

MAKROÖKONOMISCHE ASPEKTE DER WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHEN FORSCHUNG*

Von

G. D. SZAKASITS

1. Wechselwirkung zwischen Produktion und Forschung — Entwicklung

Die nachstehend behandelten Untersuchungen wurden auf Grund eines Vergleichs der verschiedenen Indizes, welche die materialien und geistigen Potentiale von zwanzig europäischen und drei überseeischen hochentwickelten Industrieländern anzeigen, durchgeführt (Tabelle 1). Die mathematisch-statistischen Methoden der Analyse waren dieselben, über die wir in einem früheren Aufsatz schon berichtet haben (Die perspektivische Planung der wissenschaftlichen Forschung, des wirtschaftlichen Zuwachses und des Perspektivplans der Volkswirtschaft. Wirtschaftliche Rundschau 11, 1965). Es sei hierbei bemerkt, daß die Erweiterung des untersuchten Kreises und die Verlässlichkeit der benutzten Angaben durch die inzwischen erschienenen statistischen Veröffentlichungen wesentlich gefördert wurden. Im Laufe der vorliegenden Untersuchungen war es im Besitz entsprechender Angaben auch möglich, die wissenschaftlich-technischen Forschungen faktorenmäßig einer Korrelationsprüfung zu unterziehen und somit auch die Eliminationsmethode anzuwenden.

Unter Zugrundelegung der Ergebnisse der ersten Untersuchung ließ sich auch mit Hilfe der mathematisch-statistischen Methode die übrigens auch logisch leicht einzusehende Wahrheit feststellen, daß *zwischen der Einwohnerzahl oder der Flächengröße einerseits und der nationalen Nettoproduktion der einzelnen Länder andererseits nicht einmal ein stochastischer Zusammenhang nachgewiesen werden kann.*

Danach gingen wir zur faktorenmäßigen Analyse der Zusammenhänge zwischen wissenschaftlich-technischer Forschungsarbeit und Produktion über. Die wissenschaftlich-technischen Forschungs-Entwicklungsaktivitäten als produktive Kräfte betrachtet, wurde die Rolle des Aufwandes an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit in der Steigerung der Nettoproduktion vorerst getrennt, sodann gemeinsam untersucht.

* Kurzfassung des Vortrags, gehalten im März 1968 an der Technischen Universität, Budapest

Tabelle 1

Indizes von Forschung-Entwicklung auf volkswirtschaftlicher Ebene auf Grund der Angaben des Jahres 1964 in USA §

Land	Einwohnerzahl in Millionen	NNP je Einwohner	F + E + L in % der NNP	auf 10 000 Einwohner fallen		auf 1 Forscher entfallen an F + E + L	auf 1 Einwohner entfallen an F + E + L
				graduierte Fachleute	Forscher		
1	2	3	4	5	6	7	8
USA	193,0	3000	3,6	274	25,7	42 300	109,—
England	54,2	1730	2,4	—	11,0	37 600	41,30
BRD	56,0	1840	1,5	64	6,0	44 500	28,10
Frankreich	48,4	1690	1,8	86,5	6,7	44 000	29,60
Japan	97,0	730	1,4	102,0	9,2	9 000	10,60
Kanada	19,2	2000	1,4	110,5	6,7	40 700	28,30
Niederlande	12,1	1450	1,9	112,0	10,3	26 800*	27,20*
Italien	51,0	950	0,9	42,7	3,7	22 200	8,50
Schweden	7,7	2200	1,6	79,5	8,2	42 400	35,00
Österreich	7,2	1070	0,5	67,1	4,4	11 600	5,20
Belgien	9,4	1460	1,4	89,4	8,5	24 000	20,20
Norwegen	3,6	1690	0,9	47,2	10,5	13 200	13,80
Schweiz	5,9	2040	2,1	—	6,5	60 000	40,00
Finnland	4,6	910	0,7	—	3,3	11 000	11,70*
Spanien	31,3	550	0,5	47,1	3,2	8 600	2,80
ČSSR	14,0	895	1,5	135,0	16,8	7 200	12,20
Polen	31,2	495	0,8	115,1	12,8	—	4,15
DDR	17,0	885	1,3	—	—	—	11,20
Jugoslawien	14,3	630	0,7	—	—	—	4,65
Ungarn	10,1	650	1,3	103,0	12,3	5 750	7,10
UdSSR	223,0	1030	4,3	197,2	21,0	21 400	45,00

In den Angaben der mit * bezeichneten und der sozialistischen Länder sind die Lizenzkosten nicht enthalten.

