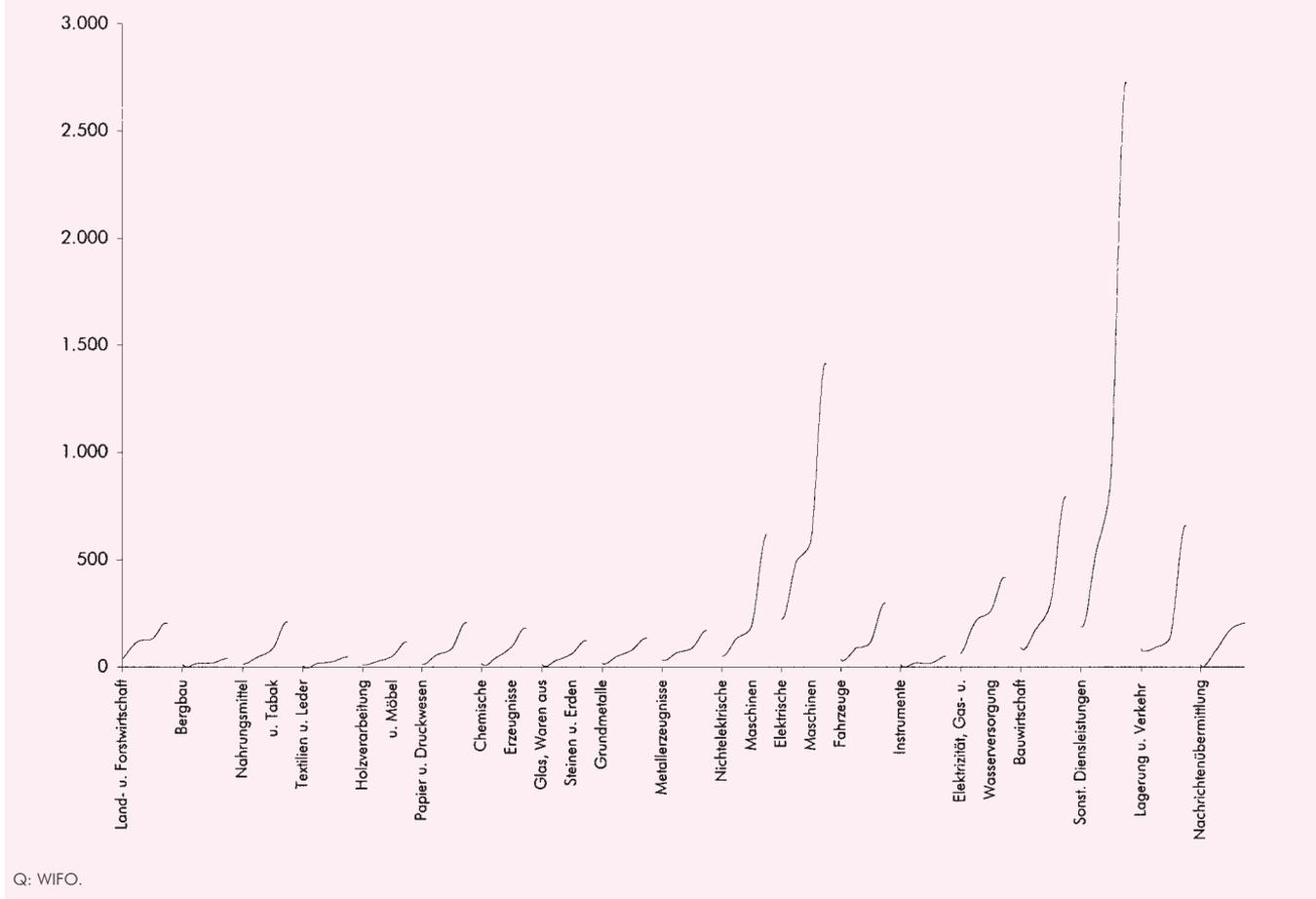
In Analogie zur OECD-Studie von *Papaconstantinou – Sakurai – Wykoff* (1996) wurden die Branchen der Sachgüterproduktion hier zu fünf Quellen-Cluster zusammengefaßt: Information, Transport, Konsumgüter, Werkstoffe und Fertigung. Eine Definition dieser Cluster enthält Übersicht 4. Die Verteilung der akquirierten Technologie (indirekte Forschung und Entwicklung)

