

Siebert, Horst

**Article — Digitized Version**

## Zur interregionalen Verteilung neuen technischen Wissens

Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft

**Provided in Cooperation with:**

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

*Suggested Citation:* Siebert, Horst (1967) : Zur interregionalen Verteilung neuen technischen Wissens, Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, ISSN 0044-2550, Mohr, Tübingen, Vol. 123, Iss. 2, pp. 231-263

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/3610>

**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.*

## ZUR INTERREGIONALEN VERTEILUNG NEUEN TECHNISCHEN WISSENS

von

HORST SIEBERT \*

Münster/W.

Die heroische Prämisse der neueren Wachstumstheorie, von einer Punkt-Volkswirtschaft ohne räumliche Dimension auszugehen, verdeckt eine Fülle interessanter, für den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozeß höchst wichtiger Probleme. Diese Annahme impliziert nicht nur die Nicht-Existenz von Transport-Inputs und damit die Vernachlässigung der Frage, inwieweit Transportneuerungen zu einer Ausweitung der Märkte, zu einer erhöhten Mobilität der Güter und zu einer effizienteren Allokation der Ressourcen in den Teilräumen einer Volkswirtschaft führen; sie verhindert auch eine Analyse der Beziehungen zwischen regionaler Expansion und gesamtwirtschaftlicher Entwicklung und läßt schließlich die Relevanz der räumlichen Mobilität der Produktionsfaktoren für das gesamtwirtschaftliche Wachstum unerklärt. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit einem weiteren Problem, das in einer aggregaten, auf eine Punkt-Volkswirtschaft bezogenen Wachstumstheorie ebenfalls nicht gesehen werden kann und das bei einer Regionalisierung der Wachstumsanalyse Aufmerksamkeit verdient – nämlich der Frage, inwieweit neues technisches Wissen in den einzelnen Regionen einer Volkswirtschaft mit unterschiedlicher Intensität auftritt<sup>1</sup>.

Unter technischem Wissen ist die Menge der zu einem Zeitpunkt realisierten Produktionsverfahren zu verstehen. Neues technisches Wissen, das wir auch als technischen Fortschritt<sup>2</sup> bezeichnen, kenn-

\* Für Anregungen danke ich den Teilnehmern einer Tagung der Gesellschaft für Regionalforschung in Mühlbach a. Hochkönig, auf der der vorliegende Artikel diskutiert wurde. Herrn Dr. *P. G. Jansen* bin ich für die kritische Durchsicht einer ersten Fassung dankbar.

<sup>1</sup> Bei *H. Gerfin* heißt es »Der technische Fortschritt ist nicht regional gebunden«. Gesamtwirtschaftliches Wachstum und regionale Entwicklung. »Kyklos«, Vol. XVII (1964), S. 575; anders dagegen *M. D. Thomas*, »Another aspect of interest in connection with innovations is the rate and nature of their diffusion throughout various kinds of regions«, *Regional Economic Growth and Industrial Development. Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, Vol. X (1963), S. 72.

<sup>2</sup> Zur Analyse des technischen Wissens vgl. *G. Prosi*, *Technischer Fortschritt als mikroökonomisches Problem*. Bern und Stuttgart 1966.

zeichnet die Veränderung der Bestandsgröße »technisches Wissen« in einer Periode. Die Strömungsgröße »neues technisches Wissen« umfaßt also alle in einem Zeitraum neu realisierten Verfahren. Die Erstellung eines neuen Gutes mit gegebenen Verfahren wird ebenfalls als ein Element neuen technischen Wissens betrachtet.

Die Analyse der interregionalen Verteilung neuen technischen Wissens wird im folgenden auf die Untersuchung der drei entscheidenden Elemente des neuen Wissens zurückgeführt: die Invention, die Realisierung der Invention durch die Produzenten und die Akzeptierung des realisierten Wissens durch die Nachfrager. Um zu Aussagen über die räumliche Verteilung des technischen Wissens zu gelangen, müssen also drei Fragen beantwortet werden: erstens wie sich die Invention, das heißt das Wissen über potentielle neue Verfahren oder neue Güter, auf die Regionen verteilt, zweitens ob und warum die Invention in den einzelnen Teilräumen von den Produzenten unterschiedlich realisiert wird und drittens ob die Nachfrager ein neues Produkt, das technischen Fortschritt verkörpert, in einzelnen Regionen verschieden stark akzeptieren. Da wir die Frage nach der räumlichen Verteilung neuen technischen Wissens beantworten wollen, dürfen die drei Fragen nicht auf eine einzelne Invention, sondern müssen auf die Menge von Inventionen bezogen werden, die in einer Periode auftreten. Im letzten Abschnitt soll versucht werden, die Mengentheorie auf die Analyse der Verteilung neuen technischen Wissens anzuwenden.

## I. Interregionale Unterschiede der Invention

Die Analyse der Verteilung von Erfindungen auf den Raum muß klären, an welchen Raumpunkten Inventionen auftreten und wie sich dieses potentielle neue technische Wissen durch Kommunikation auf die einzelnen Raumstellen verteilt. Zugrunde gelegt wird ein Zwei-Regionen-Modell mit den beiden Regionen B und C. Die Regionsabgrenzung sei gegeben. Es wird unterstellt, daß jede Region mit gleich vielen Raumstellen besetzt ist. Eine Raumstelle (oder auch Raumpunkt) ist als eine sehr kleine räumliche Einheit zu verstehen, zum Beispiel als Standort einzelwirtschaftlicher Entscheidungseinheiten.

### 1. Der räumliche Ursprung der Invention

Eine einzelne Invention tritt in der Regel<sup>1</sup> an einem einzelnen Raumpunkt auf. Diese Aussage hilft für die vorliegende Analyse nicht weiter, da unsere Fragestellung auf die interregionale Verteilung einer Menge von Inventionen in einer Periode abstellen muß. Aus der punktweisen Lokalisierung einer einzelnen Erfindung kann aber nicht auf eine interregional unterschiedliche Verteilung eines Stroms von Inventionen

<sup>1</sup> Die Ausnahme bilden diejenigen Erfindungen, die gleichzeitig, aber unabhängig voneinander, an verschiedenen Raumpunkten getätigt werden.

geschlossen werden, da die Erfindung  $y$  des Raumpunktes  $b_1$  (Region B) durch die Invention  $z$  des Raumpunktes  $c_3$  (Region C) kompensiert werden kann.

Um die Frage nach dem interregional unterschiedlichen Ursprung einer Inventionsmenge in einer Periode beantworten zu können, muß man sich auf die Hypothesen besinnen, welche für die Inventionen postuliert werden. Gehen wir von einer Zufallstheorie aus, nach der »the emergence of invention (is attributed) to the inspiration of the occasional genius who from time to time achieves a direct knowledge of essential truth through the exercise of intuition«<sup>1</sup>, so lassen sich nur wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen über den räumlichen Ursprung der Inventionen finden, bei denen jeder Raumpunkt eine gleich große Chance für das Auftreten einer Invention erhält.

Legt man dagegen *Ushers*<sup>2</sup> Theorie des technischen Fortschritts zugrunde, ergeben sich andere Schlußfolgerungen: Nach dieser Theorie, die sich mit den Bedingungen für eine Erfindung befaßt, ist die Invention als ein Prozeß zu verstehen, der sich in vier Stufen vollzieht:

1. Erkennen des Problems: Eine bisher geübte Regelung erweist sich in irgendeiner Form als ungenügend. Die Unzufriedenheit mit den bisherigen Verfahrensweisen und der Wunsch, die erkannte Unzulänglichkeit zu beseitigen, führen zum zweiten Schritt:

2. Zusammenfassung der bereits bestehenden Möglichkeiten: Alle zur Lösung des Problems entscheidenden Variablen und Daten werden zusammengetragen. Das wird in der Regel durch planendes, zweckrationales Handeln geschehen.

3. Akt der Einsicht, der die grundsätzliche Lösung der Frage bringt.

4. Kritische Überprüfung: die neue Möglichkeit wird ausgearbeitet, überprüft und so weit entwickelt, daß sie technisch anwendbar ist.

Die Erfindung wird in den Stufen 2 (Zusammentragen der bisherigen Möglichkeiten) und 4 (Kritische Überprüfung) manipulierbar und steuerbar. Sie hängt damit von der Höhe der Forschungsinputs (Kapital, Arbeit, bestehendes Wissen) und wegen Element 3 auch von einer Zufallsgröße ab. Die Gewichte der Inventionsdeterminanten und der Zufallsgröße lassen sich a priori nicht abschätzen. Bei der problemgerichteten Zweckforschung, bei der eine Anwendung des bereitstehenden Grundlagenwissens angestrebt wird, dürfte die Zufallsgröße jedoch relativ klein sein.

Wir kommen zu dem Ergebnis, daß der räumliche Ursprung der Invention entscheidend von der räumlichen Verteilung der Inventionsdeterminanten abhängt. Es ist realistisch anzunehmen, daß die Forschungsinputs ungleichmäßig auf die Regionen einer Volkswirtschaft verteilt sind. Als Kriterium für die räumliche Verteilung ist dabei die Höhe der Forschungsinputs pro Raumstelle oder pro Region

<sup>1</sup> *V. W. Ruttan*, Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change. »Quarterly Journal of Economics«, Vol. LXXIII (1959), S. 600.

<sup>2</sup> *A. P. Usher*, A History of Mechanical Inventions. Cambridge (Mass.) 1962, revised edition, S. 56 ff.

anzusehen. Die interregional unterschiedliche Verteilung der privaten Forschungsinputs kann an der differierenden wirtschaftlichen Struktur der Regionen abgelesen werden. Agrarische Teilräume sind durch eine andere Ausstattung mit Inventionsdeterminanten gekennzeichnet als Regionen mit einer starken Besetzung von Wachstumsindustrien oder von stagnierenden Unternehmen. Das gilt nicht nur für die Inventionsdeterminanten Kapital und Arbeit, sondern auch für die Bestandsgröße »technisches Wissen«. Denn mit Differenzen in der regionalen Wirtschaftsstruktur ist in der Regel eine interregional unterschiedliche Wissensverteilung verknüpft. Auch die staatlichen Forschungsstellen sind oft ungleichmäßig auf die Teilräume einer Volkswirtschaft verteilt, da sie häufig einer interregional ungleichmäßigen Bevölkerungsverteilung folgen. Wir kommen zu dem Ergebnis, daß die Inventionsmenge einer Periode interregional ungleich auftritt. Eine interregional ungleiche Verteilung liegt in einer vereinfachten Betrachtung dann vor, wenn die Anzahl der Inventionen in den einzelnen Regionen unterschiedlich ist. Ein befriedigenderer Maßstab müßte die Anzahl der Inventionen pro Region zum Beispiel mit ihrem potentiellen Beitrag zum Wachstumsziel bewerten<sup>1</sup>.

Als mögliches Kriterium für die unterschiedliche räumliche Verteilung von Inventionen kann faute de mieux die interregionale Distribution von Patenten<sup>2</sup> angesehen werden. Angaben über die räumliche Verteilung der Patente in der BRD sind dem Verfasser nicht bekannt<sup>3</sup>. Aus der Tatsache, daß ein beachtlicher Teil aller Patente von einer relativ kleinen Zahl von Unternehmen gehalten wird, läßt sich aber auf eine ungleiche interregionale Verteilung zumindest der Bestandsgröße »technisches Wissen« schließen. 1962 waren in der BRD 44,5% aller Patente von 172 Großunternehmen (1,3% aller Patentinhaber) angemeldet. Die übrigen 55,5% der Patente waren auf 14570 Inhaber

<sup>1</sup> Die Inventionen können entweder am Output oder an den Inputgrößen gemessen werden. Eine Messung an den Inputs führt auf die bereits angesprochene räumliche Verteilung der Forschungsinputs zurück. Zur Messung der Invention vgl. *S. Kuznets*, *Inventive Activity; Problems of Definition and Measurement*. In: *The Rate and Direction of Inventive Activity, Economic and Social Factors*. A Conference of the Universities – National Bureau Committee for Economic Research, Princeton 1962, S. 27; *B. S. Sanders*, *Some Difficulties in Measuring Inventive Activity*. In: *The Rate and Direction... a. a. O.*, S. 75 ff.; *G. Prosi*, a. a. O., S. 117 f.

<sup>2</sup> Dieses Kriterium ist unter anderem deshalb fraglich, weil nur ein Teil der Inventionen patentiert wird und weil es einige Gründe für die Vermutung gibt, daß der Anteil der patentierten Erfindungen an der Gesamtzahl der Erfindungen abnimmt; vgl. *S. Kuznets*, *Inventive Activity...*, a. a. O., S. 37; *J. Schmookler*, *The Level of Inventive Activity*. »Review of Economics and Statistics«, Bd. 36 (1954), S. 183–190.

<sup>3</sup> Auch für die USA liegt keine nach Branchen und Regionen gegliederte Patentstatistik vor. *W. R. Thompson* und *J. M. Mattila* haben die Patentanmeldungen für sieben Industriezweige nach Staaten aufgliedert. Dabei ergeben sich beachtliche Unterschiede. Vgl. *An Econometric Model of Postwar State Industrial Development*. Detroit 1959, S. 97.

gestreut<sup>1</sup>. Zieht man die Tatsache einer räumlichen Massierung von Großunternehmen in Betracht, so kann aus diesen Angaben auf eine interregional ungleiche Wissensverteilung geschlossen werden. Für die USA schätzt *Worley*<sup>2</sup>, daß 1955 über 180000 Personen in den Forschungsstätten der 100 größten Unternehmen etwa 40 vH des gesamten amerikanischen Forschungspersonals ausmachten, das im industriellen Sektor zu dieser Zeit beschäftigt war. Bei einer ungleichmäßigen räumlichen Verteilung der Unternehmen ergibt sich dann auch eine ungleichmäßige interregionale Verteilung der Erfindungen.