NNP = Nationale Netto-Produktion

F + E + L = Forschung + Entwicklung + Lizenzkosten

Zuerst untersuchten wir den Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlich-technischen geistigen Forschungspotential (Forscher/10 000 Einwohner) und der nationalen Nettoproduktion je Einwohner (im weiteren: NNP). Hierbei gelangten wir zu dem überraschenden Ergebnis, daß sich ein negativer Korrelationskoeffizient ergab. Die Lage änderte sich jedoch, als der Zusammenhang zwischen den auf 10 000 Einwohner entfallenden, auf Arbeitsplätzen für Forschung und Entwicklung tätigen *sämtlichen* Beschäftigten und der nationalen Nettoproduktion je Einwohner untersucht wurde. Hier wies der Korrelationskoeffizient schon die Größe von + 0,7 auf.

Die negative Korrelation, die zwischen der Zahl der in Forschung-Entwicklung beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure je 10 000 Einwohner und der NNP besteht, und der zwischen dem *spezifischen Index* der auf dem Gebiete von Forschung-Entwicklung arbeitenden *Gesamtzahl* und der NNP vorhandene ziemlich enge positive Zusammenhang *beweisen, daß das geistige Forschungspotential allein zwar eine notwendige, jedoch keine genügende Bedingung der wirtschaftlichen Zunahme ist.*

Durch diese Untersuchungen wurde bewiesen, daß die Sicherstellung eines *optimalen Verhältnisses zwischen Forschern und Hilfspersonal eine der Bedingungen für die Wirksamkeit der Forschungsarbeit darstellt.*

Aus dem Vergleich der vorstehend erörterten Untersuchungsergebnisse läßt sich feststellen, daß durch die Versorgung der Forscher mit entsprechendem wissenschaftlichem und sonstigem Hilfspersonal die volkswirtschaftliche Wirksamkeit von Forschung-Entwicklung gesteigert wird.

Als eine weitere grundlegende Bedingung der wirksamen Nutzung des geistigen Forschungspotentials war die angemessene materielle Versorgung der Forscher nachweisbar.

Bei der Untersuchung der Frage, welche Korrelation zwischen der Nettoproduktion je Einwohner und dem auf einen Forscher entfallenden Aufwand für Forschung-Entwicklung besteht, erhielten wir nämlich einen überraschend hohen Korrelationskoeffizienten ($r = + 0,868$). Mit Hilfe der berechneten Funktion ($y = 1,090 \cdot x^{1,374}$) kann der Zusammenhang zwischen dem Gesamtaufwand für Forschung und Entwicklung je Forscher einerseits und der Nettoproduktion andererseits ermittelt werden.

Unter den Aufwendungen wurden auch die Kosten für Lizenzankäufe eingesetzt und die Regressionsanalysen sowohl mit als auch ohne diese durchgeführt (Abb. 1). Der Abbildung kann leicht entnommen werden, daß die Streuung der um die Lizenzkosten erhöhten Angaben erheblich geringer ist, als wenn diese unberücksichtigt bleiben. Auf die eingehendere Analyse dieser Erscheinung kommen wir in Verbindung mit der Lizenzpolitik noch zurück.

Außerdem wurde auch die Beziehung zwischen dem Wert der Produktionsmittel je Forscher und der NNP einer Untersuchung unterzogen. Die Straffheit der Korrelation ($r = + 0,874$) wies kaum eine Abweichung von den mit dem Gesamtaufwand durchgeführten Berechnungen auf.

Auf Grund der vorgenommenen Untersuchung je Faktor betrachten wir die optimale Bemessung des auf einen Forscher entfallenden Gesamtaufwandes und innerhalb dessen die der Kostenverhältnisse als eine weitere Bedingung für die volkswirtschaftliche Wirksamkeit der wissenschaftlich-technischen Forschung. (Im Gesamtaufwand sind natürlich nicht nur die Kosten für Forschung, sondern auch die der Entwicklungstätigkeit für die Einführung der Forschungsergebnisse enthalten.)