Der Wandel des Musters der Technologieströme illustriert Österreichs Entwicklung hin zur Knowledge-based Economy.

nach Quellen-Clustern und beziehenden Wirtschaftszweigen bzw. Sektoren (Übersicht 5) weist auf die mittlerweile überragende Rolle des Informations- und Kommunikationssektors als Technologiequelle hin.

Abbildung 7: Technologiequelle: Informationstechnologie-Cluster

Indirekte Forschung und Entwicklung nach Verwenderbranchen 1976, 1983, 1988 und 1994, in Mill. S



Im Jahr 1994 war der Informationstechnologie-Cluster mit einem Anteil von 43,5% bereits die bei weitem wichtigste Quelle indirekter Forschung und Entwicklung in der österreichischen Wirtschaft, vor dem Werkstoff-Cluster mit 24,3%. Das 1976 vorherrschende Muster (Werkstoff-Cluster 43,6%, Informationstechnologie-Cluster 25,3% der gesamten indirekten Forschung und Entwicklung) hat sich demnach fast völlig umgekehrt. Die Veränderung der Technologieströme aus den anderen Quellen-Cluster (Transport, Konsumgüter und Fertigung) sind unbedeutend. Gleichzeitig wurde der Dienstleistungssektor zum wichtigsten Empfänger indirekter Forschung und Entwicklung (51,6%).

Der Informationstechnologie-Cluster war 1994 die wichtigste Technologiequelle, mit großem Abstand gefolgt vom Werkstoff-Cluster. 1976 war das Muster umgekehrt gewesen.

Auf der Sektor- bzw. Cluster-Ebene erweist sich im Jahr 1994 die vom Dienstleistungssektor absorbierte Informationstechnologie als der quantitativ wichtigste Tech-

nologiestrom (24,4% der gesamten indirekten Forschung und Entwicklung) – 1976 hatte diese Position noch die durch den sachgüterproduzierenden Sektor absorbierte und in Werkstoffen enthaltene Technologie eingenommen (23,1%). Diese Entwicklung spiegelt

Die Absorption indirekter Forschung und Entwicklung aus dem Informationstechnologie-Cluster durch den Dienstleistungssektor ist der quantitativ bedeutendste Technologiestrom. Selbst in der Sachgüterproduktion war der Informationstechnologie-Cluster 1994 die wichtigste Technologiequelle und übertraf damit den Werkstoff-Cluster. Auch hier haben sich die Proportionen seit 1976 grundlegend gewandelt.

einen tiefgreifenden und umfassenden Wandel im Muster der gebundenen Technologieströme wider. Sogar für den sachgüterproduzierenden Sektor war der Informationstechnologie-Cluster zuletzt (1994) die wichtigste Quelle bezogener Technologie (18,0% der gesamten bezogenen Technologie) und übertraf damit den Werk-

stoff-Cluster (13,0%). 1976 hatten die jeweiligen Anteile noch 12,1% und 23,1% betragen.

Zugleich nahm der Anteil der vom Dienstleistungssektor aus dem Informationstechnologie-Cluster bezogenen Forschung und Entwicklung zwischen 1976 und 1994 am stärksten zu (+12,3 Prozentpunkte). Dies ist hauptsächlich auf den Anteilsgewinn der sonstigen Dienstleistungen (+8,6 Prozentpunkte) zurückzuführen.

1994 wurden 55,8% der aus dem Informationstechnologie-Cluster hervorgehenden gebundenen Technologie vom Dienstleistungssektor absorbiert (31,7% von den sonstigen Dienstleistungen), während 41,4% in den sachgüterproduzierenden Sektor flossen. 1976 waren diese beiden Sektoren mit 47% bis 48% der aus dem Informationstechnologie-Cluster bezogenen indirekten Forschung und Entwicklung gleichauf gelegen.

