

Klodt, Henning

Working Paper — Digitized Version

Technologietransfer und internationale Wettbewerbsfähigkeit

Kiel Working Paper, No. 351

Provided in Cooperation with:

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

Suggested Citation: Klodt, Henning (1989) : Technologietransfer und internationale Wettbewerbsfähigkeit, Kiel Working Paper, No. 351, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/498>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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

Kieler Arbeitspapiere Kiel Working Papers

Kieler Arbeitspapier Nr. 351

**TECHNOLOGIETRANSFER UND
INTERNATIONALE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT**

Henning Klodt

Februar 1989

Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel
The Kiel Institute of World Economics

ISSN 0342 - 0787

Institut für Weltwirtschaft
Forschungsabteilung I
Düsternbrooker Weg 120
D-2300 Kiel 1

Kieler Arbeitspapier Nr. 351

**TECHNOLOGIETRANSFER UND
INTERNATIONALE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT**

Henning Klodt
Februar 1989

A. 807/89
Weltwirtschaft
Klodt

Für Inhalt und Verteilung der Kieler Arbeitspapiere ist der jeweilige Autor allein verantwortlich, nicht das Institut.

Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregung und Kritik direkt an den Autor zu wenden und etwaige Zitate vorher mit ihm abzustimmen.

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite:</u>
I. EINLEITUNG.....	2
II. WANDEL DER AUSSENHANDELSSTRUKTUR IM CATCH-UP PROZESS.....	4
1. Ein Technology-gap-Modell des internatio- nalen Handels.....	4
2. Internationale Wettbewerbsposition deut- scher Investitionsgüterindustrien.....	7
III. MOBILES UND IMMOBILES TECHNISCHES WISSEN.....	14
1. Ein modifiziertes Technology-gap-Modell...	14
2. Sektorale Differenzierungen im High-Tech- Bereich.....	18
IV. SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	21
ANHANG.....	24
LITERATUR.....	25

Obwohl die Industrieländer die Nachahmung gern und häufig kritisieren, Abweichungen von ihrem Vorbild scheinen ihnen noch verdächtiger.

Alexander Gerschenkron

I. EINLEITUNG*

Die Bundesrepublik gilt traditionell als besonders günstiger Standort für die Produktion von Investitionsgütern. Überall dort, wo es auf präzise Fertigung, solide Werkstofftechnik und kundenspezifische Problemlösungen ankommt, werden die Stärken der deutschen Exportwirtschaft gesehen. Ausschlaggebend dafür sei ein technologischer Vorsprung gegenüber dem Ausland in diesem Bereich, der sich auf eine hohe Forschungsintensität und vor allem auf überdurchschnittlich qualifizierte Ingenieure und Facharbeiter gründe.

Die Außenhandelsentwicklung der letzten Jahre steht in auffälligem Kontrast zu diesem Bild. Im Zuge des seit 1984 anhaltenden Exportbooms hat sich vor allem die Wettbewerbsposition deutscher Verbrauchsgüterhersteller verbessert, während die Investitionsgüterhersteller unter verschärften Druck der ausländischen Konkurrenz geraten sind. Die technologisch bedingten Wettbewerbsvorteile der deutschen Industrie sind offenbar geringer geworden.

Die veränderte Situation auf den Weltmärkten hat ihren wirtschaftspolitischen Niederschlag in der Auseinandersetzung um die Qualität des "Unternehmensstandorts Bundesrepublik" gefunden. Im Zentrum der facettenreichen Standortdebatte, die gegenwärtig geführt wird, steht eindeutig die internationale Wettbewerbsfähigkeit¹. Dabei ist diese Diskussion im Kern

¹ Vgl. Fels (1988), Bierich (1988); Institut der deutschen Wirtschaft (1988); Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (1988, S. 101 ff.).

* Beitrag zum Seminar zur Geschichte der Wirtschaftspolitik in der Bundesrepublik Deutschland "Die siebziger Jahre - Der Weg in die Stagnation" vom 24. bis 26. Januar 1989 im Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

keineswegs neu. Bereits in den sechziger Jahren wurde unter dem Eindruck des Entwicklungsgefälles zwischen Nordamerika und Westeuropa das Schlagwort der "technologischen Lücke" geprägt, in den siebziger Jahren ging es um die "japanische Herausforderung" und in den frühen achtziger Jahren um die Weltmarktposition der "High-Tech-Industrien"¹.

Wie wettbewerbsfähig ein Land ist, läßt sich daran ablesen, inwieweit es seine komparativen Vorteile in der internationalen Arbeitsteilung zu nutzen versteht. Dies zeigt sich an der Güterstruktur im Außenhandel und nicht am absoluten Niveau der Exporte und Importe oder am Saldo der Handelsbilanz. Im folgenden geht es daher vorrangig um die Veränderung der sektoralen Spezialisierungsmuster der deutschen Wirtschaft.

Im Mittelpunkt steht die Hypothese, daß die trendmäßigen Veränderungen in der Güterstruktur des Außenhandels in erster Linie als Reflex veränderter Muster des internationalen Technologietransfers gedeutet werden können. Dabei geht es zum einen um die Auswirkungen internationaler Aufholprozesse auf die komparativen Wettbewerbsvorteile bei technologieintensiven und weniger technologieintensiven Gütern (Abschnitt II). Zum anderen geht es um die zunehmende internationale Mobilität des technischen Wissens, die zu einem grundlegenden Wandel der internationalen Arbeitsteilung innerhalb des Segments der technologieintensiven Güter geführt hat (Abschnitt III).

¹ Die letztgenannte Diskussion wurde insbesondere von der Strukturberichterstattung ausgelöst. Vgl. Gerstenberger (1983); HWWA-Institut für Wirtschaftsforschung (1983); Schmidt et al. (1984).

II. WANDEL DER AUSSENHANDELSSTRUKTUR IM CATCH-UP-PROZESS

1. Ein Technology-gap-Modell des internationalen Handels

In der Außenhandelstheorie ist eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze verfügbar, aus der jeweils eine problemadäquate Auswahl getroffen werden muß. Wenn es um die Analyse von Nettoströmen im Außenhandel geht, liefert die Theorie des inter-industriellen Handels die Basis, während Analysen der Bruttoströme in der Theorie des intra-industriellen Handels anzusiedeln sind. Bei der einleitend zugrundegelegten Interpretation des Begriffs der internationalen Wettbewerbsfähigkeit kommt es auf die sektoral unterschiedlichen Nettoströme an, es geht also um inter-industriellen Handel.¹

Innerhalb der Theorie des inter-industriellen Handels ist wiederum zu unterscheiden, inwieweit die Erklärungsansätze, auf international unterschiedliche Faktorrelationen (Heckscher-Ohlin-Modelle) oder auf internationale Technologieunterschiede abstellen (Ricardo-Modelle). Da es in dem vorliegenden Beitrag um die Veränderung internationaler Technologieunterschiede durch den grenzüberschreitenden Transfer technischen Wissens geht, liefern die Ricardo-Modelle den angemessen analytischen Hintergrund.