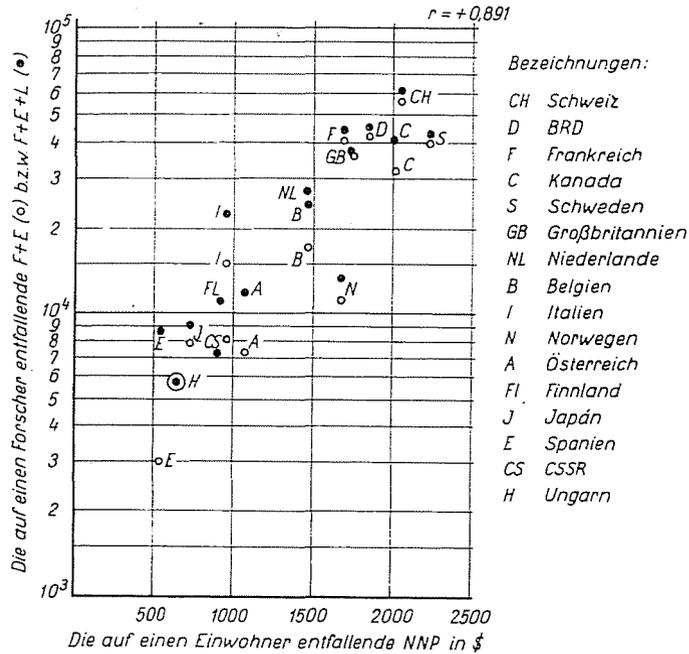


Abb. 1. Die auf einen Einwohner entfallende NNP und auf einen Forscher entfallende $F+E+L$

Eine spezielle »Produktions«-Funktion

Zum Abschluß der Untersuchung der geistigen und materiellen Bedingungen für Forschung und Entwicklung, der inneren Verhältnisse der letzteren, die mit dem wirtschaftlichen Zuwachs zusammenhängen, haben wir unsere im Jahre 1962, sodann 1964 durchgeführten Untersuchungen, die auf den Zusammenhang zwischen dem Nationaleinkommen bzw. der Nettoproduktion je Einwohner und dem auf einen Einwohner bezogenen Forschungs-Entwicklungsaufwand sowie den Lizenzausgaben gerichtet waren, wiederholt (die Ergebnisse der früheren Untersuchungen siehe: D. György Szakasits: Die wissenschaftliche Forschung und die wirtschaftliche Entwicklung, Budapest, 1965, Akadémiai Kiadó).

Im Laufe dieser Untersuchungen wurden die Entwicklungsländer nicht berücksichtigt, und es wurden lediglich die Länder untersucht, deren Nettoproduktion zwischen die Grenzen von 500 bis 2500 \$/Person fällt. Die Forschungs-Entwicklungskosten wurden dabei durch die Ausgaben für Lizenzkauf der einzelnen Länder ergänzt. Dies ließ sich bei den sozialistischen Ländern — zufolge bekannter Ursachen — leider nicht vornehmen, hierdurch wurde aber die Möglichkeit der Erkenntnis einer allgemeinen Tendenz nicht ausgeschlossen.

Durch die Berücksichtigung der Lizenzkosten bei den kapitalistischen Ländern nahm die Regressionskurve — den früheren Untersuchungsergebnissen gegenüber — einen ausgeglicheneren Verlauf. Der Wert des die Straffheit der Korrelation ausdrückenden Koeffizienten liegt auch in diesem Falle, wie bei den beiden vorangegangenen Untersuchungen, über 0,9 oder beträgt genau + 0,927, wenn die Angaben der UdSSR, und $\pm 0,912$, falls die Angaben der UdSSR und der USA außer acht gelassen werden (Abb. 2).