Abbildung 7 illustriert die enorme Steigerung der Absorption von Informationstechnologie durch die sonstigen Dienstleistungen. Nominell nahm dieser Strom zwischen 1976 und 1994 von 0,2 auf 2,7 Mrd. S zu. In den neunziger Jahren verzeichneten auch die Branchen elektrische Maschinen, Bauwirtschaft, nichtelektrische Maschinen sowie Lagerung und Verkehr ein rasches Wachstum der bezogenen Informationstechnologie.

ZUSAMMENFASSUNG

In Österreich machen die direkten F&E-Ausgaben (der F&E-Aufwand der Unternehmen) knapp die Hälfte des totalen F&E-Gehalts des Outputs aus. Die wichtigsten Komponenten der „indirekten Forschung und Entwicklung“ sind importierte und heimische Vorleistungen, Investitionsgüter haben hier geringere Bedeutung. Der Anteil importierter Technologie am totalen F&E-Gehalt wächst längerfristig. Obwohl Österreich in bezug auf die totale F&E-Intensität zunächst aufholte, war diese 1994 im internationalen Vergleich relativ gering.

Im internationalen Vergleich nimmt Österreich mit einem Verhältnis von „indirekter Forschung und Entwicklung“ zu direkten F&E-Ausgaben von rund 1 : 1 eine mittlere Position ein. Deutlich niedriger ist diese Relation in den großen entwickelten Volkswirtschaften. Erwartungsgemäß ist das Verhältnis des F&E-Gehalts der importierten Vorleistungs- und Investitionsgüter zu den direkten F&E-Ausgaben relativ hoch – das gilt aber auch für vergleichbare kleine offene Volkswirtschaften. Hinweise auf eine besondere Position Österreichs durch überdurchschnittliche Technologieimporte gibt es somit nicht. Analysen auf Basis des totalen F&E-Gehalts werden deshalb kaum zur Erklärung des einleitend erwähnten „Performance-Paradoxons“ beitragen können. Analysen der Daten aus Innovationserhebungen versprechen diesbezüglich mehr.

Übersicht 5: Anteile indirekter Forschung und Entwicklung 1994

	Infor- mation	Trans- port	Quellencluster		Fertigung	Ins- gesamt
			Konsum- güter	Werk- stoffe		
In %						
<i>Primärsektor</i>	1,21	0,24	0,06	0,83	0,65	3,00
Land- und Forstwirtschaft	1,01	0,18	0,06	0,64	0,52	2,41
Bergbau	0,20	0,06	0,00	0,19	0,13	0,59
<i>Sachgütererzeugung</i>	18,02	8,71	0,49	12,97	5,25	45,44
Nahrungsmittel und Tabak	1,06	0,28	0,14	0,92	0,74	3,14
Textilien und Leder	0,24	0,05	0,11	0,68	0,18	1,26
Holzverarbeitung und Möbel	0,59	0,13	0,04	0,65	0,38	1,79
Papier und Druckwesen	1,04	0,11	0,02	0,72	0,38	2,28
Chemische Erzeugnisse	0,91	0,16	0,04	4,25	0,59	5,96
Glas, Waren aus Steinen und Erden	0,62	0,12	0,01	0,59	0,31	1,65
Grundmetalle	0,68	0,06	0,01	1,09	0,27	2,11
Metallerzeugnisse	0,86	0,09	0,01	0,63	0,45	2,03
Nichtelektrische Maschinen	3,13	0,74	0,02	0,91	0,86	5,66
Elektrische Maschinen	7,13	0,14	0,04	1,49	0,42	9,22
Fahrzeuge	1,50	6,82	0,02	0,86	0,64	9,85
Instrumente	0,26	0,01	0,01	0,18	0,04	0,50
<i>Dienstleistungssektor</i>	24,25	8,25	0,67	10,55	7,84	51,56
Elektrizität, Gas- und Wasserversorgung	2,10	0,15	0,01	0,28	0,28	2,83
Bauwirtschaft	4,01	0,54	0,03	2,23	1,12	7,93
Sonstige Dienstleistungen	13,76	3,08	0,56	6,64	4,93	28,97
Lagerung und Verkehr	3,33	4,08	0,06	1,32	1,47	10,25
Nachrichtenübermittlung	1,04	0,40	0,01	0,08	0,04	1,58
<i>Insgesamt</i>	43,48	17,21	1,22	24,35	13,75	100,00

Q: WIFO.