## 2. Die Kommunikation der Invention

Der Ursprung der Invention gibt nur Aufschluß darüber, an welcher Raumstelle eine Erfindung auftritt. Aus einer interregional ungleichen Ursprungs-Verteilung einer Menge von Inventionen in einer Periode kann aber noch keine Aussage über die ungleiche Verteilung des Wissens über Inventionen in dieser Periode<sup>3</sup> abgeleitet werden. Kommt ein Informationsstrom zustande, so erfahren auch andere Raumstellen von der Invention. Durch die interregionale Kommunikation kann also die ungleiche Ursprungs-Verteilung eines Stroms von Inventionen aufgehoben werden.

Die Analyse der Kommunikationsströme über getätigte Inventionen

<sup>1</sup> Bericht über das Ergebnis einer Untersuchung der Konzentration in der Wirtschaft. Deutscher Bundestag, 4. Wahlperiode, Drucksache IV 12 320, 1964, S. 23/24.

<sup>2</sup> *J. S. Worley*, The Changing Direction of Research and Development Employment Among Firms. In: *The Rate and Direction...*, a. a. O., S. 234/235. Der ungleiche Ursprung der Erfindungen wird auch durch folgende Feststellungen bestätigt: »... the approximately one half (54.6 per cent) of the total U. S. population residing in (168) standard metropolitan areas in 1945 received over four fifths of the patents granted in the years 1947 and 1948 in fourteen... selected processes« (S. 257); Und: »... inventive activity (as measured by patents) ... is highly correlated ... with the current distribution of employment in an industry ... most closely associated with that kind of inventive activity« (S. 260); *W. B. Thompson*, Locational Differences in Inventive Effort and their Determinants. In: *The Rate and Direction...*, a. a. O.

<sup>3</sup> Der Bezug der Inventionsmenge auf die Periode macht deutlich, daß die räumliche Verteilung neuen technischen Wissens zeitabhängig ist. Betrachtet man eine einzelne Invention im Zeitraum  $t$  bis  $t + 1$ , so wird die Information über diese Invention zunehmen, wenn  $t + 1$  immer größer gewählt wird. Bei einer Menge von Inventionen ist aber zu beachten, daß mit größerem  $t + 1$  unter der Annahme eines zeitlich kontinuierlichen Entstehens von Inventionen jeweils wieder neue Erfindungen hinzutreten, deren Kommunikationsprozeß gerade erst beginnt. Für die vorliegende Analyse, die sich auf neues technisches Wissen beschränkt, reicht die Betrachtung der Inventionen aus, die in einer Periode, zum Beispiel in einem Jahr, auftreten. Wenn eine Untersuchung der Bestandsgröße »technisches Wissen« angestrebt wird, müssen die Inventionsmengen mehrerer Perioden analysiert werden. Dabei muß beispielsweise die Frage beantwortet werden, welches Gewicht Inventionen vergangener Perioden gegeben werden und wie der Wertverlust dieser Inventionen infolge neuer Erfindungen berechnet werden soll.

wird damit zu einem Zentralpunkt für die Frage nach der interregionalen Verteilung des technischen Wissens. Formal können diese Informationsströme in einer Kommunikations-(Sender-Empfänger)Matrix dargestellt werden, indem auf der Vertikalen und der Horizontalen die Möglichkeitsmenge aller Raumpunkte, unterteilt nach Regionen, aufgetragen wird. Dabei können einzelne Raumstellen innerhalb einer Region, die relativ homogen und nicht weit voneinander entfernt sind, zu Lokalkomplexen zusammengefaßt werden (zum Beispiel Region-Branchen). Ein solcher Komplex umfaßt beispielsweise alle Konsumeinheiten, deren Interaktion untereinander vernachlässigt werden kann. Wird der Informationsstrom durch einen Pfeil verdeutlicht, so stellt sich die Kommunikationsstruktur etwa für ein Zwei-Regionen-Modell folgendermaßen dar:

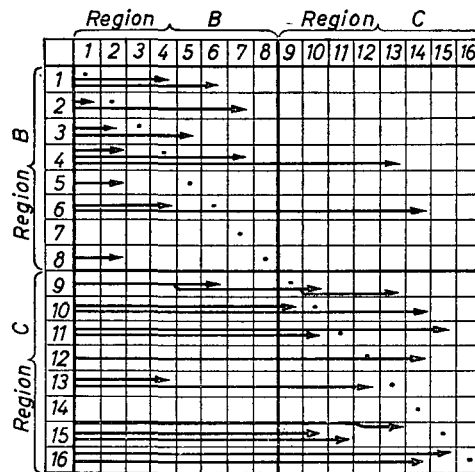


Abb. 1

In bezug auf die Kommunikationsrichtung wird definiert: Eine atomisierte Kommunikationsrichtung liegt vor, wenn eine Information viele Raumstellen erreicht (zum Beispiel Zahl der betroffenen Raumstellen über 80 vH). Eine Kommunikationsrichtung ist polarisiert, wenn nur eine geringe Anzahl von Raumstellen die Information empfängt (Zahl der betroffenen Raumstellen unter 10 vH). Zwischenwerte können mit partieller Polarisation bezeichnet werden. Die Kommunikation ist vollkommen, wenn alle Raumstellen Rezeptoren sind; dagegen wollen wir den Fall, daß keine Informationsübermittlung zustande kommt, als Kommunikationsträgheit bezeichnen.

Im folgenden muß gefragt werden, welche Kommunikationsrichtung bei potentiell neuem technischen Wissen wahrscheinlich auftritt. Wenn uns eine Antwort auf diese Frage gelingt, haben wir bereits eine Teilantwort auf die Frage nach der interregionalen Verteilung neuen technischen Wissens.

Bei der Analyse der Informationsströme über Inventionen ist zu differenzieren zwischen Informationsimpulsen durch staatliche und private Forschungsstätten<sup>1</sup>.

a) Staatlich geförderte Forschungsstellen, die in der Regel Grundlagenforschung betreiben, werden eine große Bereitschaft haben, neu gewonnene Kenntnisse weiterzugeben. Diese Bereitschaft zur Abgabe von Information, also die Sendebereitschaft, ist aber noch keine hinreichende Bedingung für das Zustandekommen der Kommunikation<sup>2</sup>. Sieht man von dem Problem ab, ob das Kommunikationssystem effizient genug organisiert ist, ob also die Kommunikationsmittel ausreichen oder ob es schwache Glieder in einer Informationskette gibt und damit die Gefahr des Informationsverlustes besteht, so bleibt immer noch die Frage zu beantworten, ob der Rezeptor aufnahmebereit ist und ob er die gegebenen Informationen weiterverarbeiten kann. So setzt die Rezeption neuen Grundlagenwissens in der Regel einen bestimmten technischen Horizont voraus, der die Aufnahme dieses Wissens gestattet; die Merklichkeit einer solchen Nachricht erfordert außerdem beim Rezeptor oft eine Unzufriedenheit mit den bisher geübten Verfahrensweisen – eine Einstellung, die erst die Vorteile eines neuen Verfahrens deutlich machen kann. Beim Rezeptor muß also eine ganz bestimmte Prädisposition vorliegen, wenn die Kommunikation zustande kommen soll. Es ist anzunehmen, daß deshalb auch bei den Informationen über Grundlagenforschung bereits eine vom Rezeptor verursachte Differenzierung in der Wissensverteilung zustande kommt.

Oft werden die Ergebnisse der Grundlagenforschung auch in bestimmte Kanäle gelenkt. So werden die französischen Universitäten schwerpunktmäßig in der Art ausgebaut, daß einzelne Forschungsgebiete an denjenigen Raumpunkten stark vertreten sind, an denen die an diesen Forschungsgebieten interessierte Industrie massiert ist (Wasser- und Atomwirtschaft in Grenoble, Maschinenbau in Rouen: neuer Standort der Automobilindustrie). In diesem Fall werden gerade auf Grund informeller Informationsströme die in räumlicher Nähe der Universitäten befindlichen Unternehmen schneller informiert sein als die

<sup>1</sup> Eine andere, für den Kommunikationsprozeß wichtige Unterscheidung ist die Differenzierung zwischen Inventionen, die nur einen Sektor betreffen, und solchen, die für alle Sektoren relevant sind (zum Beispiel Organisationsneuerungen). Je nach der Art der Erfindung werden andere Kommunikationsströme relevant. Diesen Hinweis verdanke ich Frau Dr. *E. Lauschmann*.

<sup>2</sup> Zur Kommunikationstheorie vgl. *R. L. Meier*, *A Communications Theory of Urban Growth*. Published for the Joint Center for Urban Studies of the MIT and Harvard University 1962; *R. Kramet*, *Information und Kommunikation*. Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, hrsg. von *E. Kosiol* und *E. Grochla*, Bd. 23, Berlin 1965; siehe ferner: *C. Shannon* and *W. Weaver*, *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana 1949; *A. Feinstein*, *Foundations of Information Theory*. New York 1958; *F. M. Reza*, *An Introduction to Information Theory*. New York 1961; *A. M. McDonough*, *Information Economics and Management Systems*. New York 1963. *R. A. Johnson*, *F. E. Kast* and *J. E. Rosenzweig*, *The Theory and Management of Systems*. New York 1963.



nicht an diesem Raumpunkt vertretenen Unternehmen. Ein solcher time-lag der Information kann entscheidend zu einer interregionalen Differenzierung der Kenntnisse von Inventionen beitragen, wenn man bedenkt, daß die Ergebnisse der Grundlagenforschung nur die Ausgangsbasis für die Zweckforschung darstellen. Unternehmen, welche die Ergebnisse der Grundlagenforschung früher kennen, werden in der Regel schneller in der Zweckforschung weiterkommen. Es kommt hinzu, daß selbst eine vollkommene Information über Ergebnisse der Grundlagenforschung noch nicht ausreicht, um zu einer Gleichverteilung des Wissens über Inventionen zu gelangen. Denn die Zweckforschung wird aufgrund der Finanzlage, der Dynamik, der Marktstellung des einzelnen Unternehmens auch bei vollkommener Information über die Ergebnisse der Grundlagenforschung mit unterschiedlicher Intensität verfolgt werden.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, daß in einem regionalen und interregionalen Kommunikationsmodell die potentiellen Rezeptoren nicht gleichmäßig über den Raum verteilt sind. Ähnlich wie die Informationsimpulse nur an einzelnen Raumstellen auftreten, werden aufgrund der bestehenden Raumstruktur die potentiellen Informationsempfänger an wenigen Raumpunkten konzentriert sein. Selbst bei Weitergabe einer Information an alle interessierten Entscheidungseinheiten wird aufgrund der Massierung von ökonomischen Aktivitäten an einzelnen Raumstellen die Wahrscheinlichkeit, daß an diesen Raumpunkten eine frei verfügbare Information auch tatsächlich eintrifft (und verarbeitet wird), erheblich größer. Die gegebene Raumstruktur, wie zum Beispiel der Industriebesatz einer Region, wird damit zu einer weiteren Determinante für die ungleiche Wissensverteilung.

Mit den vorstehenden Überlegungen wird deutlich, daß eine räumliche Gleichverteilung des Wissens über die Erfindungen staatlicher Forschungsstellen nicht angenommen werden kann. Die Kommunikationsrichtung wird in der Tendenz partiell polarisiert sein.

b) Bei Erfindungen privater Forschungsstellen (zum Beispiel der Unternehmen), bei denen neben der Grundlagenforschung vor allem die Zweckforschung entscheidend ist, ergibt sich eine noch stärkere Tendenz der Inventionen, regional und interregional immobil zu sein, da neben den oben aufgeführten Faktoren noch zusätzliche Informationshemmnisse hinzukommen. Handelt es sich bei einem Inventor um eine Privatperson, so findet zwar eine Kommunikation statt. Es ergibt sich in der Regel aber kein Informationsbaum, sondern nur eine geringe Anzahl von Informationsrelationen (und oft nur eine einzige), da der Inventor seine Informationsimpulse in bestimmte Kanäle lenkt. Eine zweite Informationsrelation kommt erst dann zum Zuge, wenn der zuerst angesprochene Rezeptor kein Interesse zeigt. Es entsteht also in diesem Fall eine partiell polarisierte Kommunikationsrichtung.

Sind die Inventoren private Unternehmer, so haben sie in der Regel ein Interesse, die Erfindung nicht mitzuteilen<sup>1</sup>. Sie werden sich deshalb

<sup>1</sup> Ein Problem, das die weitere Analyse zu klären hat, ist die Frage, von welchen

bemühen, die Erfindung aus dem regionalen und interregionalen Informationsfluß auszuschließen und die Informationskanäle zu verstopfen. Inventionen werden bewußt nicht in den Kommunikationsprozeß aufgenommen, um eine Verschlechterung der Konkurrenzsituation zu vermeiden. Damit entfällt eine *conditio sine qua non* jeder Kommunikation: die Existenz eines Senders. Eine Übermittlung von Wissen kann damit nicht zustande kommen. Sieht man von zufälliger informeller Information durch die in den Unternehmen Beschäftigten und von Industriespionage ab, so wirkt diese Verhaltensweise auf eine temporäre Immobilität der Neuerungen hin<sup>1</sup>.

Die interregionale Immobilität der Invention wird durch den interregionalen Export von technischem Wissen verringert. Es handelt sich dabei um Unternehmen, die sich bewußt formeller Kommunikationsstrukturen bedienen und Inventionen, zum Beispiel in Form von Lizenzen, gegen Bezahlung an andere Unternehmen weitergeben. Dieser Fall, welcher im internationalen Handel relevant ist, dürfte aber bei der interregionalen Interaktion kaum eine Rolle spielen. Auf internationaler Ebene geben in der Regel solche Unternehmen Wissen frei, die nicht in der Lage sind, ihre Invention so in die Produktion umzusetzen, daß sie außer dem heimischen Markt die Märkte aller anderen Volkswirtschaften beliefern können. Durch die internationale Weitergabe der Invention werden (bei entsprechenden Importabsprachen) die Absatzchancen auf dem heimischen Markt nicht beeinträchtigt. Eine Freigabe der Invention für andere Regionen bringt aber eine Beeinträchtigung der Absatzmengen eines interregionalen Gutes mit sich. Eine Kommunikation wird also höchstens bei regionalen<sup>2</sup> Gütern zu beobachten sein. Dieser Fall dürfte aber keine entscheidende Relevanz besitzen.