Nach dem Theorem der komparativen Kosten wird sich ein Land verstärkt auf die Produktion jener Güter spezialisieren, bei denen es einen technologischen Vorsprung gegenüber dem Ausland gewinnt oder einen technologischen Rückstand aufholt. Sektoral unterschiedliche Veränderungen im technologischen Gefälle zwischen dem In- und Ausland induzieren damit entsprechende Veränderungen in der Güterstruktur des Außenhandels.

¹ Für einen exzellenten Überblick über die wichtigsten Entwicklungslinien der Außenhandelstheorie siehe Deardorff (1985).

Im Ricardo-Modell in seiner allgemeinen Form läßt sich allerdings a priori wenig darüber sagen, wie sich die Entwicklung globaler Technologieunterschiede zwischen verschiedenen Ländern auf die nationalen Spezialisierungsmuster auswirkt. Es kommt stets darauf an, in welchen Sektoren das relative Technologiegefälle größer und in welchen es kleiner wird. Um die Konsequenzen branchenübergreifender Catch-up-Prozesse für die Struktur des Außenhandels aufzeigen zu können, hat Krugman (1985) ein spezielles Ricardo-Modell vorgestellt, das sich wie folgt skizzieren läßt:

- Der Einfluß internationaler Unterschiede bei der relativen Faktorausstattung wird durch die Annahme ausgeschaltet, daß der Faktor Arbeit der einzige Produktionsfaktor ist. Internationale Technologieunterschiede sind damit unmittelbar an unterschiedlichen Niveaus der Arbeitsproduktivität ablesbar.
- Die jeweils effizienteste Technologie für die verschiedenen Güter (z) ist dadurch gekennzeichnet, daß der benötigte Arbeitseinsatz pro Outputseinheit (a^*) mit konstanter Rate pro Zeiteinheit fällt.

$$(1) \quad a^*(z) = e^{-f_z t}$$

Die güterspezifische Fortschrittsrate f_z kann als Index für die Technologieintensität des Gutes z angesehen werden.

- Der Rückstand der im Land j verfügbaren Technologie gegenüber der best-practice technology läßt sich in einer länderspezifischen Zeitspanne λ_j ausdrücken. Innerhalb eines Landes ist der Imitationslag λ_j für alle Branchen gleich. Für die Arbeitskoeffizienten des Landes j gilt demnach

$$(2) \quad a_j(z) = e^{-f_z (t - \lambda_j)}$$

Gegenüber einem technologisch weniger entwickelten Land k ($\lambda_k > \lambda_j$) ist der Produktivitätsvorsprung des Landes j um so größer, je technologieintensiver das jeweilige Gut ist.

$$(3) \quad a_k(z) / a_j(z) = e^{f_z (\lambda_k - \lambda_j)}$$

Hochentwickelte Länder verfügen somit über komparative Vorteile bei der Produktion technologieintensiver Güter.

- Mit zunehmendem Entwicklungsniveau eines Landes steigt der Lohnsatz. Dadurch sind die Handelsbilanzen der einzelnen Länder stets ausgeglichen, und die Handelsströme werden von den jeweiligen komparativen Vorteilen gelenkt.

In diesem Technology-gap-Modell sind die Konsequenzen eines veränderten internationalen Technologietransfers für die komparativen Vorteile der einzelnen Länder eindeutig determiniert. Wird beispielsweise technisches Wissen aus einem hochentwickelten Land j in ein weniger entwickeltes Land k transferiert, verringert sich das Lohngefälle zwischen den beiden Ländern. Zugleich verringert sich der Produktivitätsvorsprung des Landes j , und zwar bei technologieintensiven Gütern stärker als das Lohngefälle und bei weniger technologieintensiven Gütern schwächer als das Lohngefälle.

Im Zuge eines Aufholprozesses weniger entwickelter Länder nehmen die komparativen Vorteile hochentwickelter Länder bei technologieintensiven Gütern also ab, und sie verbessern ihre Wettbewerbsposition bei Gütern mit geringer Technologieintensität. Dieses Ergebnis kontrastiert mit der weit verbreiteten Vorstellung, daß sich die Industrieländer bei einem verschärften Wettbewerb aus den Schwellenländern noch stärker auf den High-Tech-Bereich spezialisieren müßten, um auf den Weltmärkten konkurrenzfähig zu bleiben.

2. Internationale Wettbewerbsposition deutscher Investitionsgüterindustrien

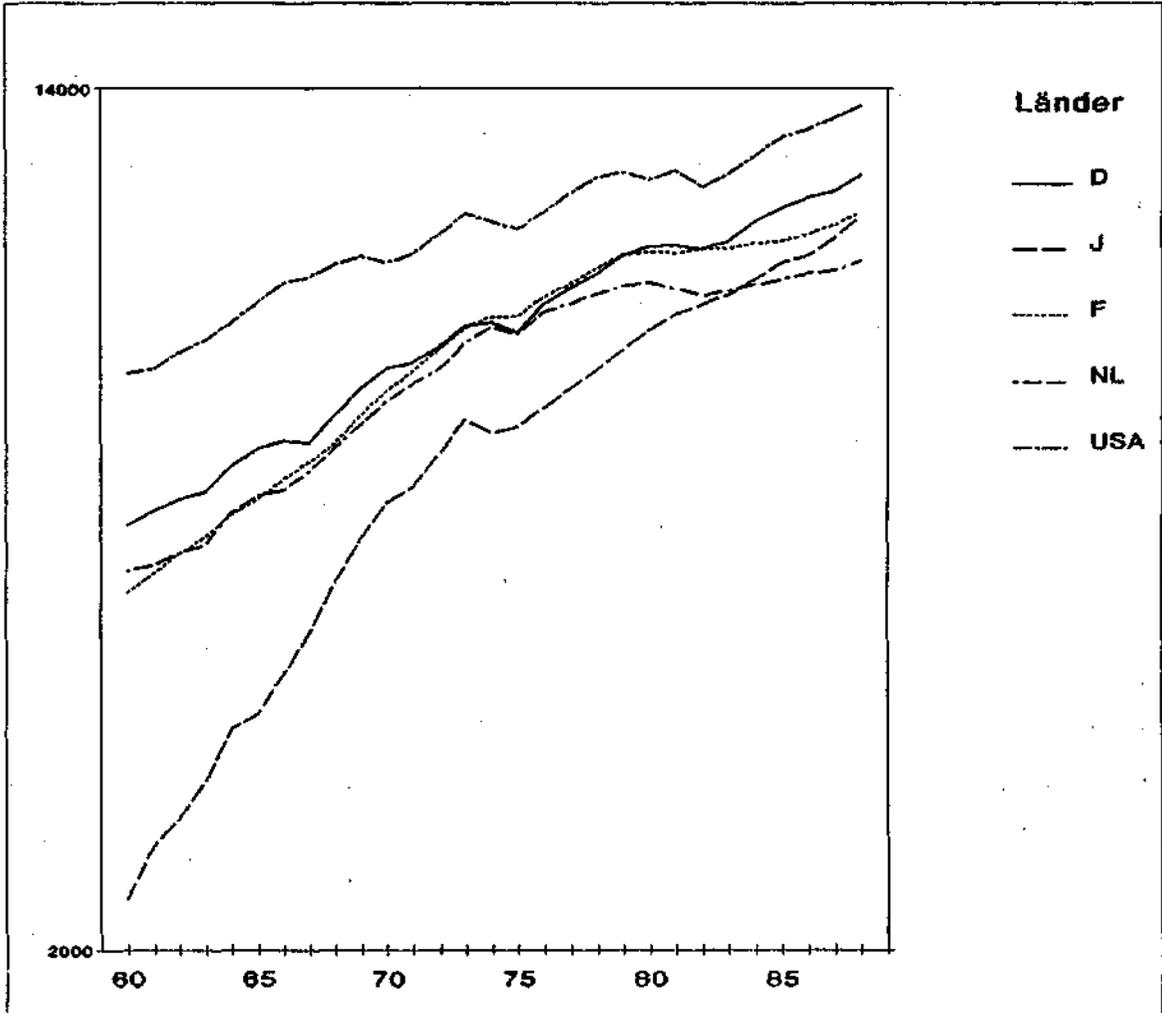
Für eine Analyse der Auswirkungen internationaler Catch-up-Prozesse auf die deutsche Außenhandelsstruktur wird ein Indikator benötigt, der das technologische Niveau der Produktion in der Bundesrepublik in Beziehung setzt zum technologischen Niveau in anderen Ländern. Im Rahmen des Technology-gap-Modells läßt sich ein derartiger Indikator unmittelbar aus den unterschiedlichen Pro-Kopf-Einkommen der verschiedenen Länder ableiten.