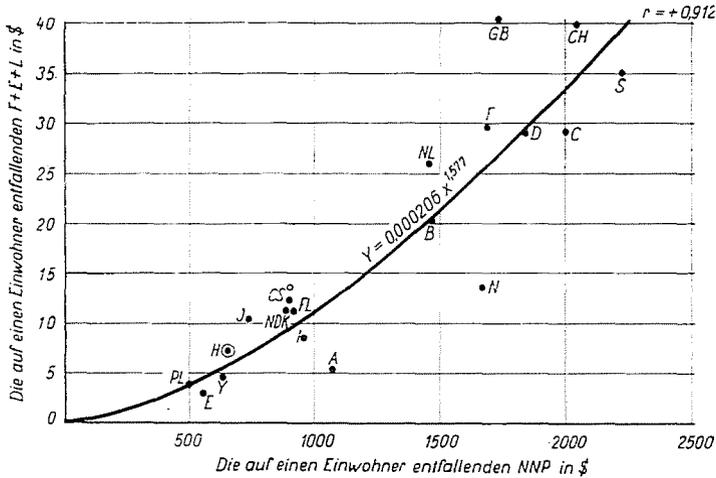


Abb. 2. Die auf einen Einwohner entfallenden NNP bzw. F+E+L Kosten

Auf Grund der vorstehenden Ausführungen ist es empfehlenswert, bei den Versuchen, die auf die quantitative Bestimmung der Faktoren des Wirtschaftszuwachses gerichtet sind, auch die diesen quantitativen Zusammenhang beschreibende Funktion zu berücksichtigen. Dies bedeutet natürlich keineswegs, daß bei der Sicherstellung des Zuwachses der Forschungs-Entwicklungskosten, die der Einheitswirtschaftszunahme beigeordnet ist, sich die wirtschaftliche Zunahme automatisch einstellt; es gilt lediglich, daß unter Gewährleistung sonstiger Bedingungen — z. B. Investitionen — zur Wirtschaftszunahme auch ein mehr oder weniger genau bestimmbarer Forschungs-Entwicklungsaufwand gehört.

Dieser funktionelle Zusammenhang vermag mit den Zusammenhängen, die zwischen Kostenstruktur des Forschungspotentials und Nettoproduktion erschlossen wurden, der volkswirtschaftlichen Planung bei der sorgfältigeren Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Informationsbedarfs der wirtschaftsfördernden Vorstellungen gute Dienste zu leisten. (Auf die einzelnen Kriterien, die zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Informationsbedarfs erforderlich sind, kommen wir im Schlußabschnitt des Aufsatzes zurück).

Bisher war immer von dem Gesamtaufwandbedarf der Forschungs-Entwicklung die Rede, ganz unabhängig davon, ob dieser durch eine heimische Forschungs-Entwicklungsbasis oder durch geistigen Import, genauer ausgedrückt: über eine besser organisierte und erfolgreichere Mitwirkung in der internationalen wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Arbeitsteilung gewährleistet wird.

2. Die heimische Forschungs-Entwicklungsbasis und der geistige Import

Von den Fachleuten, die sich mit den Fragen der Wissenschaftspolitik und der Forschungsorganisation befassen, wird es heute nicht mehr bestritten, daß selbst die reichsten Länder nicht imstande sind, das Gesamtspektrum der Wissenschaft durch ihre inländische Forschungsbasis zu decken. Es kann auch als bewiesen betrachtet werden, daß durch eine gut organisierte internationale Arbeitsteilung die Teilnehmerländer bei verhältnismäßig geringerem Aufwand ein größeres Ergebnis realisieren können, als wenn sie sämtliche materiellen und technischen Bedingungen für Forschung-Entwicklung selber schaffen müßten.

Es wurde aber nicht genügend geklärt, *welches Verhältnis unter den gegebenen gesellschaftlichen und Wirtschaftsbedingungen sowie bei einem wirtschaftlichen Fortschrittsniveau zwischen der heimischen Forschungsbasis und dem geistigen Import anzustreben sei.*

Um diese Untersuchung vorzunehmen, stehen leider nur Angaben der kapitalistischen Länder zur Verfügung, da in den sozialistischen Ländern der gegenseitige Austausch von wissenschaftlichen und technischen Informationen wertmäßig nicht nachweisbar ist.

Unter Zugrundelegung der durchgeführten Berechnungen kann nicht mit voller Gewißheit behauptet werden, daß die erkannten Tendenzen von allgemeiner Gültigkeit seien, trotzdem lassen sich aus Abb. 3 — wenn auch mit Vorbehalt — gewisse Folgerungen ableiten. In dieser Abbildung ist die Tendenz klar zu erkennen, daß *die Lizenzkosten der Volkswirtschaft im Vergleich zu den Gesamtkosten für Forschung und Entwicklung in Abhängigkeit von der Wirtschaftszunahme eine abnehmende Tendenz aufweisen.* Vom Gesichtspunkte der technischen Politik des Landes ist diese sehr wichtige Frage einer eingehenderen Analyse zu unterziehen. Auf Grund der Angaben der technischen Zahlungsbilanz von Japan, der BRD und Frankreich wurde diese Erscheinung auch als Funktion der Zeit getrennt untersucht (Abb. 4). Das Ergebnis bestätigte für alle drei Länder eine in vollem Ausmaß übereinstimmende Tendenz. Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich wie nachstehend zusammenfassen:

Bei in eine intensive Wirtschaftsperiode eintretenden Ländern ist während der ersten Zeit der passive Saldo der technischen Zahlungsbilanz verhältnismäßig hoch. Trotzdem dieser Saldo im Absolutwert noch weiter ansteigt,

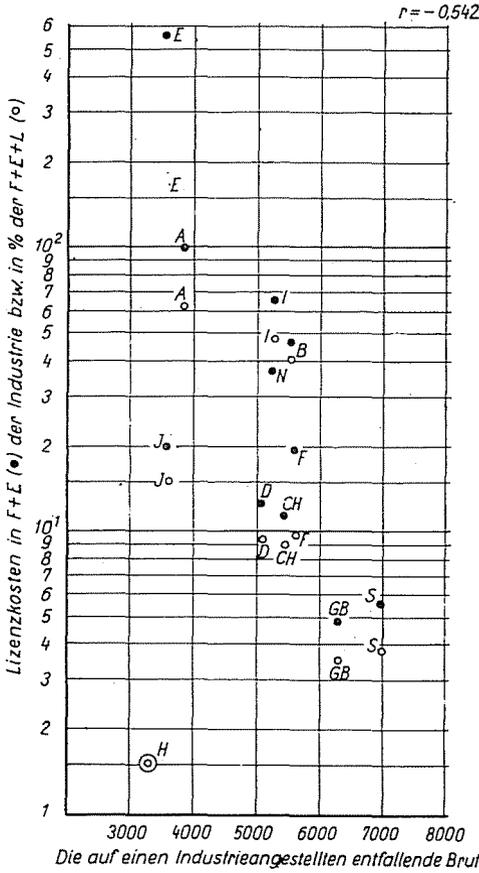


Abb. 3. Die auf einen Industriearbeitenden entfallende Bruttoerzeugung und die Ausgaben für Industrielizenzen in % der heimischen F + E der Industrie

nahmen die heimischen Forschungsaufwendungen noch schneller zu, daher zeigt der passive Saldo der technischen Zahlungsbilanz im Vergleich zu den heimischen Kosten für Forschung und Entwicklung eine abnehmende Tendenz.

Dem Außenhandel mit geistigen Produkten soll bei unserer vielseitigen Beteiligung verschiedener Art an der internationalen Arbeitsteilung zweckmäßigerweise auch schon deshalb eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, weil dieser für die wirtschaftliche Zusammenarbeit und darüber hinaus für den wirtschaftlichen Aufschwung neue Grundlagen bieten kann.

Aus Abbildung 3 geht klar hervor, daß selbst in den hochentwickelten westeuropäischen Ländern die für die ausländischen wissenschaftlich-technischen Kenntnisse entrichteten Lizenzgebühren 10 bis 20 vH der Kosten für einheimische Industrieforschung-Entwicklung erreichen. Die wissenschaftlich-technische Basis der Industrieförderung ist bei weniger entwickelten Ländern in einem noch höheren Verhältnis außerhalb der Grenzen anzutreffen.