Aus den oben ausgeführten Gründen: der Kommunikationsfeindlichkeit der Inventoren (falls es sich um private Unternehmen handelt), der unterschiedlichen Prädisposition der Rezeptoren usw. ist eine sehr breite Streuung der Information in wenigen Perioden (zum Beispiel ein, zwei Jahren) nicht zu erwarten: Erfindungen staatlicher Forschungs-

---

Faktoren die Kommunikationsstruktur bestimmt wird. Dabei müßte der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Kommunikationsstruktur auf andere, bekanntere oder leichter zu bestimmende Strukturen wie zum Beispiel die Sozialstruktur (Relevanz bestimmter Gruppenmitgliedschaften), die Unternehmensverflechtung, die Raumstruktur (Verteilung der für das Problem relevanten Sender und Empfänger) usw. zurückgeführt werden kann.

<sup>1</sup> Vgl. auch die Darstellung *K. Borchardts* über Dominanzeffekte ungleicher Wissensverteilung: Integration in wirtschaftshistorischer Perspektive. In: *Weltwirtschaftliche Probleme der Gegenwart*, hrsg. von *E. Schneider*, »Schriften des Vereins für Socialpolitik«, N.F. Bd. 35, (Berlin 1965), S. 394; *T. Hägerstrand*, *Aspects of the Spatial Structure of Social Communication and the Diffusion of Information*. »Papers and Proceedings of the Regional Science Association«, Vol. XVI (1966), S. 27-42.

<sup>2</sup> Ein regionales Gut ist ein Produkt, das nur in einer Region produziert und auch nur in dieser Region nachgefragt wird. Ein interregionales Gut wird in mehreren Regionen nachgefragt, unter Umständen aber nur in einer Region produziert.

institute werden zwar eine partiell polarisierte Kommunikationsrichtung haben, private Inventionen sind dagegen polarisiert oder durch Kommunikationsträgheit gekennzeichnet.

Wir kommen zu dem Ergebnis: Der Ursprung der aggregaten Größe »potentielles neues technisches Wissen« ist interregional differenziert. Die ungleiche interregionale Ursprungs-Verteilung einer Menge von Inventionen wird in wenigen Perioden durch die interregionale Kommunikation nicht aufgehoben.

## II. Interregionale Unterschiede in der Innovation

Selbst wenn man von einer völlig gleichmäßigen interregionalen Verteilung der Information über eine Menge von Erfindungen einer Periode ausgeht, so kann sich eine ungleiche interregionale Verteilung des technischen Wissens durch eine unterschiedliche Realisierung der Inventionen in den einzelnen Teilräumen ergeben. Bei der Realisierung von Inventionen ist zu unterscheiden zwischen einer Innovation im Sinne einer ersten Realisierung potentiellen neuen technischen Wissens<sup>1</sup> und der Diffusion dieses realisierten Wissens auf andere Raumstellen. Die Ausführungen dieses Abschnitts beziehen sich auf die Innovation.

Eine ungleiche Verteilung einer Innovationsmenge auf die einzelnen Regionen kann außer durch die Distribution der Information auch durch die unterschiedliche Verteilung folgender Determinanten zustande kommen:

1. Einige Innovationen sind aufgrund ihrer Eigenart an einen oder wenige Raumpunkte gebunden.

a) So treten Rohstoffneuerungen, soweit sie sich auf natürliche Rohstoffe beziehen, an einzelnen Raumpunkten auf. Das Kennzeichen dieser Innovationen ist darin zu sehen, daß sie beim Abbauboden bestimmter Raumstellen ansetzen.

b) Ähnlich sind auch solche Innovationen an einzelne Raumpunkte gebunden, die eine partielle Verbesserung einer bereits bestehenden Struktur mit sich bringen und ohne diese Struktur nicht denkbar oder nicht zweckmäßig sind. So mögen zum Beispiel bestimmte Organisationsneuerungen bewußt an einer bereits existierenden Organisationsstruktur ansetzen; die Umorganisation ist dann auf die spezifischen Charakteristika einer bestehenden Organisation zugeschnitten und nicht auf andere Strukturen übertragbar. Auch bei Verfahrensneuerungen ist eine solche faktische Immobilität der Neuerungen vorstellbar, zum Beispiel immer dann, wenn eine partielle Verbesserung eines einzelnen Produktionsverfahrens entdeckt wird und diese Verbesserung eine Ausschaltung des existierenden Verfahrens aus dem Produktionsprozeß nicht rechtfertigt. Die gegebene räumliche Verteilung des Verfahrens bestimmt dann die Verteilung der möglichen Anwendung der Erfin-

<sup>1</sup> Gegensätzliche Definition bei *R.D. Johnston*, *Technical Progress and Innovation*. »Oxford Economic Papers«, Vol. 18 (1966), S. 160.

dung. Als eine partielle (oder marginale) Neuerung ist auch die totale Änderung eines Verfahrens zu verstehen, das ein Subsystem des gesamten betrieblichen Produktionsprozesses darstellt. In diesen Fällen ist eine Ausgliederung des neuen Verfahrens aus dem bisherigen Produktionsprozeß nicht möglich; die räumliche Verteilung der Neuerung hängt dann von der räumlichen Verteilung der Gesamtsysteme ab, an deren Subsystemen die Neuerung ansetzt.

c) Diese spezifische Gruppe partieller Innovationen, die definitionsgemäß auf eine bestehende Struktur und damit auf einen einzigen oder wenige Raumpunkte bezogen ist, stellt nur eine kleine Teilmenge von Innovationen dar. Die meisten Innovationen sind nicht durch ein Definitionsmerkmal gekennzeichnet, das sie auf bestehende Strukturen festlegt. Wir wollen sie als potentiell mobile Innovationen bezeichnen. Die Realisierung dieser potentiell mobilen Innovationen hängt davon ab, ob an den einzelnen Raumstellen die für die Innovation erforderlichen Standorteigenschaften (Marktnähe, interregional unterschiedliche Verteilung des Infrastrukturkapitals<sup>1</sup> usw.) vorhanden sind. Die ungleiche Verteilung der Standorteigenschaften, zum Beispiel bestimmter Minimumerfordernisse oder bestimmter Kombinationen von Standortqualitäten, schränkt die Innovation auf einzelne Raumpunkte ein. Zwar ist es denkbar, daß die Bündel von Standortanforderungen und die gegebene Mischung der Standortqualitäten<sup>2</sup> so beschaffen sind, daß jede Region einen gleich starken Anteil einer Menge von Innovationen realisiert. Dieser Fall dürfte aber unrealistisch sein. Wir können davon ausgehen, daß durch die unterschiedliche Verteilung der Standorteigenschaften auf die Regionen eine Innovationsmenge interregional differenziert auftritt.

d) Eine potentiell mobile Innovation kann auch dadurch auf einen einzigen Raumpunkt eingeschränkt werden, daß sowohl die Ersatzinvestition als auch ein erheblicher Teil der Nettokapitalbildung an bereits bestehende Unternehmen gebunden sind. Denn: Unterstellt man Beharrungsmuster im Investitionsverhalten derart, daß eine Reihe von »Finanzierungsmitteln« (Selbstfinanzierung, Finanzierung aus freigesetztem Kapital) primär in den Unternehmen eingesetzt werden, in denen sie entstehen, so wird die Durchsetzung eines neuen Verfahrens weitgehend an den Raumstellen erfolgen, an denen bereits Unternehmen existieren. Die gegebene Raumstruktur determiniert die Verteilung von Innovationen. Eine interregional ungleiche Verteilung der Unternehmen über den Raum wirkt sich dann in interregional unterschiedlichen Mengen von Innovationen aus. Ein solcher räumlicher Sperrklinkeneffekt hängt von den Möglichkeiten der Innenfinanzierung in den

---

<sup>1</sup> Vgl. *P. G. Jansen*, Infrastrukturinvestitionen als Mittel regionaler Wirtschaftspolitik. Erscheint demnächst.

<sup>2</sup> Zur Standortanalyse vgl. *H. K. Schneider*, Über einige Probleme und Methoden regionaler Analyse und Prognose. In: *Regionalplanung, Beiträge und Untersuchungen*, Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, S. 103 ff.

einzelnen Regionen ab; er wird durch eine interregionale Differenzierung der Innenfinanzierung (zum Beispiel Besatz einer Region mit stagnierenden Branchen) entsprechend modifiziert. Bei sehr geringen Selbstfinanzierungsmöglichkeiten zum Beispiel ist ein solches räumliches Beharrungsmuster *ceteris paribus* nicht wirksam.

Soll dieses Beharrungsvermögen der Raumstruktur durchbrochen werden, so müssen besondere Anreize zur Neu-Orientierung der Standortentscheidungen gegeben sein. Ein solches Abweichen von der gegebenen Raumstruktur<sup>1</sup> ist in drei Fällen möglich:

- ein neues Unternehmen dringt auf den Markt
- ein bestehendes Unternehmen errichtet ein Zweigwerk
- ein bestehendes Unternehmen verlagert seinen Standort.

In diesen Fällen liegt aber ebenfalls keine totale Mobilität der Innovationen vor, weil die Innovationen – wie oben erwähnt – von der Verteilung der Standortqualitäten abhängen. Im Gegensatz zum Sperrklinkeneffekt haben die Unternehmen bei der Wahl des neuen Standorts aber nicht auf eine in der Zeit akkumulierte Serie von eigenen, historisch bestimmten Standortentscheidungen Rücksicht zu nehmen.

Als Ergebnis ist festzuhalten: Rohstoffneuerungen sind – soweit sie natürliche Rohstoffe betreffen – an Raumpunkte gebunden. Partielle Neuerungen und ein Teil potentiell mobiler Innovationen hängen von der gegebenen räumlichen Verteilung von Unternehmen ab und sind damit immobil. Die potentiell mobilen Innovationen werden durch die Ungleichheit in der räumlichen Verteilung von Standortqualitäten eingeschränkt: Liegt eine interregional ungleiche Verteilung der bereits bestehenden Unternehmen und der Standortqualitäten vor, so sind die einzelnen Regionen durch unterschiedliche Anteile am gesamtwirtschaftlichen Strom von Innovationen gekennzeichnet.

2. Neben diesen Faktoren können eine Reihe anderer Determinanten zu einer interregional unterschiedlichen Verteilung der Innovationen führen. So bringt eine unterschiedlich starke Kapitalbildung in einzelnen Regionen eine interregionale Differenzierung einer Menge von Innovationen mit sich. Einmal hat die Region mit der stärkeren Nettokapitalbildung die größeren Chancen, mit der Installierung einer neuen Anlage auch technische Fortschritte einzufangen. Zum anderen können Regionen mit starker Kapitalausstattung neues technisches Wissen eher realisieren als Regionen mit geringerem Kapitalbestand. Das folgt daraus, daß nicht die Nettoinvestitionen allein für die Verkörperung neuen technischen Wissens entscheidend sind, sondern die Bruttoinvestitionen das Gefährt darstellen, mit dem die neuen Techniken dem Kapitalbestand hinzugefügt werden<sup>2</sup>. Die Region mit einem größeren

<sup>1</sup> Hier fehlt eine dynamische Standortbestimmungslehre. Ein erster Ansatz findet sich bei *E. v. Böventer*, Bemerkungen zur optimalen Standortpolitik der Einzelunternehmung. In: *Gestaltungsprobleme der Weltwirtschaft*. Festschrift für A. Predöhl, hrsg. von *H. Jürgensen*, Göttingen 1964, S. 440–461.

<sup>2</sup> *W. Salter*, *Productivity and Technical Change*. Cambridge 1960, S. 65; vgl.

Sachkapitelbestand hat *ceteris paribus* höhere Ersatzinvestitionen und bei gleicher Höhe der Nettoinvestitionen in den einzelnen Regionen auch höhere Bruttoinvestitionen. Eine solche Region wird neue Verfahren schneller realisieren<sup>1</sup>.

Da die Verteilung der Kapitalmittel auf die Regionen entscheidend von der interregionalen Mobilität der Investierungsmittel beeinflußt wird, können Regionen mit schwacher eigener Nettokapitalbildung und geringen Ersatzinvestitionen durch den Import von Finanzierungsmitteln ihre Chancen zur Realisierung von Innovationen erhöhen. Ein solcher Import wird aber nur dann erfolgen, wenn in dieser Region die entscheidenden Standorterfordernisse für eine Innovation gegeben sind.

3. Die interregionale Verteilung eines Stroms von Innovationen hängt auch von der Betriebsgröße der in der Region vertretenen Unternehmen ab. So ist es einer Region mit einer starken Besetzung von Großbetrieben<sup>2</sup> leichter möglich, Innovationen als erste durchzusetzen. Großbetriebe können wegen der oft mit der Größe verbundenen Marktsituation unter Umständen höhere Gewinne realisieren und damit eine stärkere Selbstfinanzierung betreiben; sie sind in der Lage, für Innovationen mit bestimmten Mindestgrößen die notwendigen Kapitalmittel aufzubringen. Schließlich ist Großbetrieben – falls es sich um Mehrproduktunternehmen handelt – auch die Möglichkeit gegeben, das Risiko einer Innovation auf bereits eingeführte Produkte zu streuen.

Die Innovation wird auch von der Situation in den einzelnen Sektoren beeinflußt. So werden die Bedingungen für eine Innovation sehr unterschiedlich sein, je nachdem ob sich eine Branche in der Experimentier-, der Expansions- oder der Ausreifungsphase befindet<sup>3</sup>. *Brozen* betont, daß eine schrumpfende Branche nur dann ein neues Verfahren anwendet, wenn die Gesamtkosten pro Stück niedriger als die variablen Stückkosten des alten Verfahrens sind. Bei einem expandierenden Sektor wird dagegen der Kostenvergleich zwischen den gesamten Durchschnittskosten beider Verfahren durchgeführt<sup>4</sup>. Auch die konjunkturelle Situation einer Branche kann sich auf die Innovation auswirken<sup>5</sup>.