Für dieses Vorgehen spricht, daß empirische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-Einkommen, technischem Fortschritt und Faktorsubstitution seit den Anfängen der neoklassischen Wachstumstheorie immer wieder eine klare Dominanz der technologischen Komponente aufgezeigt haben. Diese Grundaussage, die ursprünglich von Abramovitz (1956) und Solow (1957) formuliert wurde, ist sowohl durch das growth accounting der sechziger und siebziger Jahre (Denison, 1967, 1979) als auch durch neuere Arbeiten immer wieder bestätigt worden (Maddison, 1987). Demnach kann beispielsweise eine Verringerung internationaler Einkommensunterschiede in erster Linie als Reflex eines verstärkten internationalen Technologietransfers aufgefaßt werden.

Um eine Verzerrung der Ergebnisse durch kurzfristige Wechselkurschwankungen zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die Pro-Kopf-Einkommen der verschiedenen Länder nicht mit aktuellen Wechselkursen, sondern mit Kaufkraftparitäten auf eine einheitliche Währung umzurechnen. Entsprechende Daten sind von Heston und Summers (1988) zur Verfügung gestellt worden. Für einige ausgewählte Länder ist die Entwicklung des so ermittelten Pro-Kopf-Einkommens im Schaubild 1 dargestellt¹.

¹ Das Zahlenmaterial von Heston und Summers deckt den Zeitraum von 1950 bis 1985 ab. Für die Zeit danach wurde das Pro-Kopf-Einkommen anhand der Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts und der Bevölkerung geschätzt (OECD, a; IMF, 1988).

Schaubild 1 - Pro-Kopf-Einkommen ausgewählter Länder
1960-1988
- Internationale \$ in Preisen von 1980 (a) -



(a) Halblogarithmischer Maßstab.

Quelle: Heston, Summers (1988); OECD (a); IMF (1988); eigene Berechnungen.

Der Rückstand im Pro-Kopf-Einkommen der Bundesrepublik gegenüber den Vereinigten Staaten hat sich in den sechziger und siebziger Jahren stetig verringert. In den achtziger Jahren dagegen ist der relative Abstand zwischen diesen beiden Ländern weitgehend konstant geblieben. Bei den übrigen Ländern fällt vor allem das rasche Aufholen Japans ins Auge, insbesondere für die Zeit von 1960 bis 1973. Auch in den

Jahren danach hat Japan seinen Rückstand gegenüber der Bundesrepublik weiter verringert, doch bei weitem nicht mehr so rasch wie in den sechziger und frühen siebziger Jahren. Für Frankreich und die Niederlande, die als die mit Abstand wichtigsten Handelspartner der Bundesrepublik besondere Aufmerksamkeit verdienen, stellen die frühen siebziger Jahre offenbar ebenfalls eine Zäsur dar, auch wenn die Unterschiede zwischen beiden Perioden weniger deutlich sind als für Japan. Diese beiden Länder konnten ihren Einkommensrückstand gegenüber der Bundesrepublik bis 1973 weitgehend ausgleichen, während sie in den Jahren danach wieder zurückgefallen sind.

Insgesamt weist Schaubild 1 darauf hin, daß die Konvergenz der nationalen Pro-Kopf-Einkommen in den sechziger und frühen siebziger Jahren stärker ausgeprägt war als in der Zeit danach¹. Für die Bundesrepublik, deren Pro-Kopf-Einkommen bereits 1960 ein vergleichsweise hohes Niveau erreicht hatte, bedeutet dies eine Verschlechterung ihrer relativen Einkommensposition bis etwa 1973 und eine Stabilisierung in den folgenden Jahren.

Im Rahmen des oben skizzierten Technology-gap-Modells ist ein Aufholen der weniger entwickelten Länder als Verringerung der Differenz zwischen dem Koeffizienten λ für die Bundesrepublik und dem entsprechenden Koeffizienten für die übrigen Länder aufzufassen. Als Konsequenz daraus wäre eine abnehmende Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik bei technologieintensiven Gütern zu erwarten.

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde ein Index berechnet, der das Pro-Kopf-Einkommen der Bundesrepublik in Relation setzt zum durchschnittlichen Pro-Kopf-Einkommen der wichtig-

¹ Zu diesem Ergebnis kommen auch Giersch und Wolter (1983). Für eine langfristige Analyse der Catch-up-Hypothese, die bis in das vorige Jahrhundert zurückreicht, siehe Baumol (1986).

sten Aufholländer¹. Dieser Index mißt die relative Einkommensposition der Bundesrepublik. Die Spezialisierung auf technologieintensive Güter wurde näherungsweise mit dem "revealed comparative advantage" (RCA) bei Investitionsgütern erfaßt². Dabei wurden die RCA-Werte nach folgender Formel aus den Exporten und Importen der Investitionsgüterindustrien (x_z ; m_z) und des gesamten Verarbeitenden Gewerbes ($\sum_z x_z$; $\sum_z m_z$) ermittelt:

$$RCA_z = \ln \left(\frac{x_z/m_z}{\sum_z x_z / \sum_z m_z} \right) \cdot 100$$

Im Einklang mit dem Technology-gap-Modell zeigt sich ein weitgehend deckungsgleicher Verlauf der Entwicklung der relativen Einkommensposition der Bundesrepublik und ihrer Wettbewerbsposition bei Investitionsgütern (Schaubild 2)³.