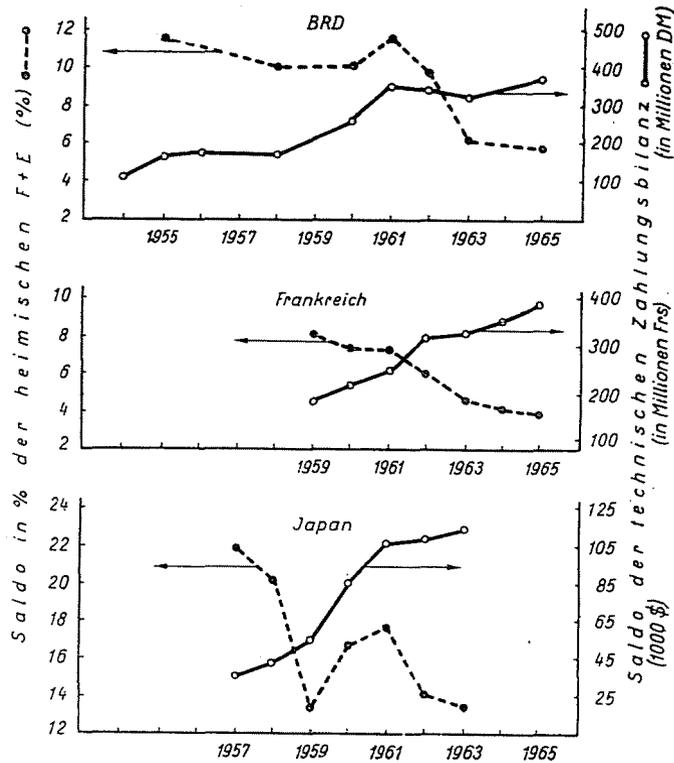


Abb. 4. Passivsaldo der technischen Zahlungsbilanz und der Saldo in % der heimischen F+E-Kosten

Aber auch in den führenden Industriezweigen von einzelnen hochentwickelten Ländern kann nachgewiesen werden, daß die Produktionsentwicklung auch hier nicht lediglich auf der heimischen Forschungs-Entwicklungsbasis beruht.

Tabelle 2
Industriezweigsaldo der technischen Zahlungsbilanz in Millionen S

Land	Einnahmen	Ausgaben	Saldo
BRD (1963)			
chem. Industrie	19,3	33,8	-14,5
Elektrotechnik	10,7	29,—	-18,3
Kraftwagenindustrie	14,2	45,2	-31,
Frankreich (1963)			
chem. Industrie	10,3	14,0	-3,7
Elektrotechnik	1,7	12,6	10,9
Maschinenbau	0,2	4,1	-3,9

Es ist sowohl aus der internationalen wie auch aus der heimischen Fachliteratur bekannt, daß Japan seine Konkurrenzfähigkeit auf dem internationalen Markte u. a. durch vorsorgliche Forschungs- und Lizenzpolitik erreicht hat.

Demnach kann eine Hypothese als begründet angesehen werden, wonach sich auf einer bestimmten Höhe der wirtschaftlichen Entwicklung zwischen den materiellen Mitteln, die für die Entwicklung der heimischen Forschungsbasis bzw. für den Ankauf von ausländischen Ergebnissen aufzuwenden sind, ein gewisses Verhältnis bildet, das als objektiv betrachtet werden kann. Dieses Verhältnis unterliegt im Laufe der wirtschaftlichen Entwicklung einer gut verfolgbaren Modifizierung. Auf Grund dieser Erkenntnis kann durch eine zielbewußte Lizenzpolitik in einer gewissen Zeit erreicht werden, daß der einseitige Ankauf von ausländischen technisch-wissenschaftlichen Dokumentationen durch den gegenseitigen Austausch der technischen Dokumentationen abgelöst wird.

Unseres Erachtens ist diese Politik gleicherweise durchzusetzen, sowohl in kapitalistischer als auch in sozialistischer Relation, unter Berücksichtigung der jeweiligen wirtschaftlichen und politischen Bedingungen.

3. Die »kritische Masse« des Forschungs- und Entwicklungsaufwandes

Auf Grund der Ergebnisse der verschiedenen Analysen gelangt man ohne Schwierigkeit zu der Folgerung, daß *die Konzentration der Forschung eine wichtige ökonomische Bedingung* ihrer Wirksamkeit ist.

Als eine derartige »Konzentrationskennziffer« auf volkswirtschaftlicher Ebene ist die Kennziffer der materiell-technischen Versorgung der Forscher, die Forschungs- und Entwicklungsaufwendung pro Produkteneinheit in den verschiedenen Industriezweigen zu betrachten. Der Zusammenhang zwischen der Konzentration der Forschungs- und Entwicklungskraftquellen und der Produktionsstruktur zeigt sich klar, wenn man untersucht, wie hoch der Anteil der führenden Industriezweige an den industriellen Gesamtaufwendungen in kleinen hochentwickelten Industriestaaten ist, wo das geistige Potential und die materiellen Möglichkeiten die Entwicklung strenger begrenzen. So z. B. verbraucht die chemische Industrie der Schweiz 62%, die Elektroindustrie Hollands 36%, die schwedische Maschinenbauindustrie 70% der Gesamtkosten der Industrie für Forschung und Entwicklung. In Japan werden 31% der Forschungs- und Entwicklungskosten der Maschinenbauindustrie für Fahrzeugbau verwendet. Es bedarf keiner besonderen Erklärung, daß dagegen in den Vereinigten Staaten 46% der Forschungs- und Entwicklungskosten der Maschinenbauindustrie von Flugzeugbau- und Raketentechnik in Anspruch genommen werden.