---

auch die Diskussion um den Embodiment-Effect, zum Beispiel bei *R. B. Nelson*, *Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections*. »*American Economic Review*«, Vol. LIV (1964), S. 575–606.

<sup>1</sup> Bei dieser Aussage ist die Lebensdauer der Anlagen zu beachten. Haben die beiden Regionen B und C einen wertmäßig gleich großen Kapitalbestand, sind die Anlagen von B aber durch eine kürzere Lebensdauer gekennzeichnet, so ist für B eine Substitution durch neue Anlagen schneller möglich.

<sup>2</sup> Zur Problematik vgl. *R. E. Johnston*, a. a. O., S. 170; *E. Mansfield*, *The Economics of Research and Development; A Survey of Issues, Findings, and Needed Future Research*. In: *Patents and Progress, The Sources and Impact of Advancing Technology*, Ed. by *W. Alderson*, *V. Terpestra*, *St. J. Shapiro*, Homewood, Ill., 1965, S. 107 ff.; Derselbe, *The Speed of Response of Firms to New Techniques*. »*Quarterly Journal of Economics*«, Vol. (1963), S. 310.

<sup>3</sup> Vgl. *E. Heuß*, *Allgemeine Markttheorie*. Tübingen 1965.

<sup>4</sup> *Y. Brozen*, *Invention, Innovation and Imitation*. »*American Economic Review*«, Vol. 41 (1951), S. 246.

<sup>5</sup> In einer sektoralen konjunkturellen Überhitzung ist es zwar relativ leicht,

Da die Sektoren unterschiedlich auf die einzelnen Regionen einer Volkswirtschaft verteilt sind und da sich für die einzelnen Sektoren eine unterschiedliche Konjunktur- und Wachstumssituation ergibt, werden die Bedingungen für die Innovationen in den einzelnen Regionen unterschiedlich sein. Es ist damit eine ungleichmäßige Verteilung der Innovationen auf die einzelnen Teilräume zu erwarten.

4. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Determinanten, welche eine Innovation ermöglichen bzw. erleichtern, stellt die Wettbewerbsintensität eine Einflußgröße dar, die einen Druck auf die Unternehmen ausübt, eine Innovation durchzuführen<sup>1</sup>. Intensiver Wettbewerb wird den Unternehmer veranlassen, neues technisches Wissen zu realisieren, um einen Vorteil gegenüber seinen Konkurrenten zu erringen. Bei schwächerem Wettbewerb wird dagegen der Anreiz zur Innovation geringer sein. Eine unterschiedliche Wettbewerbsintensität in den einzelnen Regionen bringt also interregional unterschiedliche Anreize zur Innovation mit sich. Eine unterschiedliche Wettbewerbsintensität einer Branche in verschiedenen Regionen kann nicht nur bei regionalen Gütern, sondern auch bei interregionalen Produkten vorliegen, etwa dann, wenn die Marktanteile zum Beispiel des nationalen Preisführers in den einzelnen Regionen unterschiedlich groß sind und er sich in den Regionen mit einem geringen Absatz um eine Ausweitung seines Marktanteils bemüht. In diesem Fall kann eine einzelne Innovation dann interregional differenziert auftreten, wenn einem auf dem Gesamtmarkt anbietenden Unternehmen eine Regionalisierung der Innovation möglich ist, etwa derart, daß bei einer Dezentralisierung der Produktion die Produktionsstätten einer bestimmten Region zuerst umgestellt werden oder daß eine organisatorische Neuerung im Vertriebssystem zuerst in einem Teilraum mit hoher Wettbewerbsintensität angewandt wird.

Betrachtet man nicht eine einzelne Innovation einer Branche, sondern die Menge von Innovationen aller Branchen in einer Periode, so kann auch in diesem Fall die Innovationsmenge unterschiedlich auf die einzelnen Regionen verteilt sein. Und zwar wird aufgrund der vorstehenden Überlegungen diejenige Region Innovationen am schnellsten realisieren, die stark mit wettbewerbsintensiven Branchen besetzt ist. Regionen mit Sektoren, in denen eine geringe Wettbewerbsintensität herrscht, werden weniger stark an den Innovationen beteiligt sein.

5. Die bisher beschriebenen Einflußfaktoren der Innovation beziehen sich auf die Kennzeichnung der Situation, in der ein Akteur agiert. Die

---

Kapitalmittel für eine Innovation aufzubringen; eine Neuerung stört aber temporär den Produktionsablauf; in einer sektoralen Depression reichen die Gewinne dagegen oft nicht aus, ein neues Verfahren einzuführen. Innovationen werden also dann realisiert werden, wenn weder eine zu starke Überlastung noch eine zu starke Nichtauslastung der Kapazitäten vorliegt. Vgl. *E. Mansfield*, der zu dem Ergebnis kommt, daß Verfahrensneuerungen dann eingeführt werden, wenn ein Unternehmen bei 75 vH der Kapazität operiert: *Research and Technological Change*. *Industrial Research*, o. O. 1964, S. 27.

<sup>1</sup> Vgl. *R. E. Johnston*, a. a. O., S. 162.

Handlung als Prozeß zwischen Akteur und Situation<sup>1</sup> setzt aber neben der Kenntnis der Situation eine Orientierung des Akteurs voraus. Die Verteilung der Innovation auf den Raum hängt also auch entscheidend von der unterschiedlichen Motivationsstruktur, von der Risikobereitschaft und den Attitüden der Unternehmer in den einzelnen Regionen ab.

Wir kommen zu dem Ergebnis: Unterschiedliche Standorteigenschaften, eine Differenzierung der Finanzierungsmittel, verschiedener Industriebesatz in Verbindung mit unterschiedlichen Situationen der Sektoren führen zu einem interregional unterschiedlichen Strom von Innovationen. Berücksichtigt man neben diesen Determinanten noch die ungleiche Verteilung der Informationsmasse über Inventionen, so ist eine unterschiedliche Verteilung einer Menge von Innovationen einer Periode auf die einzelnen Regionen sehr wahrscheinlich.

### III. Interregionale Unterschiede in der Diffusion realisierten neuen technischen Wissens

Neben der Innovation im Sinne der ersten Durchsetzung neuen technischen Wissens ist für die Realisierung einer Invention und damit für die interregionale Verteilung des technischen Wissens auch der Diffusionsprozeß des zunächst nur an einer Raumstelle angewandten subjektiv neuen Wissens entscheidend. Bei dieser Frage nach der Diffusion neuen technischen Wissens sind folgende Fälle und folgende Aspekte streng auseinander zu halten:

1. Ein Unternehmen entwickelt ein neues Kapitalgut  $x$  (das zum Beispiel eine verbesserte oder verbilligte Produktion von  $y$  ermöglicht) und bringt dieses Kapitalgut auf den Markt. Dann ist zu fragen:

a) Wie verhalten sich die Anbieter, die ein ähnliches Gut  $x$  auf dem gleichen Markt verkaufen wollen: Werden sie die Innovation nachahmen?

b) Wie verhalten sich die Nachfrager, die das neue Kapitalgut  $x$  bei ihrer Produktion weiterverwenden wollen? Wer wendet das neue Kapitalgut am schnellsten in der Produktion an und wie schnell folgen die anderen Nachfrager?

2. Ein Unternehmen, welches das Konsumgut  $z$  herstellt, entdeckt ein neues Kapitalgut (Verfahren)  $t$ ; dieses neue Kapitalgut wird nicht weitergegeben, sondern zur Produktion eines besseren oder billigeren Konsumgutes  $z'$  verwendet. Dabei ergeben sich wieder zwei verschiedene Aspekte:

a) Wie verhalten sich die anderen Anbieter des Konsumgutes  $z$ ?

b) Wie verhalten sich die Nachfrager in bezug auf das neue Konsumgut  $z'$  im Verhältnis zum alten Gut  $z$ ?

Bei der Diffusion neuen realisierten Wissens sind also zwei Aspekte zu unterscheiden: Einmal ist die Frage zu untersuchen, wie sich die konkurrierenden Anbieter eines Innovators verhalten (Fälle 1a, 2a); das

<sup>1</sup> T. Parsons, *The Structure of Social Action*. Glencoe Ill., 3. Aufl., 1964, S. 44.



ist die Frage nach der Imitation. Zum anderen muß geprüft werden, wie die Nachfrager ein Gut akzeptieren, das technischen Fortschritt verkörpert (Fälle 1b, 2b); das ist die Frage nach der Adaption.

Beide Fragenkomplexe sind miteinander verbunden, da die starke Akzeptierung eines Gutes durch die Nachfrager Rückwirkungen auf das Verhalten der Anbieter haben wird<sup>1</sup>. Im folgenden werden beide Aspekte jedoch isoliert behandelt. Wir wollen zunächst die Frage untersuchen, wie sich die konkurrierenden Anbieter *R*, *S* verhalten, wenn das Unternehmen *T* ein neues Gut auf den Markt bringt.

### 1. Das Verhalten der konkurrierenden Anbieter: Die Imitation

a) Bei der Frage, inwieweit andere Unternehmen einer Innovation folgen, ist wiederum die Analyse des Informationsflusses, und zwar jetzt über die Innovation, entscheidend. Die Kommunikationsstruktur beeinflußt also nicht nur die interregionale Verteilung der Inventionen, sondern auch der Realisierung von Inventionen. Liegt zwischen verschiedenen Unternehmen eine kompetitive Interdependenz vor, so wird der Innovator versuchen, seine Planung in bezug auf die Innovation geheim zu halten, um den Informationsstand seines Konkurrenten nicht zu verbessern. Von Bedeutung für die Imitation einer Innovation ist die Länge des Transmissions-Intervalls. Darunter verstehen wir mit *Richardson*<sup>2</sup> die Zeitdauer, die angibt, wann ein Unternehmer von der Innovation eines anderen Unternehmers erfährt. Die Merkmalschwelle, die das Ende des Transmissions-Intervalls bestimmt, kann zum Beispiel im Beginn oder der Durchführung eines Werbefeldzuges für ein Produkt liegen, aus dem auf ein neues Produktionsverfahren zu schließen ist; sie kann mit dem Ende der Ausreifungszeit einer Innovation und damit mit dem Zeitpunkt zusammenfallen, an dem die Innovation Marktreife erlangt, oder sie kann durch einen Rückgang des eigenen Marktanteils erreicht werden. Schließlich ist in dem Fall, in dem vom Produkt her keine Rückschlüsse auf Innovationen möglich sind, die Gewinnentwicklung des Konkurrenten ein Hinweis auf realisierte Inventionen. So kann eine überdurchschnittliche Gewinnentwicklung des Konkurrenten auf die erfolgreiche Realisierung neuer Verfahren zurückzuführen sein. Die Merkmalschwelle und damit das Transmissions-Intervall hängen damit entscheidend von der Organisation des unternehmerischen Informationssystems ab.

Das Transmissions-Intervall kann nicht nur durch den Aufbau eines effizienten Informationsapparates, sondern auch durch solche Maßnahmen verkürzt werden, die auf einen Abbau der kompetitiven Interdependenzen hinarbeiten. Vor allem über Mittel der Wettbewerbsbe-

<sup>1</sup> Umgekehrt kann eine starke Imitation die Voraussetzung für eine starke Adaption sein.

<sup>2</sup> *G. B. Richardson*, *Information and Investment. A Study in the Working of the Competitive Economy*. Oxford 1960, S. 51.

schränkung (Kartelle, implizite Absprachen) ist es möglich, die Information über konkurrierende Investitionen zu verbessern<sup>1</sup>, da mit diesen Regelungen gleichzeitig formelle oder informelle Kommunikationsstrukturen geschaffen werden.

Damit hängt die Kenntnis über die Realisierung neuen technischen Wissens auch von der Wettbewerbsintensität und von privaten Wettbewerbsbeschränkungen ab. Kommunikationsstrukturen zwischen Unternehmen entstehen aber nicht nur durch die Aktivität von Unternehmen selbst, sondern auch durch Maßnahmen der Wirtschaftspolitik: Die Informationsflüsse hängen auch davon ab, inwieweit die Wirtschaftspolitik auf Informationsströme von unten angewiesen ist und diese Ströme durch organisationelle Regelungen zusammenfaßt. So schafft die französische Planifikation in den Kommissionen einen Informationstrichter<sup>2</sup>, der die Pläne der Unternehmen sammelt und damit als Nebeneffekt Marktinformationen für die einzelnen Unternehmen bereitstellt. Das Transmissions-Intervall hängt also nicht nur von den Wettbewerbsbeschränkungen der Privaten ab, sondern auch davon, welche Stellung der Wettbewerb als verursachende Determinante kompetitiver Situation im Wirtschaftssystem hat.

Eine für das Problem der interregionalen Verteilung des technischen Wissens wichtige Frage ist nun, ob die regionalen Transmissions-Intervalle von den interregionalen time-lags der Kommunikation verschieden sind. Kann zum Beispiel angenommen werden, daß aufgrund der räumlichen Nähe für die Unternehmen innerhalb einer Region die Marktinformation über das Verhalten der Konkurrenten besser ist als über das Verhalten der Konkurrenten in den anderen Regionen, so folgt eine temporäre Verschärfung der ungleichmäßigen räumlichen Verteilung des technischen Wissens. Denn die Chancen der Imitation sind dann von der Information her in der Region des innovierenden Unternehmens größer. Diese Tendenz der ungleichmäßigen Verteilung wird unter den gemachten Annahmen dann besonders deutlich, wenn in der Region des innovierenden Unternehmens der größte Anteil einer Industrie massiert ist. Über die regionalen und interregionalen Transmissions-Intervalle kann a priori jedoch keine Aussage gemacht werden.

b) Eine interregional gleich gestreute Anwendung der Erfindung kann auch durch das Patentsystem verhindert werden. Der Patentschutz macht jedoch eine gleiche Verteilung der Realisierung von Inventionen nicht durch Beschränkung der Kommunikation<sup>3</sup> unmöglich, sondern direkt durch Restriktion der Innovation: Er gestattet einer einzigen Unternehmung die Anwendung der Erfindung, und zwar an einem Raumpunkt (wenn nicht mehrere Betriebsstätten vorhanden sind), schließt aber andere Unternehmen von der Invention aus. Der

<sup>1</sup> G. B. Richardson, a. a. O., S. 67 ff.