Deutschland hat für Österreich eine herausragende Bedeutung als Bezugsquelle importierter Technologie. Deutschland dominiert die Technologieimporte – insbesondere in Form von Investitionsgütern – in noch stärkerem Maße als die österreichischen Importe von Industriewaren. Das in dieser Hinsicht zweitwichtigste Partnerland sind (abgesehen von der Gruppe der „sonstigen OECD-Länder“) die USA.

Der Wandel im Muster der Technologieströme in den zwei untersuchten Jahrzehnten illustriert eindrucksvoll die Entwicklung Österreichs in Richtung einer „Knowledge-based Economy“. Zum einen hat der Dienstleistungssektor als Destination von Technologieströmen erheblich an Bedeutung gewonnen und bis 1994 mit der Sachgüterproduktion gleichgezogen. Zum anderen wächst das Gewicht des Informationstechnologie-Clusters rasch: Bereits im Jahr 1994 war der Informationstechnologie-Cluster die mit Abstand wichtigste Technologiequelle vor dem Werkstoff-Cluster. Seit 1976 haben sich die Relationen damit nahezu vollständig umgekehrt.

Vom Dienstleistungssektor absorbierte indirekte Forschung und Entwicklung aus dem Informationstechnologie-Cluster ist der quantitativ bedeutendste Technologiestrom. Selbst in der Sachgüterproduktion war der Informationstechnologie-Cluster 1994 die wichtigste Technologiequelle und übertraf damit den Werkstoff-Cluster. Auch hier haben sich die Relationen seit 1976 grundlegend gewandelt.

LITERATURHINWEISE

- Aghion, Ph., Howitt, P., *Endogenous Growth Theory*, M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1998.
- Barro, R. J., Sala-i-Martin, X., *Economic Growth*, McGraw Hill, New York, 1995.
- Borisov, V., Hutschenreiter, G., Kryazhinskii, A., „Asymptotic Growth Rates in Knowledge-Exchanging Economies“, *Annals of Operations Research*, 1999 (forthcoming).
- Butschek, F., „Institutional Continuity and Economic Growth – The Case of Austria“, *WIFO Working Papers*, 1999, (115).
- European Commission, *Second European Report on S&T Indicators 1997*, Luxemburg, 1997.
- Fagerberg, J., „Technology and International Differences in Growth Rates“, *Journal of Economic Literature*, 1994, 32(September), S. 1147-1175.
- Grossman, G. M., Helpman, E., *Innovation and Growth in the Global Economy*, M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1991.
- Grossman, G., Helpman, E., „Technology and Trade“, in Grossman, G., Rogoff, K. (Hrsg.), *Handbook of International Economics*, Vol. III, North Holland, Amsterdam-New York, 1995, S. 1279ff.
- Helpman, E., „R&D and Productivity: The International Connection“, *NBER Working Paper*, 1997, (6101).
- Helpman, E., Krugman, P., *Market Structure and Foreign Trade*, M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1985.
- Hutschenreiter, G., „Intersektorale und internationale 'F&E-Spillovers'. Externe Effekte von Forschung und Entwicklung“, *WIFO-Monatsberichte*, 1995, 68(6), S. 419-427.
- Hutschenreiter, G., „Produktivität und Technologiediffusion“, *Wirtschaftspolitische Blätter*, 1998, 45(1), S. 28-37.
- Hutschenreiter, G., Kaniovski, Y. M., Kryazhinskii, A. V., „Endogenous Growth, Absorptive Capacities and International R&D Spillovers“, *IIASA Working Paper*, 1995, (WP-95-92).
- Ioannides, E., Schreyer, P., „Technology and Non Technology Determinants of Export Share Growth“, *OECD Economic Studies*, 1997, 28(1), S. 169-204.
- Klenow, P. J., Rodriguez-Claire, A., „Economic Growth: A Review Article“, *Journal of Monetary Economics*, 1997, 40(3), S. 597-617.
- Marin, D., „Learning and Dynamic Comparative Advantage: Lessons From Austria's Post-War Pattern of Growth for Eastern Europe“, *CEPR Discussion Paper*, 1995, (1116).