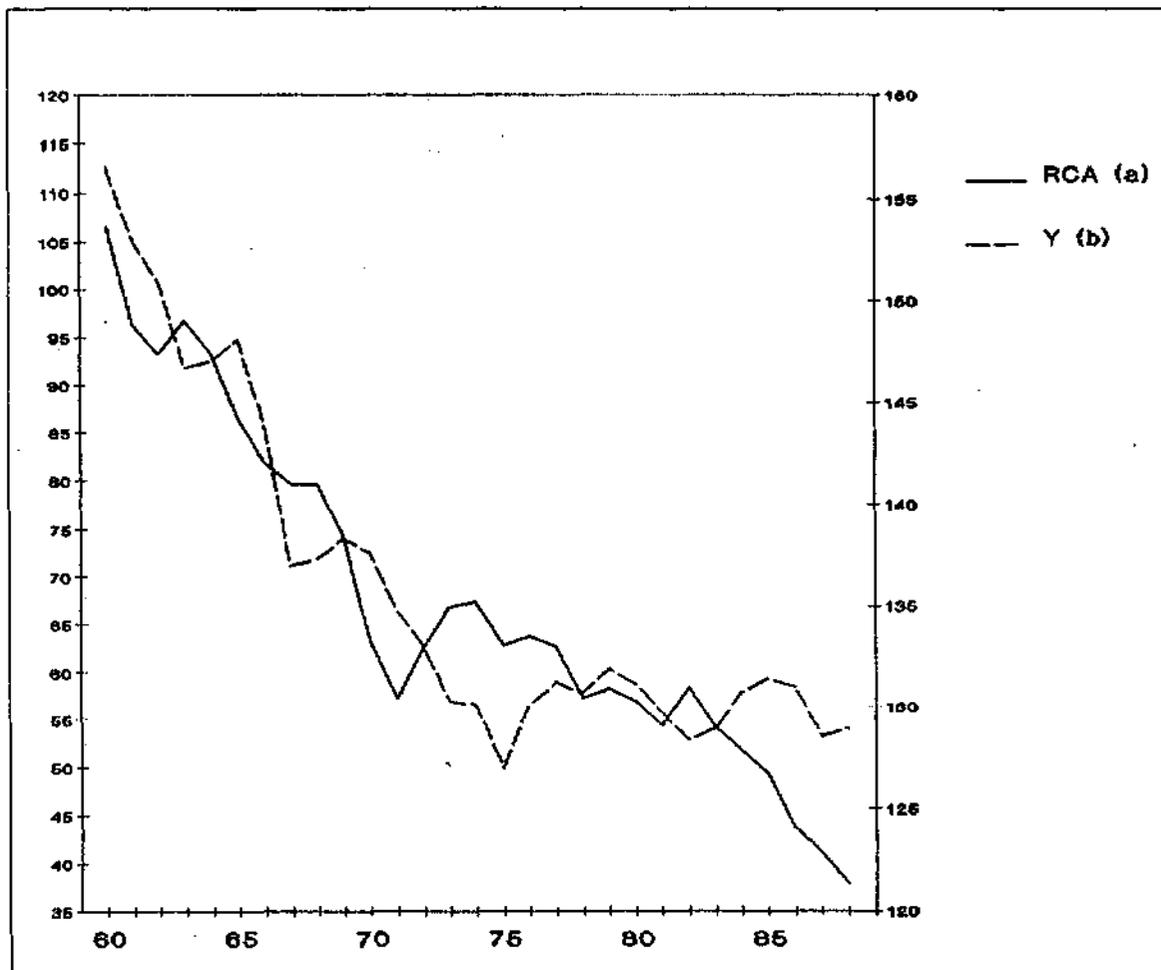
Daß die Spezialisierung deutscher Unternehmen auf die Produktion von Investitionsgütern gerade in den sechziger Jahren so stark zurückgegangen ist, läßt sich demnach in erster Linie mit dem technologischen Aufholen der Konkurrenzländer erklären. In den siebziger und frühen achtziger Jahren dagegen, in denen internationale Aufholprozesse kaum eine Rolle spielten, stabilisierte sich auch der RCA-Wert für die deutschen Investitionsgüterindustrien. Abzuwarten bleibt, ob

¹ Berücksichtigt wurden, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, alle Länder, die einen Anteil von mindestens 0,5 Prozent am deutschen Export des Jahres 1987 hatten. Dazu zählen: Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Hongkong, Irland, Italien, Japan, Kanada, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Südkorea, Taiwan.

² Auf die Investitionsgüterindustrie entfallen in der Bundesrepublik rund zwei Drittel aller industriellen Forschungsausgaben. Gemessen an der Relation der Forschungsausgaben zum Umsatz ist über die Investitionsgüterindustrien hinaus auch die Chemische Industrie als forschungsintensiv einzustufen (BMFT, 1988, S. 376 f.).

³ Der Korrelationskoeffizient für die beiden Reihen beträgt 0,91.

Schaubild 2 - Wettbewerbsposition bei Investitionsgütern und relative Einkommensposition der Bundesrepublik 1960-1988



(a) Relative Wettbewerbsposition der Investitionsgüterindustrien (linke Skala). - (b) Pro-Kopf-Einkommen der Bundesrepublik in vH des Pro-Kopf-Einkommens ausgewählter Handelspartner (rechte Skala).

Quelle: Statistisches Bundesamt (a, b); Heston, Summers (1988); eigene Berechnungen.

der erneute Rückgang der RCA-Werte seit Mitte der achtziger Jahre als vorübergehende Abweichung vom Trend oder als Beginn eines neuen internationalen Catch-up-Prozesses zu werten ist.

Für die letztgenannte Vermutung spricht, daß sich die Wachstumszentren der Weltwirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten stark verlagert haben (Giersch, 1985). Inzwischen sind es die Schwellenländer, die sich mitten in der Catch-up-Phase befinden und deren Gewicht im Welthandel rasch zunimmt. Es war nicht zuletzt die verschärfte Konkurrenz aus Fernost, die seit Mitte der achtziger Jahre zu einem Rückgang der RCA-Werte der deutschen Investitionsgüterindustrien geführt hat.

Wie stark das upgrading der Schwellenländer in den siebziger und achtziger Jahren vorangekommen ist, zeigt sich am Beispiel der Exporte der "vier kleinen Tiger" in die Bundesrepublik (Tabelle 1)¹. Der "Vorteil der wirtschaftlichen Rückständigkeit" (Gerschenkron, 1952), der in früheren Jahren vor allem Japan und einigen westeuropäischen Ländern zugute kam, wird heute in erster Linie in Südostasien genutzt.

Tabelle 1 - Industriewarenimporte der Bundesrepublik aus Hongkong, Singapur, Südkorea und Taiwan 1961-1986 (vH)

	Anteil an den Industrie- warenimporten(a) insgesamt	Anteil der Investitions- güter(b) an den Importen aus den 4 Ländern
1961	0,4	2,6
1970	1,1	8,4
1980	2,8	28,1
1986	3,4	37,9

(a) SITC 3-8. (b) SITC 7, 81, 87, 88.