<sup>2</sup> H. K. Schneider, Planifikation als normatives Informationssystem und als Koordinationsprinzip. »Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft«, Bd. 120 (1964), S. 333.

<sup>3</sup> Unter Umständen wird durch das Patentsystem die Information sogar verbessert.

Patentschutz hat damit eine ähnliche Funktion wie Informationshemmnisse: er führt zu einer unterschiedlichen Verteilung des realisierten technischen Wissens auf die einzelnen Regionen.

c) Die Imitation einer Innovation wird nicht allein von der Informationsverteilung über die Innovation und von der Patentgesetzgebung, sondern von einer Reihe anderer Faktoren bestimmt. Bei diesen Einflußfaktoren besteht Analogie zu den Innovationsdeterminanten.

Als entscheidende Determinante der Bereitschaft zur Imitation ist die Intensität des Wettbewerbs anzusehen. Liegt intensiver Wettbewerb vor, so werden die Konkurrenten, die sich einem innovierenden Unternehmen gegenüber sehen, versuchen, den Vorsprung des technischen Führers in der Realisierung einer Invention einzuholen. Diese Reaktion ist etwa bei einem wettbewerbsintensiven Oligopolmarkt zu erwarten, auf dem das erfolgreiche technologische Vorpreschen eines Oligopolisten die Gefahr sinkender Marktanteile bei den anderen Oligopolisten nach sich zieht. Eine besonders große Bereitschaft zur Imitation wird dann vorliegen, wenn ein Unternehmen eine Invention realisiert, das bisher im Preisschatten eines dominierenden Preisführers agiert und das nun durch die Innovation in die Position kommt, den Marktanteil des bisherigen Preisführers anzugreifen. In diesem Fall wird der Preisführer vermehrte Anstrengungen unternehmen, um durch eine Nachahmung der Innovation seinen Marktanteil zu sichern.

Betrachtet man nur eine Branche, so kann die Imitation der Innovation in den einzelnen Teilräumen dann unterschiedlich sein, wenn die Wettbewerbsintensität dieser Branche in den einzelnen Regionen unterschiedlich ist. Analysiert man dagegen einen Strom von Innovationen aller Branchen, so wird diejenige Region Innovationen am schnellsten imitieren, die stark mit wettbewerbsintensiven Branchen besetzt ist.

Ähnlich wie bei der Innovation spielt auch bei der Imitation die Motivationsstruktur der Unternehmer eine entscheidende Rolle. Eine große Risikobereitschaft, eine fortschrittliche Einstellung der Geschäftsführung, eine eigene stark innovierende Tätigkeit in anderen Bereichen wird auf eine große Nachahmungsbereitschaft schließen lassen. Sind die Attitüden der Unternehmer nicht in allen Regionen gleich, so werden die Chancen der Imitation von Region zu Region verschieden sein.

Es ist zu fragen, ob die Imitation zunimmt, wenn immer mehr Marktteilnehmer die Innovation nachvollzogen haben. Man kann argumentieren, daß in diesem Fall die Unsicherheit über den Erfolg des neuen Verfahrens reduziert und gleichzeitig der Zwang zur Realisierung des neuen Verfahrens größer wird. Da der Konkurrent in der Regel Lizenzen nicht gewährt, muß der Unternehmer seine eigene Forschung forcieren. Ein Nachvollzug oder eine bessere Ausführung der Innovation sind aber oft nicht möglich, weil den potentiellen Imitatoren nicht genügend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen (zum Beispiel wenn es sich um kleine Unternehmen handelt) und die Forschungsabteilungen für das spezielle Problem nicht genügend geistiges Kapital (vorgetane Arbeit) akkumuliert haben. Oft kommt die Imitation aufgrund der Patentvorschriften

so spät, daß die Konkurrenten schon wichtige Marktpositionen erobert haben. Eine vollständige Imitation ist deshalb in vielen Fällen nicht zu erwarten.

Wenn die Konkurrenten die wirtschaftliche Unmöglichkeit eines schnellen Nachvollzuges einer Innovation erkennen, können sie auch das Verhalten des Wettbewerbsausweichens wählen. Sie versuchen, durch eine eigene Innovation auf einen anderen Markt vorzustoßen, etwa deshalb, weil die eigene neue Innovation leichter mit dem gegebenen Forschungsapparat und dem vorgeschaffenen geistigen Kapital zu realisieren ist. Dieses Verhalten wird zumindest bei einigen Mehr-Produkt-Unternehmen zu beobachten sein. Inwieweit sich dieses Wettbewerbsausweichen auf die regionale Verteilung des technischen Wissens auswirkt, hängt von der räumlichen Verteilung von Innovator und potentiellen Imitatoren ab. Ist die Mehrzahl der potentiellen Imitatoren in der gleichen Region ansässig wie der Innovator und zeigen die potentiellen Imitatoren das Verhalten der Konkurrenzumgehung in der Innovation, so werden durch die eine Innovation vorwiegend Neuerungen bei Unternehmen der gleichen Region induziert. Realisiertes technisches Wissen tritt dann interregional unterschiedlich auf.

Als Fazit ergibt sich, daß die unterschiedliche räumliche Verteilung der Informationsmasse über die Innovation und die interregional ungleiche Verteilung der anderen Imitationsdeterminanten (Wettbewerbsintensität, Motivationsstruktur usw.) zu einer interregional ungleichen Verteilung einer Menge von Imitationen in einer Periode führt.

## 2. Das Verhalten der Nachfrager: Die Adaption

Bei der Analyse der räumlichen Verteilung technischen Wissens wurde bisher nur ein Aspekt der Diffusion neuen Wissens untersucht. Es wurde gefragt, inwieweit eine Innovation durch konkurrierende Anbieter imitiert wird. Die Diffusion neuen Wissens äußert sich aber auch in der Adaption<sup>1</sup> von Gütern, die technischen Fortschritt verkörpern,

<sup>1</sup> Das Problem der Adaption ist im Gegensatz zur Imitation bereits empirisch untersucht worden, allerdings ohne regionale Fragestellung; nur bei *Griliches* klingt das Problem der räumlichen Verteilung an. Vgl. *Z. Griliches*, Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. »Econometrica«, Vol. 25 (1957), S. 501–522; *E. Mansfield*, Intrafirm Rates of Diffusion of an Innovation. »Review of Economics and Statistics«, Vol. 45 (1963), S. 348–359; derselbe, Technical Change and the Rate of Imitation. »Econometrica«, Vol. 29 (1961), S. 741–766; derselbe, The Speed of Response of Firms to New Techniques. »Quarterly Journal of Economics«, Vol. 77 (1963), S. 290–311; *A. Sutherland*, The Diffusion of an Innovation in Cotton Spinning. »Journal of Industrial Economics«, Vol. VII (1959), S. 118–135; *J. Valarché*, La diffusion de l'innovation auprès des éleveurs par les industries agricoles et alimentaires. »Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik«, Bd. 101 (1965), S. 393–403; *J. S. Coleman*, *E. Katz*, *H. Menzel*, The Diffusion of an Innovation among Physicians. »Sociometry«, Vol. 20 (1957), S. 253–270, vgl. ferner *T. Peucker*, Eine Erweiterung des Thünen-Modells um Klimafaktoren und technischen Fortschritt. Diss., Heidelberg 1966, S. 110f.

durch die Nachfrager (Weiterverwender). Es wird zu zeigen sein, daß für die Adaption zum Teil andere Überlegungen als für die Imitation gelten.

Die Argumentation wird für den Fall eines Gutes durchgeführt, das zum Zeitpunkt  $t$  erstmalig auf dem Markt angeboten wird. Die Überlegungen können auf den Diffusionsprozeß eines bereits eingeführten, durch technischen Fortschritt jedoch verbilligten oder verbesserten Guts übertragen werden. Bei dem neuen Gut kann es sich um ein Konsum- oder ein Investitionsgut handeln.

1. Ist das neue Produkt ein Konsumgut, so ist für die Verteilung des technischen Wissens die Frage relevant, ob das neue Produkt in den einzelnen Teilräumen einer Volkswirtschaft unterschiedlich akzeptiert wird und inwieweit von einer unterschiedlichen Akzeptierung Rückwirkungen auf die Imitation ausgehen. Eine unterschiedliche Akzeptierung kann zum Beispiel dann vorliegen, wenn in den einzelnen Regionen unterschiedliche Präferenzsysteme der Konsumenten bestehen, verschiedenartige Einkommensverhältnisse vorliegen, und/oder es sich bei dem neuen Produkt um ein regionales Gut handelt.

Es ist denkbar, daß ein regionales Gut aufgrund seiner Beschaffenheit und der angebotenen Transportleistungen nicht durch Export zu einem interregionalen Produkt wird, sondern in den einzelnen Teilräumen Betriebe errichtet werden müssen, die das Produkt für die regionalen Märkte herstellen. In diesem Fall wird das neue Produkt zuerst für die Regionen bereitgestellt, die vom Marktpotential her eine stärkere Akzeptierung<sup>1</sup> erwarten lassen.

Häufiger aber dürfte der Fall sein, daß das neue Produkt zunächst zwar nur in einer Region abgesetzt wird, im Verlauf der Zeit aber zu einem Exportgut und damit zu einem interregionalen Gut wird. Diese Aussage läßt sich aus der regionalen Anwendung der Availability-These ableiten, die *Kravis*<sup>2</sup> zur Erklärung des internationalen Handels postuliert hat: Ähnlich wie Regionen nur die Güter bei anderen Regionen nachfragen, die sie überhaupt nicht oder nicht in ausreichendem Maß produzieren, bieten Regionen diejenigen Güter zum Export an, die sie bereits für den regionalen Markt produzieren. Der Aufbau eines regionalen Export-Gutes wird sich im Zeitablauf also über den regionalen Markt vollziehen. Erst wenn ein Unternehmen eine Produktionserfahrung für kleinere Mengen und eine Absatzerfahrung für eine Region hat, kann aufgrund dieser Erfahrung eine Expansion für größere Märkte beginnen. Interregionale Demonstrationseffekte des Konsums, Werbemaßnahmen und der Aufbau eines Vertriebssystems führen dann zur Akzeptierung eines bisher regionalen Gutes auch in den anderen Regionen.

Eine unterschiedliche Akzeptierung eines Konsumgutes in den einzelnen Regionen wird auch dann zu verzeichnen sein, wenn ein nationales Unternehmen ein neues Gut zunächst einmal auf einem regionalen Markt

<sup>1</sup> Auch die *erwartete* Akzeptierung beeinflusst die Innovation.

<sup>2</sup> I. *Kravis*, Availability and other Influences on the Commodity Composition of Trade. »Journal of Political Economy«, Vol. LXIV (1956), S. 143.

testet, auf dem das Unternehmen über einen hohen Marktanteil, ein effizientes Vertriebssystem und ein starkes akquisitorisches Potential verfügt. Erst wenn das Produkt auf einem solchen Markt akzeptiert wird, beginnt nach der Availability-These der Export in andere Regionen.

Liegt eine interregional unterschiedliche Akzeptierung eines Konsumgutes vor, so wird dadurch die Realisierung von Inventionen beeinflusst: Regionen mit starker Akzeptierung eines neuen Gutes werden größere Chancen der Innovation bzw. der Imitation haben als Teilräume mit einer weniger starken Akzeptierung.

2. Handelt es sich bei dem neuen Gut nicht um ein Konsum-, sondern um ein Kapitalgut, so kann die Realisierung dieses neuen technischen Wissens auf der Herstellerstufe analog zum Konsumgut ebenfalls von der Annahme durch die Nachfrager abhängen. Zusätzlich zu diesem Aspekt interessiert jedoch bei einem neuen Kapitalgut (das sich für den Hersteller als Produktneuerung, für den Abnehmer jedoch als Verfahrensneuerung präsentiert) die Frage, inwieweit sich durch ein time-lag in der Adaption eines neuen Kapitalgutes eine zusätzliche interregionale Differenzierung des angewandten technischen Wissens ergibt. Die Adaption eines Kapitalgutes bedarf deshalb der näheren Untersuchung<sup>1</sup>.

Bei dieser Analyse ist zu beachten, daß sich die Bedingungen für die Realisierung neuen technischen Wissens bei der Adaption im Vergleich zur Imitation unterschiedlich stellen. Im Gegensatz zur Imitation, bei der die kompetitive Situation zwischen den Anbietern untersucht wird, bezieht sich die Adaption auf nicht-kompetitive Interdependenzen zwischen Anbietern (Herstellern) auf der einen Seite und Nachfragern (Weiterverwendern) eines neuen Verfahrens auf der anderen Seite, wie das folgende Schaubild verdeutlicht:

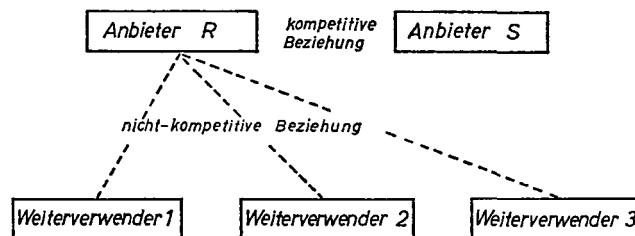


Abb. 2

<sup>1</sup> Die folgenden Ausführungen befassen sich mit der Relevanz der räumlichen Mobilität des Faktors Kapital für die Verteilung des technischen Wissens. Der Ansatz stützt sich auf den Embodiment-Effekt des technischen Wissens. Welchen Einfluß die räumliche Mobilität der Arbeit auf die interregionale Verteilung des technischen Wissens hat, kann hier nicht weiter untersucht werden. Durch die Mobilität der Arbeit kann einmal nicht-verkörperertes technisches Wissen räumlich verteilt werden: Denn die Kommunikationsstruktur über Inventionen, Innovationen und Adaptionen wird auch von den Wanderungsbewegungen des Faktors Arbeit bestimmt; zum Beispiel können Wanderungen von »Forschern« die Verteilung der Invention beeinflussen, Wanderungen anderer Arbeitsarten können mit Informationsströmen über Innovationen usw. verbunden sein. Durch die Wande-

Besonders deutlich wird die unterschiedliche Art der Interdependenz bei der Kommunikation: Während im Verhältnis zwischen konkurrierenden Anbietern *R* und *S* die Information über eine Innovation möglichst lange hinausgezögert wird, muß *R* als Anbieter des neuen Gutes bewußt Informationsimpulse an die potentiellen Nachfrager aussenden.