Der Konzentrationsgrad wird außerdem auch durch die auf einen Umsatz von \$ 100 entfallenden Forschungs-Entwicklungskosten ($F + E/P$) gekennzeichnet.

So zeigt es sich, daß die Forschungs- und Entwicklungskosten pro 100 \$ Produktenumsatz in der Elektronik der USA 18 \$, im englischen Gerätebau und in der Feinmechanik 7,5 \$, im Starkstrom-Maschinenbau der BRD 3,9 \$ und im schwedischen Maschinenbau 6 \$ betragen.

In Ungarn ist eine ähnliche Schwerpunktbildung in Gerätebau und Feinmechanik zu beobachten, wo der Koeffizientenwert den internationalen Durchschnitt annähernd erreicht.

Bedauerlicherweise sind weder die zum Messen der Forschungs-Konzentrationsstufe erforderlichen Zweigkennziffern, noch die Kostenangaben der einzelnen Forschungsthemen, oder die Zahl der an einem Thema arbeitenden Forscher für internationale Vergleiche anwendbar. So wurde eine für internationale Vergleiche anwendbare Kennziffer gebildet. Diese ist das Jahresvolumen der Forschungs-Entwicklungsprogramme eines Betriebes oder der im betriebsökonomischen System arbeitenden Industrieforschungsinstitute. (Dies ist die Summe der jährlichen Kosten der zu dem Betriebsprofil gehörenden, verschiedenen F.- und E.-Themen.)

Die ungarische Forschungsstatistik vom Jahre 1967 erstreckt sich auf 41 Forschungsinstitute der Industrie und 266 Forschungsstellen von Betrieben.

Unter den 266 Unternehmen fanden sich 192 solche, wo das betriebliche Forschungsprogrammolumen des Jahres 1967 mehr als 5 Millionen Ft betrug und 4 Betriebe, bei denen das Jahresforschungs- und Entwicklungsprogramm 50 Millionen überstieg. Unter den 41 Instituten waren 32, wo das Jahresprogramm 5 Millionen Ft und 4, bei denen die Kosten 50 Millionen Ft überstiegen.

Forschungsstellen mit Programmen von 5 bis 50 Mill. Ft verbrauchten 73% der gesamten industriellen Forschungs- und Entwicklungskosten, Forschungsstellen, die über ein Programm über 50 Mill. Ft verfügen, verwendeten 19,5%. Die übrigen 71,5% wurden in 280 Betriebs- und anderen Forschungsstellen verausgabt.

Für einen internationalen Vergleich wurden die Programme der Forschungsstellen der I. Kategorie mit über 100 000 \$, dann die Programme der Forschungsstellen der II. Kategorie mit über 1 000 000 \$ berücksichtigt. Nach diesem Grundsatz wurde Tabelle 3 aufgestellt, wo die Daten der kapitalistischen Staaten einer Veröffentlichung der OECD vom Jahre 1964 entnommen wurden.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß es in Ungarn eine beträchtliche Anzahl von Forschungsstellen gibt, die in Kat. I und II eingeordnet werden können, gleichzeitig ist der Anteil von Forschungsstellen, die den Schwellenwert nicht erreichen, an den gesamten industriellen Forschungs- und Entwicklungskosten ziemlich hoch.

Zur exakteren Darstellung wurde eine Berechnung durchgeführt, um die

Tabelle 3

Forschungskonzentration auf Grund der Größe der Betriebsprogramme
Größe der Betriebs-(Firmen-)Jahresforschungsprogramme in 1000 USA \$