Quelle: OECD (b); eigene Berechnungen.

¹ Für eine empirische Abschätzung der Humankapitalintensität der Exporte Taiwans siehe Noland (1987). Zum Wandel der Exportstruktur im gesamten asiatisch-pazifischen Raum siehe Göbel et al. (1988).

Insgesamt gesehen erscheint das Technology-gap-Modell durchaus geeignet, die Veränderung der komparativen Vorteile der deutschen Wirtschaft bei technologieintensiven und weniger technologieintensiven Gütern zu erklären. Der differenzierten Entwicklung zwischen verschiedenen High-Tech-Industrien wird es jedoch nur unvollkommen gerecht. Im folgenden werden daher einige vereinfachende Annahmen des Modells aufgegeben, um intersektorale Unterschiede in den Formen und im Ausmaß des internationalen Technologietransfers erfassen zu können.

III. MOBILES UND IMMOBILES TECHNISCHES WISSEN

1. Ein modifiziertes Technology-gap-Modell

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit der technologieintensiven Branchen in der Bundesrepublik ist recht unterschiedlich. Als Schwachstelle gilt insbesondere die Mikroelektronik, die nach Ansicht vieler Beobachter von deutschen Unternehmen nur unzureichend beherrscht wird¹. Das Außenhandelsdefizit bei EDV-Geräten scheint dieses Urteil zu belegen. In diesem Bereich ist die Bundesrepublik nicht nur gegenüber Japan und den Vereinigten Staaten, sondern selbst gegenüber den Schwellenländern Südostasiens zum Nettoimporteur geworden. In anderen Bereichen dagegen, etwa im Werkzeugmaschinenbau oder in der Medizintechnik, wird deutschen Exporteuren nach wie vor eine Spitzenposition bescheinigt. Diese Unternehmen haben bislang wenig Anlaß, die Konkurrenz der Aufholländer zu fürchten.

Das Potential für eine Imitation fortgeschrittener Technologien läßt sich offenbar in einigen Bereichen leichter, in anderen schwerer nutzen. In allen drei genannten Branchen werden die Forschungsarbeiten zur Entwicklung neuer Produkte nach wie vor ganz überwiegend in den hochentwickelten Industrieländern durchgeführt. Neue EDV-Geräte werden allerdings häufig bereits vom ersten Tag der Markteinführung an in den Schwellenländern produziert, während die Produktion neuer Werkzeugmaschinen oder medizinischer Apparate immer noch ihren Schwerpunkt in den forschenden Ländern hat.

Nach Vernon (1979) ist es vor allem der technologische Schub bei den Informations- und Kommunikationstechnologien, der eine räumliche Entkoppelung von Forschung und Produktion rentabel gemacht hat. Wenn die Transaktionskosten des inter-

¹ Siehe z.B. Börnsen et al. (1985); Grupp, Legler (1987).

nationalen Technologietransfers sinken, wird es einfacher und billiger als früher, Produktionsstätten im Ausland zu betreiben und internationale Kostenunterschiede durch Direktinvestitionen zu nutzen¹. Hohe Forschungsaufwendungen sind demnach kein Garant mehr für eine starke Weltmarktposition bei technologieintensiven Gütern.

Die Möglichkeiten zur räumlichen Trennung von Forschungs- und Produktionsstätten hängen aber nicht nur von der Höhe der Transaktionskosten ab, sondern auch von den Komplementaritäten zwischen diesen beiden Unternehmensaktivitäten. Da die Kosten für die Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien für alle Unternehmen weitgehend gleich sind, dürften die sektoralen Unterschiede beim internationalen Technologietransfer in erster Linie vom Ausmaß dieser Komplementaritäten bestimmt werden (Klodt, 1987). Demnach ist folgendes Muster der internationalen Arbeitsteilung zu erwarten:

- Wenn die Forschungsarbeit eines Unternehmens in erster Linie aus reiner Laborforschung besteht, gibt es wenig technische Hindernisse für eine Auslagerung von Produktionsstätten ins Ausland. In derartigen Unternehmen dominiert in der Regel die Serienfertigung, und der Anteil von Wissenschaftlern am Forschungspersonal ist hoch. Die Forschungsausgaben stellen unternehmensspezifische, aber keine betriebsspezifischen Fixkosten dar. Das technische Wissen dieser Unternehmen kann als international mobile Technologie bezeichnet werden.
- Wenn die Forschungsabteilung dagegen auf eine enge Kooperation mit den Fertigungsabteilungen angewiesen ist, läßt sich eine räumliche Abkoppelung der Produktion kaum durchführen. Typisch dafür sind kleine Losgrößen und ein hoher Anteil von Ingenieuren und Facharbeitern an den Beschäftigten. Die Forschungsausgaben sind hier eher den variab-

¹ Siehe auch Giddy (1978); Vernon (1982); Helpman (1984).

len Kosten als den Fixkosten zuzurechnen. Die Technologie ist an den Ort der Produktion gebunden, sie ist also vergleichsweise immobil¹.

Eine Integration dieser Überlegungen in das Technology-gap-Modell erfordert eine gewisse Modifikation der Modellannahmen. Nunmehr müssen explizit drei verschiedene Güterkategorien unterschieden werden, und zwar High-Tech-Güter mit mobiler Technologie (m), High-Tech-Güter mit immobilier Technologie (i) und Low-Tech-Güter (l). Unterstellt sei, daß für die beiden letztgenannten Kategorien nach wie vor die oben dargestellten Annahmen gelten. Die logarithmierte Form von Gleichung (3) lautet damit:

$$(4) \quad \ln a_k(i) - \ln a_j(i) = \ln f_i + \ln (\lambda_k - \lambda_j)$$

$$(5) \quad \ln a_k(l) - \ln a_j(l) = \ln f_l + \ln (\lambda_k - \lambda_j)$$

mit $f_i > f_l$

Die Technologieintensität der Güter mit mobiler Technologie sei identisch mit der anderer High-Tech-Güter ($f_m = f_i$), doch der Imitationslag ist kürzer. Die Relation der Imitationslags für High-Tech-Güter mit ungebundener Technologie und andere Güter (r) sei zu einem gegebenen Zeitpunkt für alle Länder gleich²:

$$(6) \quad \begin{aligned} \ln a_k(m) - \ln a_j(m) &= \ln f_i + \ln (r \lambda_k - r \lambda_j) \quad (0 < r < 1) \\ &= \ln f_i + \ln (\lambda_k - \lambda_j) + \ln r \end{aligned}$$

mit $0 < r < 1$

¹ Die Unterschiede zwischen mobilem und immobilem technischen Wissen sind mittlerweile auch von anderen Autoren herausgearbeitet worden. Nusbaumer (1987) spricht hier von footloose knowledge und locked-in knowledge, und Kostrzewa (1988) bezeichnet die dazugehörigen Produktgruppen als leicht imitierbare und schwer imitierbare forschungsintensive Güter.