Eine analoge Situation zur Konkurrenz der Anbieter *R* und *S* ergibt sich zwischen den konkurrierenden Weiterverwendern. Hat zum Beispiel Weiterverwender 1 ein neues Kapitalgut vom Produzenten *R* erworben, so wird er kein Interesse haben, Informationsimpulse über diese Tatsache auszusenden; denn damit würde er ja seine Konkurrenten, die Weiterverwender 2 und 3, für das neue Verfahren interessieren und dadurch seinen Wettbewerbsvorteil zerstören. Sein Bemühen, Informationshemmnisse für seine Rivalen aufzubauen, wird aber in der Regel nicht fruchtbar sein, da der Produzent des neuen Gutes für eine hinreichende Information sorgt<sup>1</sup>. Das Schaubild verdeutlicht auch, daß der Aufbau von Informationshemmnissen in einem Informationskanal durch eine andere Informationskette zunichte gemacht werden kann: die Tatsache, daß Unternehmer *R* die potentiellen Weiterverwender über sein neues Gut unterrichten muß, wenn er es absetzen will, bringt gleichzeitig die Gefahr mit sich, daß sein Konkurrent *S* von der Innovation erfährt und damit die Imitation schneller erfolgt.

Eine unterschiedliche Adaption in den einzelnen Regionen kann nicht, wie zum Beispiel bei der Imitation, auf eine unterschiedliche Sendebereitschaft zurückgeführt werden. Eine Differenzierung in der Adaption kann sich jedoch dann einstellen, wenn die Rezeptoren in den einzelnen Teilräumen durch eine unterschiedliche Aufnahmebereitschaft gekennzeichnet sind oder die Kommunikationssysteme in den einzelnen Regionen unterschiedlich effizient organisiert sind. So hängt die Kommunikationsstruktur zwischen Anbietern und Nachfragern eines neuen Gutes vom Vertriebssystem ab. Ein effizient ausgebautes und unternehmenseigenes Vertriebssystem<sup>2</sup> wird eher aktiv als Sender von Informationsimpulsen auftreten als die Absatzmethode durch ein Filialsystem oder durch den Fachhandel, wobei die letzteren Methoden eine erheblich aktivere Rolle der Rezeptoren voraussetzen<sup>3</sup>.

Die Ausbreitung des Faktors Arbeit kann aber zum anderen auch verkörpertes neues technisches Wissen interregional verteilt werden, etwa dann, wenn durch die Wanderung die Zuwanderregion an dem hohen technischen Ausbildungsstand der Abwanderregion partizipiert. Zum Embodiment-Effekt vergleiche *R. B. Nelson*, *Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections*, a. a. O.

<sup>1</sup> Weiterverwender 1 kann bei der »technischen Information« seines Konkurrenten keine Hemmnisse errichten, wohl aber bei der »Marktinformation«. Da die Marktinformation jedoch von der technischen Information beeinflusst wird, ist diese Taktik nicht erfolgversprechend. Zu den Begriffen Marktinformation und technische Information vgl. *G. B. Richardson*, a. a. O., S. 30.

<sup>2</sup> *Z. Griliches*, a. a. O., S. 510.

<sup>3</sup> Eine besonders schnelle Adaption eines neuen Kapitalgutes kann durch eine Sonderform des Vertriebs realisiert werden, bei dem die innovierende Firma in irgendeiner Weise die Abnehmer dominiert, zum Beispiel durch finanzielle Verflechtung. *J. Valarché*, a. a. O., S. 396f.

Die Informationseffekte eines neuen Verfahrens werden dann stark sein, wenn der zu erwartende Profit besonders hoch ist. Im Gegensatz zur Imitation eines neuen Verfahrens unter konkurrierenden Anbietern ist jetzt der Informationsstand der potentiellen Anwender anders: Während bei der Konkurrenzbeziehung der Imitator über die Auswirkung des neuen Verfahrens auf den Gewinn weitgehend im unklaren ist, kann der potentielle Adaptor zumindest einen Verfahrensvergleich wesentlich einfacher durchführen. Der Hersteller der Güter ist an einer Informierung seiner potentiellen Abnehmer interessiert und wird auch die notwendige Information zum Verfahrensvergleich zur Verfügung stellen.

Neben diesen deutlich von den Determinanten der Innovation und der Imitation unterschiedenen Faktoren wird die Adaption von einer Reihe von Einflußgrößen bestimmt, die mit den Determinanten der Innovation und der Imitation übereinstimmen. So werden die Finanzlage des Unternehmens, die Höhe der Ersatzinvestitionen (die Lebensdauer der Kapitalgüter), die Situation des Sektors und die Dynamik der Unternehmung entscheidend für die Adaption sein<sup>1</sup>. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß auch die Adaption innerhalb einer Unternehmung oft nicht schlagartig erfolgt, sondern als ein sich langsam vollziehender Prozeß zu verstehen ist, der der Erklärung bedarf<sup>2</sup>.

Empirische Untersuchungen bestätigen, daß sich die Adaption eines Kapitalgutes, das neues technisches Wissen verkörpert, sehr differenziert vollzieht. So betont *Mansfield*: »Measuring from the date of the first successful commercial application, it took 30 years or more for all the major firms to install centralized traffic control, car retarders...«<sup>3</sup>. *Mansfield* kommt zu dem Ergebnis, daß die Anzahl der Jahre, die vergehen, bis die Hälfte der Firmen (Eisenbahnunternehmen) ein neues zur Verfügung stehendes Verfahren eingeführt hatten, von 0,9 bis 15 Jahre betrug; der Durchschnitt lag bei 7,8 Jahren<sup>4</sup>.

Für die vorliegende Fragestellung sind die Werte des regionalen Adaptionskoeffizienten von großem Interesse. Dieser Koeffizient gibt an, wieviel Unternehmer ( $N^A$ ) einer Branche ( $N$ ) in einer Region ein neues Verfahren eingeführt haben<sup>5</sup>:

---

<sup>1</sup> Auch die Abhängigkeit der Wiederverwender von ihren Abnehmern spielt eine entscheidende Rolle: Eine Unternehmung wird dann eher zum Erwerb eines neuen Kapitalgutes bereit sein, wenn sie sicher ist, daß das mit neuen Verfahren erzeugte Gut auch in Zukunft Absatz findet. Sind bei den Abnehmern selbst Innovationen zu erwarten, die andere Inputs erforderlich machen, so wird die Adaption in der Regel hinausgezögert. Die Unsicherheit über das Verhalten der Abnehmer wird verringert, wenn die Abnehmer an das Unternehmen angegliedert werden, vgl. *A. Sutherland*, a. a. O., S. 134.

<sup>2</sup> *E. Mansfield*, Intrafirm Rates of Diffusion of an Innovation, a. a. O.

<sup>3</sup> *Derselbe*, Technical Change and the Rate of Imitation, a. a. O., S. 744.

<sup>4</sup> *Ebenda*.

<sup>5</sup> Bei  $N^A$  und  $N$  wird zweckmäßigerweise nicht allein auf die Anzahl der Unternehmen, sondern auch auf die Unternehmensgröße abgestellt (zum Beispiel Gewichtung der Unternehmen mit ihren Outputs).



$$a = \frac{N^A}{N}$$

Gehen wir von einer gleichmäßigen Verteilung der Unternehmen über die Regionen aus, so kann ein Vergleich der regionalen Adaptionskoeffizienten Aufschluß über die Intensität der Adaption in den einzelnen Regionen liefern. Wenn man einem von *Griliches*<sup>1</sup> benutzten Verfahren folgt und den regionalen Adaptionskoeffizienten auf der *y-Ordinate* und die Zeit auf der *x-Achse* aufträgt, so kann man den Prozeß der Adaption in folgender Darstellung zeigen, wobei der Adaptionskoeffizient für die einzelnen Regionen einer logistischen Kurve folgt:

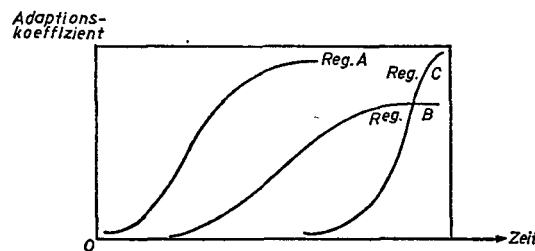


Abb. 3

Da wir an der Verteilung der Strömungsgröße »neues technisches Wissen« auf die Regionen interessiert sind, kann sich unsere Analyse nicht mit Aussagen über die unterschiedliche interregionale Adaption eines Gutes begnügen, sondern muß die Adaption einer Menge von Verfahren analysieren. Eine interregional unterschiedliche Intensität der Adaption liegt erst dann vor, wenn die Region B »mehr« neue Kapitalgüter akzeptiert als die Region C, wobei den einzelnen Produkten unter Umständen unterschiedliche Gewichte beizumessen sind. Eine solche Aussage über die interregional ungleiche Adaption einer Menge von Kapitalgütern folgt nicht notwendigerweise aus unterschiedlichen Adaptionsintensitäten bei einzelnen Kapitalgütern, da eine langsamere Adaption des Kapitalgutes *z* in der Branche *U* durch eine schnellere Adaption des Verfahrens *y* in der Branche *V* der gleichen Region kompensiert werden kann. Aufgrund der unterschiedlichen Determinanten der Adaption in den einzelnen Regionen ist aber eine interregional unterschiedliche Adaption zu erwarten. Dieses Ergebnis wird auch dann eintreten, wenn die potentiellen Adaptoren in der bestehenden Raumstruktur ungleichmäßig verteilt sind.

#### IV. Interregionale Unterschiede in den Kopplungseffekten von Innovationen

In den vorstehenden Ausführungen wurden Aussagen über die räumliche Verteilung einer Menge von isoliert vorgenommenen Innovationen gemacht. Die Interdependenzen zwischen einzelnen Innovationen wur-

<sup>1</sup> *Z. Griliches*, a. a. O., S. 502.

den nicht beachtet. Für die interregionale Verteilung des technischen Wissens ist dieser Aspekt jedoch von entscheidender Bedeutung. Es muß deshalb die Frage gestellt werden, inwieweit die Aussagen über die räumliche Verteilung zu modifizieren sind, wenn die Abhängigkeit zwischen Innovationen beachtet wird.

1. Die Interdependenz zwischen Innovationen kann kompetitiv sein: Die potentielle Innovation *B* konkurriert um das gleiche Marktpotential wie die bereits durchgesetzte Innovation *A*. Die Beziehung zwischen Innovationen kann komplementär<sup>1</sup> sein: Eine Innovation *A* verbessert die wirtschaftlichen und technischen Bedingungen für eine potentielle Innovation *B*.

Die kompetitiven und komplementären Beziehungen zwischen Innovationen lassen sich als externe Effekte<sup>2</sup> zwischen Innovationsaktivitäten darstellen. Kennzeichnen  $I_1, I_2 \dots$  die Innovationsaktivitäten und  $D_1, D_2$  die entsprechenden Determinanten, so gilt:

$$\begin{aligned} I_1 &= f_1(D_1, I_2) \\ I_2 &= f_2(D_2, I_1) \end{aligned}$$

Komplementäre Interdependenzen sind durch positive externe Effekte, kompetitive durch negative externe Effekte darzustellen. Für die vorliegende Fragestellung sind die positiven externen Effekte relevant.

Die Verteilung des technischen Wissens über die Teilräume einer Volkswirtschaft hängt nun von der interregionalen Mobilität der positiven externen Effekte ab<sup>3</sup>. Unter Mobilität ist dabei nicht eine physische Beweglichkeit zu verstehen, sondern die Auswirkung von Innovationsaktivitäten einer Region auf die Innovationsaktivitäten einer anderen Region.

2. Durch die vorgenommene definitorische Umformung der Interdependenz in die externen Effekte ergibt sich: Je immobilier interregional die positiven externen Effekte zwischen Innovationsaktivitäten, um so ungleicher ist die resultierende Verteilung des technischen Wissens. Eine interregionale Immobilität der positiven externen Effekte liegt dann vor, wenn sie sich auf eine Region beschränken und nicht auf andere Teilräume überspringen. Positive externe Effekte zwischen Innovationsaktivitäten können sich ergeben, wenn ein Unternehmen, das eine Innovation durchsetzt, mit anderen Unternehmen durch Lieferbeziehungen (Lieferant oder Abnehmer) verknüpft ist. So kann eine Innovation bei der Unternehmung *A* eine Umstellung des Produktionsverfahrens bei den Input-Lieferanten notwendig machen, weil der

<sup>1</sup> Zum Begriff der kompetitiven und komplementären Interdependenzen vgl. *H. K. Schneider*, Plankoordinierung in der Regionalpolitik. Vortrag auf der Tagung des Vereins für Socialpolitik, Hannover 1966; siehe ferner *G. B. Richardson*, a. a. O., S. 47 ff.

<sup>2</sup> Vgl. *H. K. Schneider*, ebenda.

<sup>3</sup> Die Unterscheidung mobiler und immobilier externer Effekte geht auf *E. A. G. Robinson* zurück: *The Structure of Competitive Industry*. Revised Edition, London 1958, S. 124.

Input nach der Innovation in neuer Qualität oder anderer Art (zum Beispiel auch in größeren Mengen) benötigt wird. Oft wird damit ein Zwang zur Invention auf der Vorstufe ausgeübt. Auch bei den »backward linkages«<sup>1</sup> kann eine Innovation zu neuen Produktionsmethoden und zu neuen Produkten führen.