Austria's Technology Flows – Summary

The OECD has been measuring the total research and development content of output flows for several years. This measure not only includes direct R&D expenditures, but also the research and development content of intermediate and investment goods, both domestic and imported. In many cases, this presents a more meaningful approach to measuring technology levels. For the first time, computations of the total research and development content of output were carried out for the Austrian economy. The results are presented in this study.

In Austria, direct expenditures on research and development in the business sector account for not quite half of the total research and development content of aggregate output. The most important components in the "indirect R&D" category are imported and domestic intermediate goods. In the longer run, the share of imported technology in the total R&D content of output is increasing. Although initially Austria was able to catch up (from 1976 to 1988), research and development expenditures were still low by international standards in 1994.

With a ratio of "indirect" to "direct" research and development expenditures close to 1 : 1, Austria holds a middle position in the international community. In large, advanced economies this ratio is significantly lower. For a small open economy technology flows embodied in imports are particularly relevant. As expected, the ratio of imported intermediate and capital goods to direct expenditures on research and development is relatively high by international standards. However, the same holds true for comparable small

open economies. Thus, there is no evidence that Austria holds an extraordinary position based on above-average imports of technology.

Germany plays a remarkable role as a supplier of imported technology to Austria. Germany dominates technology imports – in particular through investment goods – to an even higher degree than Austria's imports of manufacturing goods. The USA is the second most important partner country in this respect (apart from the "other OECD" group of countries including Switzerland).

The change in the pattern of technology flows over the two decades examined provides an impressive picture of Austria's evolution towards a "knowledge-based economy". On the one hand, the service sector has gained significantly in importance as a destination of technology flows, catching up with manufacturing by 1994. On the other hand, the weight of the information technology cluster has been increasing rapidly: Already in 1994, the information technology cluster was by far the most important source of technology, outweighing the materials cluster. Thus, the relations prevailing in 1976 have been almost completely reversed.

Indirect research and development originating in the information technology cluster and absorbed by the service sector constitutes the most important flow of technology. Even for the manufacturing sector, the information technology cluster was the most important source of technology in 1994, thus outperforming the materials cluster. Here, too, the relations have undergone a fundamental change since 1976.

- Miller, R. E., Blair, P. D., *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1985.
- OECD (1997A), *The OECD STAN Database for Industrial Analysis 1976-1995*, Paris, 1997.
- OECD (1997B), *Research and Development Expenditure in Industry 1974-95*, Paris, 1997.
- OECD, *Technology, Productivity and Job Creation – Best Policy Practices*, Paris, 1998.
- Papaconstantinou, G., Sakurai, N., Wykoff, A., „Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries“, STI Working Papers, 1996, (1).
- Rivera-Batiz, L. A., Romer, P. M., „Economic Integration and Endogenous Growth“, *Quarterly Journal of Economics*, 1991, 106(2), S. 531-555.
- Romer, P. M., „Endogenous Technological Change“, *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5), S. 71-102.
- Sakurai, N., Ioannides, E., Papaconstantinou, G., „The Impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries“, STI Working Papers, 1996, (2).
- Scherer, F. M., „Using Linked Patent and R&D Data to Measure Inter-industry Technology Flows“, in Griliches, Z. (Hrsg.), *R&D, Patents, and Productivity*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Chicago, 1984, S. 202-212.
- Steindl, J., „Import and Production of Know-How in a Small Country“, in Saunders, C. T. (Hrsg.), *Industrial Policies and Technology Transfer between East and West*, Springer, Wien-New York, 1977, S. 211-218.