² Dahinter steht die Vorstellung, daß die Nutzung moderner Kommunikationstechnologien allen Ländern gleichermaßen offen steht.

Wie sich die komparativen Vorteile der einzelnen Länder im Catch-up-Prozeß entwickeln, hängt hier nicht mehr nur von den Fortschrittsraten f_i und f_l sowie von den Imitationslags λ_j und λ_k ab, sondern auch von der Rate r . Für $r=1$ sind Gleichung (5) und (6) identisch, und die komparativen Vorteile des hochentwickeltesten Landes j sind in beiden High-Tech-Kategorien gleich hoch. Mit sinkendem r geht der komparative Vorteil des Landes j in der Gütergruppe m zurück und schlägt schließlich sogar in einen komparativen Nachteil um. Im Gegenzug verbessert sich die Wettbewerbsfähigkeit dieses Landes in den Gütergruppen i und l .

In diesem modifizierten Technology-gap-Modell ist es also denkbar, daß die hochentwickeltesten Länder zum Netto-Importeur von bestimmten High-Tech-Gütern werden, ohne beim Pro-Kopf-Einkommen von dem weniger entwickelten Land überholt zu werden. Je rascher der technische Fortschritt bei den Informations- und Kommunikationstechnologien vorankommt, desto leichter fällt den weniger entwickelten Ländern die Imitation bei High-Tech-Gütern mit mobiler Technologie. Ihr Produktivitätsrückstand ist am größten bei Gütern mit immobilisierter Technologie, während er bei Gütern mit mobiler Technologie sowohl größer als auch kleiner als bei Low-Tech-Gütern sein kann.

Die sektoralen Unterschiede beim Technologietransfer könnten somit durchaus eine Erklärung dafür liefern, warum einige High-Tech-Branchen in der Bundesrepublik stärker unter Druck geraten sind als andere. Und sie geben vielleicht sogar Hinweise darauf, wie die vielzitierte Revitalisierung mancher Verbrauchsgüterindustrien zustande gekommen sein könnte. Im Rahmen des hier diskutierten Modells wären beispielsweise die jüngsten Exporterfolge der deutschen Papierindustrie, der Möbelindustrie oder der Spielwarenindustrie nicht so sehr das Produkt überlegener Unternehmensstrategien, sondern in erster Linie die Kehrseite der verringerten Wettbewerbsfähigkeit im High-Tech-Bereich.

2. Sektorale Differenzierungen im High-Tech-Bereich

Träger des internationalen Transfers von mobilen Technologien sind vor allem multinationale Unternehmen. Aufgrund von Unvollkommenheiten der Märkte für technisches Wissen ziehen sie es häufig vor, ihre Forschungsergebnisse in eigenen Tochtergesellschaften zu verwerten, anstatt Lizenzen an ausländische Unternehmen zu vergeben. Internalisierung ist das zentrale Motiv für Direktinvestitionen im Ausland¹.

Nach dem modifizierten Technology-gap-Modell ist eine Internalisierung von Innovationserträgen durch Direktinvestitionen insbesondere bei mobilen Technologien möglich. Anhand der sektoralen Schwerpunkte multinationaler Unternehmensaktivitäten sollte daher eine Unterscheidung zwischen Branchen mit mobiler Technologie und Branchen mit immobilier Technologie möglich sein. Dafür kann auf Daten zurückgegriffen werden, die von Dunning und Pearce (1985) aus den Listen der "Fortune 500" erstellt wurden.

Die Bedeutung mobiler Technologien dürfte um so größer sein, je höher die Relation des Anteils ausländischer Tochtergesellschaften am Konzernumsatz zur Exportquote der Muttergesellschaft ist. Über den Durchschnitt liegt diese Relation in der Chemischen Industrie, der Elektrotechnik und der Herstellung von Büromaschinen und Datenverarbeitungsgeräten, unter dem Durchschnitt im Maschinenbau, im Straßen- und im Luftfahrzeugbau sowie in der Meß- und Regeltechnik (Tabelle A1 im Anhang).

¹ Da die vollständige Information des Käufers von technischem Wissen vor Vertragsabschluß nicht möglich ist, ohne dieses Wissen preiszugeben, sind die Märkte für Patente und Lizenzen stets unvollkommen. Als Antwort darauf werden von vielen Unternehmen die Strategien des cross-licensing, der technologieorientierten Fusion oder der Direktinvestition verfolgt. Zur Diskussion um den Stellenwert des Internalisierungsmotivs in der Theorie der Direktinvestitionen vgl. Rugman (1980, 1981, 1985); Parry (1985).

Auch wenn die Grenzen zwischen den beiden Kategorien sicherlich fließend sind, so deckt sich die obige Einteilung doch recht gut mit der Entwicklung der internationalen Arbeitsteilung in den genannten Industriezweigen (Tabelle 2). Elektrotechnik und Datenverarbeitung waren die ersten High-Tech-Industrien, die den verschärften Konkurrenzdruck aus den Schwellenländern zu spüren bekamen (Weiß, 1978). Die Chemische Industrie hat gerade in jüngster Zeit durch die räumliche Entkoppelung von Forschungs- und Produktionsstätten von sich reden gemacht, insbesondere durch die Auslagerung kompletter Forschungsabteilungen aus der Bundesrepublik in die Vereinigten Staaten. Der Rückgang ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit konnte dadurch allerdings nicht gestoppt werden. In den meisten anderen High-Tech-Industrien dagegen haben die Schwellenländer bislang kaum Fuß fassen können.

Tabelle 2 - Internationale Wettbewerbsposition technologieintensiver Wirtschaftszweige in der Bundesrepublik 1970 - 1987

	RCA-Wert		
	1970	1980	1987
Insgesamt	58,9	48,3	33,7
Mobile High-Tech-Industrien	32,4	15,6	-0,3
Chemische Industrie	35,8	18,9	9,7
Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte	-20,9	-35,5	-55,8
Elektrotechnik	40,9	21,6	3,7
Immobilie High-Tech-Industrien	82,7	81,9	70,1
Maschinenbau	95,7	99,4	86,6
Straßenfahrzeugbau	94,6	94,4	79,4
Luft- und Raumfahrzeugbau	-81,0	-35,1	-33,3
Feinmechanik, Optik	48,8	7,0	0,9

Quelle: Statistisches Bundesamt (a, b); eigene Berechnungen.

Die negativen RCA-Werte im Flugzeugbau sind nahezu ausschließlich durch das Handelsdefizit gegenüber den Vereinigten Staaten bedingt (Hartley, 1988). In der Feinmechanik und Optik weist vor allem die standardisierte Fototechnik hohe Nettoimporte auf, während die technologieintensive Meß- und Regeltechnik international äußerst konkurrenzfähig ist. Da die Fototechnik bereits in den siebziger Jahren weitgehend aus der Bundesrepublik abgewandert ist, hat sich die Wettbewerbsposition der Feinmechanik und Optik insgesamt in den achtziger Jahren stabilisiert (Klodt, 1989).