Solche innovationsinduzierenden Effekte können vor allem von einer »firme motrice«<sup>2</sup> ausgehen, die selbst wesentliche Neuerungen durchsetzt und damit günstige Voraussetzungen für vor- und nachgelagerte Innovationsbereiche schafft. Die Mobilität der positiven externen Effekte zwischen Innovationen hängt weitgehend von der bisherigen Lieferstruktur ab. Ist diese Interdependenzstruktur in einer Region sehr intensiv ausgebaut, so sind die Chancen interregional immobiler positiver externer Effekte größer als die Chancen interregional mobiler positiver externer Effekte. Diese Aussage folgt auch, wenn die Region nach dem Interdependenzkriterium definiert wird: Eine Region ist dann als die Menge aller räumlichen Einheiten definiert, deren Interaktionsintensität relativ groß ist. Je stärker die Interaktion, um so dichter sind »backward« und »forward linkages« der Aktivitäten. Da positive externe Effekte zwischen Innovationen entlang diesen Verknüpfungen laufen, sind die positiven externen Effekte häufiger in einer Region als zwischen Regionen zu erwarten. Denn die Verknüpfungen sind ex definitione bei dem oben angegebenen Kriterium zwischen den Regionen geringer als innerhalb einer Region.

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß Kopplungseffekte zwischen Innovationen eine interregional ungleiche Verteilung des technischen Wissens verschärfen können.

### V. Darstellung mit Hilfe der Mengentheorie

Die Argumentation soll im folgenden für den Zwei-Regionen-Fall mit Hilfe der Mengentheorie<sup>3</sup> zusammengefaßt werden. Gegeben sei die Menge aller Raumpunkte des Zwei-Regionen-Falles

$$A = \{ a/a_1 \dots a_n \} \quad (1)$$

Die Menge  $A$  hat die Menge der Raumstellen der beiden Regionen  $B$  und  $C$  als Teilmengen<sup>4</sup>:

$$A = \{ B, C \} \quad (2)$$

<sup>1</sup> *A. O. Hirschman*, *The Strategy of Economic Development*. New Haven 1958, S. 100ff.

<sup>2</sup> *F. Perroux*, *La firme motrice et la région motrice*. In: *Théorie et politique de l'expansion régionale*, Bruxelles 1961, S. 257-305.

<sup>3</sup> Zur Mengenlehre vgl. *B. Rotman* and *B. T. Kneebone*, *The Theory of Sets and Transfinite Numbers*. London 1966; *P. Suppes*, *Axiomatic Set Theory*. 2. Auflage, London 1965.

<sup>4</sup> Diese Teilmengen können mit Hilfe des Aussonderungsaxioms gewonnen werden; dabei sind die Kriterien der Homogenität, der Interdependenz oder der Einheitlichkeit der Wirtschaftspolitik anzuwenden.

wobei  $B$  und  $C$  disjunkt sind:

$$B = \{b/b = (a \dots a_{k-1})\} \quad (3)$$

und  $C = \{c/c = (a_k \dots a_n)\} \quad (4)$

Die Vereinigung von  $B$  und  $C$  ergibt  $A$ :

$$B \cup C = A. \quad (5)$$

Die Regionsabgrenzung werde so vorgenommen, daß die beiden Teilräume eine gleich große Anzahl von Raumstellen enthalten.

Im folgenden wird unterstellt, daß sich alle Mengenbildungen auf eine bestimmte gegebene Anordnung der Raumstellen in der Realität beziehen. Die Raumstellen der Realität werden zum Beispiel mit ganzen Zahlen gekennzeichnet und diese den Elementen als Index beigegeben. Die Elemente jeder Menge werden nach dem Index geordnet. Durch diese Vorgehensweise wird eine Vergleichbarkeit der Mengen in bezug auf ihre Elemente ermöglicht<sup>1</sup>.

1. Die Menge  $A$  stellt die Möglichkeitsmenge für das Auftreten technischen Wissens dar. Es läßt sich zeigen, daß jedoch nur eine Teilmenge realisiert wird. Um diese Überlegung durchzuführen, wird zwischen Invention, Innovation, Imitation und Adaption differenziert.

Inventionen werden nur von den Elementen der Teilmenge  $A_E$  getätigt.

$$A_E = \{a/a = a_E\} \quad (6)$$

Durch den Kommunikationsprozeß wird zu der Teilmenge  $A_E$  eine Obermenge  $A_{XE}$  gebildet, die alle diejenigen Raumstellen umfaßt, die über neues technisches Wissen verfügen. Das sind sowohl die Raumstellen, an denen Inventionen getätigt wurden als auch die Raumstellen, die durch Informationsströme von Inventionen erfahren haben. Die Menge aller Raumstellen  $a_{XE}$  mit Information über die Invention

$$A_{XE} = \{a/a = a_{XE}\} \quad (7)$$

ist eine Obermenge zu  $A_E$ , aber eine Teilmenge zu  $A$  (da eine vollkommene Information nicht eintritt).

$$A \supset A_{XE} \supset A_E. \quad (8)^2$$

Die Beziehung zwischen den Mengen  $A_{XE}$  und  $A_E$  kann durch einen Graphen wiedergegeben werden. Ein Graph, der allgemein definiert ist durch  $G = (A, I)$ , ist das aus der Menge  $A$  und der Funktion  $I$ , die  $A$  in  $A$  abbildet, bestehende Paar<sup>3</sup>. Im vorliegenden Fall wird die Kom-

<sup>1</sup> Zur »geordneten Menge« vgl. *E. Kamke*, Mengenlehre. Berlin 1965, S. 79 f.

<sup>2</sup> (8) gilt sowohl für eine einzelne Invention als auch für eine Menge von Inventionen.

<sup>3</sup> Zur Graphentheorie vgl. *Avondo-Bodino*, Economic Applications of the Theory of Graphs. New York 1962; *C. Berge*, Théorie des Graphes et ses Applications. Paris 1958; *B. Roy*, De la théorie des graphes et de ses applications en recherche opérationnelle. SEMA, Direction Scientifique (Synthèse et Formation no 19), 1964, o.V.; *D. König*, Theorie der endlichen und unendlichen Graphen. Leipzig 1936.

munikationsstruktur durch den Graphen  $G_1 = [a^i_j]$  dargestellt, wobei für  $i$  und  $j$  die einzelnen Raumpunkte eingesetzt werden<sup>1</sup>. Für  $j$  können dabei nur die Raumpunkte  $a_E$  eingesetzt werden, da nur sie Ursprung einer Kante sind (Definitionsbereich der Funktion).  $i$  kann alle Elemente  $a$  umfassen, da der Informationsfluß im Grenzfall alle Raumstellen erreicht (Bildbereich der Funktion). Der Sender der Nachricht  $x$  kann also Rezeptor von  $y$  und auch von  $x$  sein.

Neben der Verteilung der Information über den Raum sei auch die Verteilung der Innovationsdeterminanten über den Raum durch die Menge  $A_{D_1}$  gegeben. Diese umfaßt alle die Raumpunkte von  $A$ , an denen Determinanten auftreten ( $a_{D_1}$ ).

$$A_{D_1} = \{a/a = a_{D_1}\} \quad (9)$$

Es ist nicht zu erwarten, daß die Determinanten der Innovation an allen Raumpunkten auftreten:

$$A \supset A_{D_1} \quad (10)$$

Es wird unterstellt, daß die Innovation an einer Raumstelle nicht vorgenommen wird, wenn die Determinanten nicht hinreichend vorhanden sind. Gleichzeitig kann die Innovation aber nur dort vorgenommen werden, wo auch Information vorliegt. Diese beiden notwendigen Bedingungen lassen sich durch die Durchschnittsoperation zusammenfassen; die durch diese Operation gewonnene Menge  $A_{I_n}$  kennzeichnet die Menge aller Raumstellen, die eine Innovation durchführen:

$$A_{I_n} = A_{X_E} \cap A_{D_1}, \quad (11)$$

$$\text{wobei } A_{I_n} = \{a/a = a_{I_n}\} \text{ ist,} \quad (12)$$

$$\text{wobei } A_{I_n} = \{a/a \in A_{X_E} \wedge a \in A_{D_1}\} \quad (13)^2$$

Da man die Menge der Raumstellen, die eine Innovation durchsetzen, durch die Durchschnittsbildung zweier anderer Mengen erhält, folgt aus (8) und (10) in Verbindung mit (11):

$$A_{I_n} \subset A \quad (14)$$

2. Analoge Überlegungen können für den Fall zweier Regionen durchgeführt werden. Die Menge  $A_E$  teilt sich auf die beiden Teilmengen der Regionen  $B_E$  und  $C_E$  auf:

$$A_E = B_E \cup C_E, \quad (15)$$

$$\text{wobei } B_E = \{a/a \in B \wedge a = a_E\} \quad (16)$$

$$\text{und } C_E = \{a/a \in C \wedge a = a_E\} \quad (17)$$

Bei einer unterschiedlichen Forschungstätigkeit in beiden Regionen ergibt sich, daß in einer Region mehr Raumstellen mindestens eine Invention (das »mindestens« sei zur Vereinfachung unterstellt<sup>3</sup>) getätigt

<sup>1</sup> Man erhält dann die Kanten des Graphen und kann diesen zeichnerisch darstellen.

<sup>2</sup>  $\wedge$ : Zeichen für »und«.

<sup>3</sup> Dabei kann der Fall, daß einzelne Raumstellen mehrfach mit einer Invention

haben als in der anderen Region. Die interregional ungleiche Verteilung einer Menge von Inventionen drückt sich dann in einer unterschiedlichen Mächtigkeit der beiden Mengen  $B_E$  und  $C_E$  aus<sup>1</sup>.

Mit Hilfe der Graphen  $G_2 = [a^i_j]$  und  $G_3 = [a^i_j]$  kann die Kommunikationsstruktur erfaßt werden. Dabei sind bei  $G_2$  für  $j$  nur die Raumpunkte  $b_E$  einzusetzen.  $i$  kann in diesem Fall sowohl alle Raumpunkte  $b$  (intraregionale Kommunikation) als auch alle Raumpunkte  $c$  (interregionale Kommunikation) durchlaufen, so daß also  $i$  für alle Raumpunkte  $a$  stehen kann. Bei  $G_3$  können für  $j$  nur die Raumelemente  $c_E$  eingesetzt werden:  $i$  kann wieder für alle  $a$  stehen. Definieren wir

$$B_{X_E} = \{a/a \in B \wedge a = a_{X_E}\} \quad (18)$$

und analog  $C_{X_E}$ , so folgt aus der Kommunikationsfeindlichkeit der Inventionen, der unterschiedlichen Prädisposition der Rezeptoren usw. eine analoge Aussage zu (8):

$$B_E \subset B_{X_E} \subset B \quad (19)$$

$$C_E \subset C_{X_E} \subset C \quad (20)$$

In beiden Regionen werden also nicht alle Raumpunkte nach dem Kommunikationsprozeß über neues Wissen verfügen, sondern nur eine Teilmenge aller Raumpunkte<sup>2</sup>.

Bezeichnen wir zur Vereinfachung mit  $B_{X_E}$  und  $C_{X_E}$  die Mengen aller Elemente der Teilmengen  $B$  und  $C$ , die »mindestens« eine Information über Inventionen erhalten haben, so kann die interregionale Differenzierung in den Kenntnissen über neue Verfahren an der unterschiedlichen Mächtigkeit der beiden Mengen  $B_{X_E}$  und  $C_{X_E}$  abgelesen werden<sup>3</sup>.

besetzt sind, durch eine mehrfache Zählung dieser Raumstellen berücksichtigt werden.

<sup>1</sup> Da es sich bei den Mengen  $A$ ,  $B$ ,  $C$  usw. um endliche Mengen handelt, ist diese Vorgehensweise möglich.

<sup>2</sup> Die Beziehungen (19) und (20) gelten im Gegensatz zu (8) für eine Menge von Inventionen nicht ohne zusätzliche Prämissen. Denn es kann in diesem Fall eine Raumstelle  $b^1$  zwar Informationen über ein neues Verfahren haben ( $b_{X_E}$ ), diese Information aber nicht von einem Sender aus  $B_E$ , sondern von  $C_E$  erhalten haben, so daß möglicherweise

$$b^1_{X_E} \in B_{X_E} \wedge b^1 \notin B_E$$

Damit liegt für den Fall eines Stroms von Inventionen ein Widerspruch zur Bedingung der Inklusion vor: Eine Aussage der Form

$$B_E \subset B_{X_E}$$

gilt also nicht, wenn nicht zusätzliche Bedingungen eingeführt werden (analog gilt dies auch für  $C_{X_E}$  und  $C_E$ ). Die zusätzlichen Bedingungen sind in den materiellen Ausführungen über die Kommunikationsfeindlichkeit, die Prädisposition der Rezeptoren usw. zu erblicken.