Nicht leicht einzuordnen in dieses Raster ist der Straßenfahrzeugbau. Seine Wurzeln hat er eindeutig bei ingenieurwissenschaftlichen Technologien, die von starken Komplementaritäten zwischen Forschung und Produktion gekennzeichnet sind. In die unteren Marktsegmente ist jedoch Bewegung gekommen, die auch weniger entwickelten Ländern Imitationspielräume eröffnet hat (Berg, 1988). Bisher wurden diese Chancen vor allem von Südkorea und Brasilien genutzt, doch sicherlich werden andere Länder folgen. Die Automobilindustrie ist derzeit offenbar in einem Umbruch, der durch eine Segmentierung der Produktpalette in einem High-Tech-Bereich mit mobiler Technologie und einem Low-Tech-Bereich mit standardisierter Technologie gekennzeichnet ist.

IV. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die vorangegangenen Analysen weisen darauf hin, daß der Strukturwandel im Außenhandel in starkem Maße vom internationalen Technologietransfer geprägt ist. Internationale Aufholprozesse verlaufen nicht gleichmäßig über alle Branchen hinweg, sondern es entstehen ausgeprägte neue Spezialisierungsmuster. Die hier vorgestellte Version des Technology-gap-Modells erlaubt es, diese Muster in Abhängigkeit von branchenspezifischen Merkmalen der Technologie abzubilden.

Für die Bundesrepublik, die seit langem einen der oberen Plätze in der internationalen Einkommenskala einnimmt, ist internationaler Technologietransfer in erster Linie gleichbedeutend mit einem Verlust an Wettbewerbsfähigkeit bei technologieintensiven Produkten. Sie hat in den vergangenen drei Jahrzehnten - gemeinsam mit anderen fortgeschrittenen Industrieländern - die "penalties of being the industrial leader" (Baumol, 1986) zu spüren bekommen. In den sechziger Jahren waren es vor allem Japan und einige westeuropäische Nachbarn, die zum technologischen Niveau der Bundesrepublik aufgeschlossen haben. Diese Entwicklung spielte in den siebziger Jahren keine Rolle mehr; die Wachstumsschwäche im Gefolge der Ölpreisschocks hat die anderen Industrieländer ebenso hart getroffen wie die Bundesrepublik.

Seit den frühen achtziger Jahren mehren sich die Anzeichen, daß ein neuer Catch-up-Prozeß in Gang gekommen ist. Die Dynamik kommt diesmal vor allem aus den Schwellenländern, die im Begriff sind, ihren Rückstand gegenüber den Industrieländern abzubauen. Doch auch einige alte Industrieländer wie die Vereinigten Staaten, Großbritannien und Spanien haben die Wachstumsschwäche der siebziger Jahre mittlerweile überwunden. Damit nimmt der Druck auf technologieintensive Unternehmen in der Bundesrepublik wieder zu.

Diese neue Runde des Technologietransfers folgt offenbar anderen Regeln als frühere Runden. Die aufholenden Länder sind nicht mehr in jedem Fall darauf angewiesen, die technologische Entwicklung der führenden Länder Schritt für Schritt nachzuvollziehen. Oftmals können sie sich einen unmittelbaren Zugriff zur best-practice technology verschaffen, indem sie mit multinationalen Unternehmen aus den hochentwickelten Ländern kooperieren. Diese Abkürzung des Aufholweges ist erst möglich geworden durch den technologischen Schub bei den Informations- und Kommunikationstechnologien, der zu einer beträchtlichen Senkung der Transaktionskosten im internationalen Technologietransfer geführt hat.

Eine derartige Strategie, die im Kern auf einer räumlichen Abkoppelung der Produktionsstätten von den Forschungszentren der Industrieländer beruht, steht allerdings nicht allen High-Tech-Branchen offen. Je enger Forschung und Fertigung miteinander verzahnt sind, desto größer sind die Produktivitätseinbußen bei einer Standortverlagerung ins Ausland. Soweit dadurch der Lohnkostenvorteil der weniger entwickelten Länder überkompensiert wird, bleibt der komparative Vorteil der Industrieländer bei High-Tech-Gütern erhalten.

In dieses Bild paßt beispielsweise die relativ robuste Wettbewerbsposition des deutschen Maschinenbaus, dessen Technologie durch hohe Komplementaritäten zwischen Forschung und Produktion gekennzeichnet ist (immobiler Technologie). In der Elektrotechnik dagegen und insbesondere in der Datenverarbeitung fällt der Transfer technischen Wissens über Ländergrenzen hinweg ungleich leichter (mobiler Technologie). Gerade im letztgenannten Bereich hat die deutsche Wirtschaft mittlerweile ausgeprägte komparative Nachteile.

Auf längere Sicht werden die Schwellenländer auch den Umgang mit immobilien Technologien lernen. Wie das Beispiel Japans zeigt, das diesen Weg schon rund zwei Jahrzehnte früher ein-

geschlagen hat, werden sie dann allerdings auch ihren Lohnkostenvorteil gegenüber den alten Industrieländern verlieren. Sie werden damit selbst zur Gruppe der Technologieproduzenten vorstoßen, die sich gegen die Imitationskonkurrenz anderer nachrückender Länder behaupten muß.

Tabelle A1 - Umsatzanteil ausländischer Tochtergesellschaften und Exportquoten der Muttergesellschaften in Großunternehmen 1982 (vH)

Wirtschaftszweig	Umsatzanteil ausländischer Tochtergesellschaften (a)	Exportquoten der Muttergesellschaften (b)	Relation von Umsatzanteilen zu Exportquoten
Ingesamt (c)	24,4	27,3	89,4
Chemische Konsumgüter und Pharmazeutika	41,3	11,5	359,1
Chemische Grundstoffe	27,9	26,1	106,9
Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte	32,6	15,3	213,1
Elektrotechnik	23,3	26,0	89,6
Maschinenbau	22,8	29,9	76,3
Straßenfahrzeugbau	21,8	32,0	68,1
Luftfahrzeugbau	8,0	31,0	25,8
Meß- und Regeltechnik	23,5	30,5	77,0

(a) Umsatz ausländischer Tochtergesellschaften in Relation zum Konzernumsatz. - (b) Export der Muttergesellschaften in Relation zum Umsatz der Muttergesellschaften. - (c) Die Daten basieren auf Angaben der 223 umsatzstärksten Unternehmen der Welt in den genannten Wirtschaftsbereichen.

Quelle: Dunning, Pearce (1985, S. 249); eigene Berechnungen.