<sup>3</sup> Werden aber die Elemente nicht in der Art berücksichtigt, daß nur diejenigen Elemente gezählt werden, die mindestens eine Information erhalten haben, sondern nimmt man als zusätzliches Merkmal auf, daß eine Raumstelle Informationen über verschiedene Inventionen erhalten hat, so müssen die Raumstellen mit mehr-

Die Mengen der Raumpunkte, an denen in beiden Regionen Innovationen getätigt werden ( $B_{I_n}; C_{I_n}$ ), wird analog zu (II) durch den Durchschnitt gebildet:

$$B_{I_n} = B_{X_E} \cap B_{D_1} \quad (21)$$

$$C_{I_n} = C_{X_E} \cap C_{D_1} \quad (22)$$

Die für uns interessante Frage ist, ob die Mächtigkeiten von  $B_{I_n}$  und  $C_{I_n}$  unterschiedlich sind. Dann nämlich liegt eine interregionale Differenzierung des technischen Wissens vor. Dieses Ergebnis kann aber formal aus unseren Aussagen nicht abgeleitet werden: Selbst wenn wir – realistischere – unterstellen, daß die Mengen ( $B_{X_E}, C_{X_E}$ ) und ( $B_{D_1}, C_{D_1}$ ) durch eine unterschiedliche Mächtigkeit gekennzeichnet sind, so folgt durch die Durchschnittsbildung formal nicht notwendigerweise eine unterschiedliche Mächtigkeit von  $B_{I_n}$  und  $C_{I_n}$ . Denn wenn die Teilmengen mit niedrigerer Mächtigkeit durch einen relativ stärkeren Besatz mit gemeinsamen Elementen gekennzeichnet sind (zum Beispiel  $b^1 \in B_{X_E} \wedge b^1 \in B_{D_1}$ ), so ist es denkbar, daß die Durchschnittsbildung von Teilmengen mit niedriger Mächtigkeit zu einer neuen Menge  $B_{I_n}$  führt, die eine stärkere Mächtigkeit aufweist als die Menge  $C_{I_n}$ , welche aus der Durchschnittsbildung von Mengen mit stärkerer Mächtigkeit (aber relativ geringerem Besatz mit gemeinsamen Elementen) resultiert. Geht man von einer gleichen relativen Häufigkeit<sup>1</sup> der gemeinsamen Elemente in den relevanten Teilmengen ( $B_{X_E}, B_{D_1}$ ) und ( $C_{X_E}, C_{D_1}$ ) (in bezug auf die Gesamtzahl der Teilmengen) aus, so folgt aus der Operation in (21) und (22) auch formal eine unterschiedliche Mächtigkeit von  $B_{I_n}$  und  $C_{I_n}$ . Die obige Annahme ist prima facie nicht unrealistisch.

3. Die Menge der Raumpunkte  $A_{I_m}$ , an denen eine Imitation auftritt, wird von den Teilmengen  $A_{X_{I_n}}$  und der Teilmenge  $A_{D_2}$  beeinflusst. Die Teilmenge  $A_{D_2}$  enthält alle Raumstellen, an denen die für eine Imitation notwendigen Determinanten vorhanden sind.

$$A_{D_2} = \{a/a = a_{D_2}\} \quad (23)$$

Die Menge  $A_{X_{I_n}}$  enthält die Raumpunkte, die Information über die Innovation erhalten haben. Also

$$A_{X_{I_n}} = \{a/a = a_{X_{I_n}}\} \quad (24)$$

facher verschiedener Information stärker berücksichtigt werden. (Dabei kann allerdings zur Vereinfachung davon ausgegangen werden, daß eine Rezeption der gleichen Information aus verschiedenen Kanälen unberücksichtigt bleiben soll, obwohl dieser Tatbestand die Merkllichkeit einer Information erhöht und zum Beispiel passives Wissen aktiviert.) Eine ungleiche Verteilung des Wissens über Inventionen liegt in dieser Interpretation vor, wenn die Zahl der Raumstellen in den Regionen B und C, die Informationen über Inventionen erhalten haben, unter der oben angegebenen Berücksichtigung der Mehrfachbesetzung einer Raumstelle, voneinander abweichen.

<sup>1</sup> Im Grenzfall sind  $B_{D_1}$  und  $B_{X_E}$  gleich. Aufgrund des Satzes  $d \cap d = d$  gilt dann:

$$B_{D_1} \cap B_{X_E} = B_{X_E} = B_{D_1}$$

Die Beziehung zwischen  $A_{X_{I_n}}$  und  $A_{I_n}$  kann mit Hilfe eines Graphen  $G_4 = [a^i, j]$  dargestellt werden, wobei  $j$  alle potentiellen Sender (das heißt alle Stellen, an denen die Innovation aufgetreten ist,) enthält, also  $a_{I_n}$ , und  $i$  alle Elemente von  $a$  kennzeichnet.

Aufgrund unserer Überlegungen sind  $A_{D_2}$  und  $A_{X_{I_n}}$  Teilmengen von  $A$ :

$$A_{D_2} \subset A \quad (25)$$

$$A_{X_{I_n}} \subset A \quad (26)$$

Der Durchschnitt dieser beiden Teilmengen bildet die Menge der Raumpunkte, die eine Imitation durchführen.

$$A_{X_{I_n}} \cap A_{D_2} = A_{I_m} \quad (27)$$

Aus (25), (26) und (27) folgt:

$$A_{I_m} \subset A. \quad (28)$$

Die Beziehungen (25)–(30) müssen analog auf die Teilmengen  $B$  und  $C$  angewandt werden, wobei aus einer interregional verschiedenen Lokalisierung der Imitationsdeterminanten eine unterschiedliche Mächtigkeit von  $B_{I_m}$  und  $C_{I_m}$  folgt.

4. Auch die Menge  $A_A$  der Raumpunkte, an denen eine Adaption vorliegt, läßt sich durch Durchschnittsbildung der Menge von Raumpunkten mit Information über ein neues Kapitalgut und mit Ausstattung von Adaptionsdeterminanten bilden. Die Menge  $A_A$  ist ebenfalls eine Teilmenge von  $A$ .

5. Wollen wir wissen, an welchen Raumstellen aller möglichen Elemente von  $A$  neues technisches Wissen realisiert wird und sehen wir die Adaption eines neuen Verfahrens ebenfalls als einen Fall des Auftretens neuen technischen Wissens an, so ergibt die Vereinigung<sup>1</sup> der Teilmengen  $A_{I_n}$ ,  $A_{I_m}$  und  $A_A$  eine neue Menge, die nun alle Raumpunkte enthält, an denen neues technisches Wissen aufgetreten ist.

$$A_{I_n} \cup A_{I_m} \cup A_A = A_T, \quad (29)$$

$$\text{wobei } A_T = \{a/a = a_{I_n} \wedge a = a_{I_m} \wedge a = a_A\} \quad (30)$$

Nach unseren Überlegungen ergibt sich, daß diese Menge  $A_T$  eine Teilmenge von  $A$  ist.

$$A_T \subset A \quad (31)$$

Technisches Wissen tritt also nicht an allen Raumstellen gleichmäßig auf. Diese Aussage wird durch Schaubild 4 verdeutlicht, welches die Überlegungen noch einmal zusammenfaßt.

Aus dem Schaubild geht hervor, daß die Möglichkeitsmenge  $A$  durch eine Reihe von Faktoren eingeschränkt wird. Zwar können die Graphen »Erweiterungen« einer Menge darstellen, die Möglichkeitsmenge wird aber einmal dadurch eingeschränkt, daß die Mengen  $A_{X_E}$ ,  $A_{D_1}$  usw. nur Teilmengen von  $A$  sind (gestrichelte Linien), und zum anderen, daß mit

<sup>1</sup> Will man Information über Doppel- oder Dreifachbesetzungen einer Raumstelle haben, so muß der Durchschnitt dieser Teilmengen gebildet werden.



diesen Teilmengen die Operation des Durchschnitts durchgeführt wird. Die Möglichkeitsmenge  $A$  wird also auf eine geringere Anzahl von Raumstellen reduziert.

Um zu Aussagen über die interregionale Verteilung neuen technischen Wissens zu gelangen, muß die Konstruktion von  $A_T$  analog auf die beiden Regionen  $B$  und  $C$  übertragen werden, wobei ein ähnlicher Prozeß wie in den Gleichungen (15)–(22) vollzogen werden muß. Bei der Vereinigung analog zu (29) kann sich zwar im Extremfall die gleiche Mächtigkeit für  $B_T$  und  $C_T$  ergeben, was bedeuten würde, daß die Region, die schwächer innoviert, dieses zum Beispiel durch eine stärkere Imitation kompensiert. In der Realität ist aber nicht eine solche

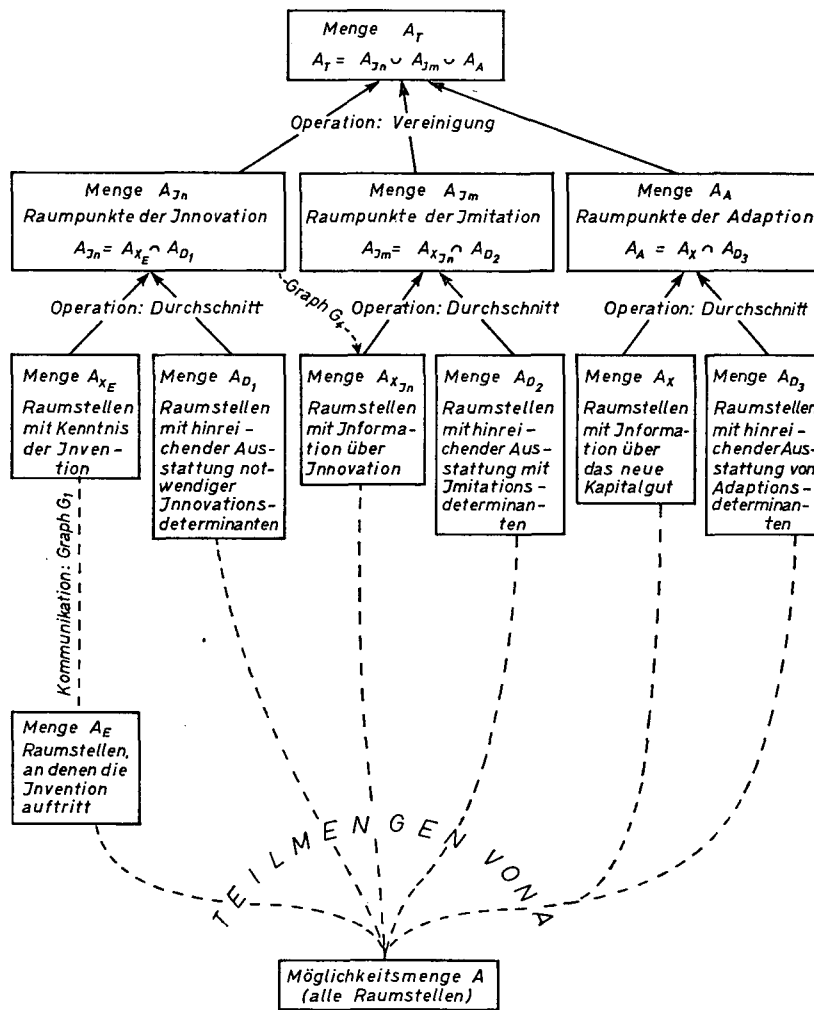


Abb. 4

interregionale Verteilung der Determinanten für Innovation, Imitation und Adaption zu erwarten, daß die eine Region sowohl stärker mit Innovations- als auch mit Imitationsdeterminanten (und oft auch mit Adaptionsdeterminanten) ausgestattet ist. Dann weisen  $B_T$  und  $C_T$  unterschiedliche Mächtigkeiten auf<sup>1</sup>.

Als Fazit unserer Überlegungen ergibt sich, daß die Prämisse eines regional nicht gebundenen technischen Wissens höchst fragwürdig ist. Technisches Wissen kann in einer regionalisierten Wachstumstheorie nicht a priori als nationale Wachstumsdeterminante behandelt werden. Aussagen über die Mobilität des technischen Wissens bedürfen einer detaillierten Analyse, wobei sich die mathematische Mengentheorie als ein wichtiges Erklärungsinstrument anbietet.

In der vorliegenden Arbeit ist nur ein erster Versuch unternommen worden, einige wenige und sehr einfache Sätze der axiomatischen Mengenlehre auf ein ökonomisches Problem anzuwenden. Die Mathematik stellt dem Ökonomen zum Beispiel in dem axiomatisierten *Zermelo-Fraenkel*-System eine Fülle anderer, aus wenigen Axiomen abgeleiteter Theoreme zur Verfügung, deren Anwendung zusätzliche Erkenntnisse über ökonomische Probleme ermöglichen kann. So kann zum Beispiel die Standortbestimmung als Durchschnitt zweier Mengen aufgefaßt werden, und zwar der Menge aller Standorteigenschaften geschnitten mit der Menge der Standorterfordernisse<sup>2</sup>. Auch die Abgrenzung von Regionen ist mit Hilfe der Mengentheorie formal darstellbar. Die Anwendung der Mengentheorie auf ökonomische Probleme ist aber nicht auf die Regionaltheorie begrenzt – wie das Beispiel der Kommunikation zeigt –, sondern eignet sich allgemein zur Analyse ökonomischer Probleme<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Diese Überlegungen machen deutlich, daß es notwendig wird, den technischen Fortschritt in der makroökonomischen Produktionsfunktion zu regionalisieren. Vgl. *K. J. Arrow*, Comment. In: *The Rate and Direction of Inventive Activity*, a. a. O., S. 357.

<sup>2</sup> Als eine Form der Durchschnittsoperation kann die von *H. K. Schneider* durchgeführte Matrizenmultiplikation angesehen werden: *Über einige Probleme und Methoden...*, a. a. O., S. 103 ff.

<sup>3</sup> So kann die Bestimmung des Preises aus Angebot und Nachfrage als der Durchschnitt zweier Mengen aufgefaßt werden. Die Nachfragemenge enthält dabei geordnete Paare, wobei jedes Paar einen Preis mit der entsprechenden Nachfragemenge enthält. Analog für die Angebotsmenge. Schneidet man beide Mengen, erhält man dasjenige geordnete Paar als neue Menge, das in beiden Mengen gleichzeitig enthalten ist: Gleichgewichtspreis und Gleichgewichtsmenge. Vgl. auch die Anwendung der Mengentheorie auf den Prüfbarkeit- oder Falsifizierbarkeitsgrad von Aussagen bei *K. R. Popper*, *Logik der Forschung*. Tübingen 1966, S. 78 ff.; ferner *W. und P. Isard*, *General Social Political and Economic Equilibrium for a System of Regions*. »Papers and Proceedings of the Regional Science Association«, Vol. 14 (1965), S. 1–33, Vol. 15 (1965), S. 7–25; *M. B. Teitz*, *Regional Theory and Regional Models*. »Papers and Proceedings of the Regional Science Association«, Vol. IX (1962), S. 35–50; *D. Bartels*, *Gedanken zu einer wissenschaftstheoretischen Grundlegung einer Geographie des Menschen*. Köln 1960, S. 100 ff., vielfältigt.