LITERATUR

- ABRAMOVITZ, Moses, "Resource and Output Trends in the United States since 1870". *American Economic Review*, Vol. 46, 1956, S. 5-23.
- BAUMOL, William J., "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show". *The American Economic Review*, Vol. 76, No. 5, 1986, S. 1072-1085.
- BERG, Hartmut, "Motor Cars: Between Growth and Protectionism". In: Henk W. DE JONG (Ed.), *The Structure of European Industry*, Second Revised Edition. Dordrecht/Boston/London 1988, S. 245-268.
- BIERICH, Marcus, "Fertigungsstandorte im internationalen Vergleich". *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 1988, H. 9, S. 824-843.
- BÖRNSEN, Ole, Hans H. GLISMANN, Ernst-Jürgen HORN, *Der Technologietransfer zwischen den USA und der Bundesrepublik*. Kieler Studien, 192, Tübingen 1985.
- BUNDESMINISTER FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE (BMFT), *Bundesbericht Forschung 1988*. Bonn 1988.
- DEARDORFF, Alan V., "Major Recent Developments in International Trade Theory". In: Theo PETERS, Peter PRAET, Paul REDING (Hrsg.), *International Trade and Exchange Rates in the Late Eighties*. Amsterdam 1985, S. 3-27.
- DENISON, Edward F., *Why Growth Rates Differ*. Washington, D.C., 1967.
- , *Accounting for Slower Economic Growth in the 1970's*. Washington, D.C., 1979.
- DUNNING, John H., Robert D. PEARCE, *The World's Largest Industrial Enterprises, 1962-1983*. Aldershot 1985.
- FELS, Gerhard, "Der Standort Bundesrepublik Deutschland im internationalen Wettbewerb". *Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik*, Vol. 33, Tübingen 1988, S. 9-26.
- GERSCHENKRON, Alexander, "Economic Backwardness in Historical Perspective". In: Bert F. HOSELITZ (Ed.), *The Progress of Underdeveloped Areas*. Chicago 1952.
- GERSTENBERGER, Wolfgang, "Analyse der strukturellen Entwicklung der deutschen Wirtschaft". In: IFO-INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, *Strukturberichterstattung 1983*. München 1983.

- GIDDY, Ian H., "The Demise of the Product Cycle Model in International Business Theory". The Columbia Journal of World Business, Vol. 13, 1978, S. 90-97.
- GIERSCH, Herbert, "Elemente einer Theorie der weltwirtschaftlichen Entwicklung". In: Heinz MAIER-LEIBNITZ (Hrsg.), Zeugen des Wissens. Mainz 1985, S. 669-692.
- , Frank WOLTER, "Towards an Explanation of the Productivity Slowdown. An Acceleration-Deceleration Hypothesis". The Economic Journal, Vol. 93, 1983, S. 35-55.
- GÖBEL, Heike, Rolf J. LANGHAMMER, Frank D. WEISS, Wachstum im asiatisch-pazifischen Raum. Implikationen für die internationale Arbeitsteilung. Kieler Studien, 222, Tübingen 1988.
- GRUPP, Hariolf, Harald LEGLER, Spitzentechnik, Gebrauchstechnik, Innovationspotential und Preise. Trends, Positionen und Spezialisierung der westdeutschen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb. Köln 1987.
- HARTLEY, Keith, "Aerospace: The Political Economy of an Industry". In: Henk W. DE JONG (Ed.), The Structure of European Industry, Second Revised Edition. Dordrecht/Boston/London 1988, S. 329-354.
- HELPMAN, Elhanan, "A Simple Theory of International Trade with Multinational Corporations". Journal of Political Economy, Vol. 92, 1984, S. 451-471.
- HESTON, Alan, Robert SUMMERS, "A New Set of International Comparisons of Real Product and Price Level Estimates for 130 Countries, 1950-85". Review of Income and Wealth, Vol. 34, 1988, S. 1-25.
- HWWA-INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Analyse der strukturellen Entwicklung der deutschen Wirtschaft. Strukturbericht 1983. Hamburg 1983.
- INSTITUT DER DEUTSCHEN WIRTSCHAFT, Schwerpunkt: Standort Bundesrepublik Deutschland. Indikatoren, Analysen, Tendenzen. IW-Trends, 1988, H. 2.
- INTERNATIONAL MONETARY FUND, International Financial Statistics. Washington, D.C., lfd. Jgg.
- KLODT, Henning, Wettlauf um die Zukunft. Technologiepolitik im internationalen Vergleich. Kieler Studien, 206, Tübingen 1987.
- , "Feinmechanik und Optik". In: Peter OBERENDER (Hrsg.), Marktstruktur und Wettbewerb in der Bundesrepublik Deutschland. Branchenstudien zur deutschen Wirtschaft, Bd. 2, München 1989 (im Druck).

- KOSTRZEWA, Wojciech, Verpaßt Osteuropa den Anschluß auf den Weltmärkten? Kieler Diskussionsbeiträge, 144, September 1988.
- KRUGMAN, Paul, "A 'Technological Gap' Model of International Trade". In: Karl JUNGENSELT, Douglas HAGUE (eds.), Structural Adjustment in Developed Open Economies. Basingstoke, London 1985.
- MADDISON, Angus, "Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies". Journal of Economic Literature, Vol. 25, 1987, S. 649-698.
- NOLAND, Marcus, "Newly Industrializing Countries' Comparative Advantage in Manufactured Goods". Weltwirtschaftliches Archiv, Vol. 123, 1987. S. 679-696.
- NUSBAUMER, Jacques, Services in the Global Market. Boston 1987.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) [a], Economic Outlook. Paris, lfd. Jgg.
- [b], Trade by Commodities. Ser. C., Paris, lfd. Jgg.
- PARRY, Thomas G., "Internalisation as a General Theory of Foreign Direct Investment: A Critique". Weltwirtschaftliches Archiv, Vol. 121, 1985, S. 564-569.
- RUGMAN, Alan M., "Internalization as a General Theory of Foreign Direct Investment: A Re-Appraisal of the Literature". Weltwirtschaftliches Archiv, Vol. 116, 1980, S. 365-379.
- , Inside the Multinationals: The Economics of Internal Markets. London 1981.
- , "Internalization Is Still a General Theory of Foreign Direct Investment". Weltwirtschaftliches Archiv, Vol. 121, 1985, S. 570-575.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT ZUR BEGUTACHTUNG DER GESAMTWIRTSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG, Arbeitsplätze im Wettbewerb. Jahresgutachten 1988/89, Stuttgart 1988.
- SCHMIDT, Klaus-Dieter et al., Im Anpassungsprozeß zurückgeworfen. Kieler Studien, 185, Tübingen 1984.
- SOLOW, Robert, "Technical Change and the Aggregate Production Function". Review of Economics and Statistics, Vol. 39, 1957, S. 312-320.
- STATISTISCHES BUNDESAMT [a], Fachserie 18: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 1.3: Konten und Standardtabellen. Stuttgart, lfd. Jgg.

STATISTISCHES BUNDESAMT [b], Fachserie 7: Außenhandel, Reihe 1: Zusammenfassende Übersichten für den Außenhandel. Stuttgart, lfd. Jgg.

VERNON, Raymond, "The Product Cycle Hypothesis in a New International Environment". Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Vol. 41, 1979, S. 255-267.

--, "Technology's Effects on International Trade: A Look Ahead". In: Herbert GIERSCH (Ed.), Emerging Technologies. Symposium 1981, Tübingen 1982, S. 145-166.

WEISS, Frank D., Electrical Engineering in West Germany. Adjusting to Imports from Less Developed Countries. Kieler Studien, 155, Tübingen 1978.