	100-999 I.	1000-9999 II.	10 000-99 999 III.	100 000 u. darüber IV.	Zahl der in Betracht ge- zogenen Firmen
<i>USA (1964)</i>					
Zahl der Firmen	1500	500	120	28	2130
In % der gesamten industr. F. u. E.	3,7	11,7	20,8	62,7	98,9 ¹
<i>Frankreich (1963)</i>					
Zahl der Firmen	327	97	16	—	440
In der % ges. ind. F. u. E.	15,7	39,4	43,4	—	98,5 ¹
<i>Schweden (1964)</i>					
Zahl der Firmen	113	26	—	—	139
In % der ges. ind. F. u. E.	28,9	—	63,6	—	92,5 ¹
<i>Belgien (1963)</i>					
Zahl der Firmen	48	12	—	—	60
In % der ges. ind. F. u. E.	21,8	66,4	—	—	82,8 ¹
<i>Norwegen (1963)</i>					
Zahl der Firmen	29	2	—	—	31
In % der ges. ind. F. u. E.	44,3	20,9	—	—	62,2 ¹
<i>Österreich (1963)</i>					
Zahl der Firmen	18	2	—	—	20
In % der ges. ind. F. u. E.	43,3	26,1	—	—	73,4 ¹
<i>Spanien (1964)</i>					
Zahl der Firmen	23	1	—	—	24
In % der ges. ind. F. u. E.	67,5	13,6	—	—	81,1 ¹
<i>Ungarn (1966)</i>					
Zahl der Firmen	224	8	—	—	234
In % der ges. ind. F. u. E.	73	19,5	—	—	92,5 ¹

¹ Bei Programmen, die weniger als \$ 100 000 Kosten in Anspruch nehmen, wurde die Differenz zwischen den industriellen Gesamtkosten für Forschung und Entwicklung und der Summe, die von den in Betracht gezogenen Firmen verbraucht wurde, angewendet.

Durchschnittsgrößen der Jahresprogramme der geprüften Forschungsstellen zu beurteilen.

Die Untersuchung der Durchschnittsgröße der Betriebsprogramme nähert zwar die Bestimmung der »kritischen« Masse an, aber die Wirksamkeit der Konzentration hängt erstens davon ab, wieweit die Betriebsprogramme konvergent sind, andererseits verändert sich die kritische Masse selbst auch in Abhängigkeit von der Industriezweigseigenart. So mußten die Untersuchungen weitergeführt werden.

Als ein Weg zur Bestimmung der objektiv notwendigen Konzentrationen ist die Kenntnis der durchschnittlichen Größe der Forschungsteams zu betrachten. Dabei hat die »kritische Masse« natürlich eine ganz andere Dimension, ob man Grundlagenforschung betreibende Institutionen oder die industrielle Forschungstätigkeit betrachtet, obzwar auch da die Zweigseigenart eine bedeutende Rolle spielt.

Nach all dem erhält man doch eine gewisse Information aus dem Ergebnis einer Untersuchung, die sich in der amerikanischen Industrie im Jahre 1962 auf 2000 Forschungsstellen erstreckte, laut welcher ein Laboratorium für Industrieforschung von 100 Mitarbeitern an als produktiv betrachtet werden kann. (Bei der Untersuchung des Kriteriums der Produktivität wurde in Betracht gezogen, daß die Erhaltungskosten des Labors durch die Ausnutzung der Forschungsergebnisse in 3 bis 4 Jahren zurückfließen.)

Dieses Minimum ist natürlich auch von dem Entwicklungsprofil des betreffenden Labors abhängig. Von den untersuchten 2000 Labors für Industrieforschung waren 200 mit einer Gesamtbeschäftigtenzahl über 500 (F. Hoffmann: Forschung und Industrie in den USA, 1962, S. 65).

Werden obige Kriterien und die aus der internationalen Statistik berechnete Normative: »der jährliche Aufwand pro Forscher« angewendet, so kann es befriedigend umgrenzt werden, über welche Größe die Forschungskapazität eines Unternehmens verfügen muß, um seine Konkurrenzfähigkeit im Konkurrenzkampf zu bewahren.

Nach westeuropäischen Daten, wo die Proportion 1 : 2 Forscher- und Hilfspersonal als Grundlage angenommen sowie jährlich pro Forscher 33 000 \$ angesetzt werden, betragen die jährlichen Erhaltungskosten eines Forschungslabors — die Amorisation inbegriffen — etwa 1 Mill. \$. Vom Profil abhängig werden in so einem Labor mit 25 bis 30 Forschern und 50 bis 60 Hilfskräften 2 bis 5 Forschungs- und Entwicklungsthemen mit einer Durchlaufzeit von 2 bis 3 Jahren ausgearbeitet. Diese Zahlen stehen aber den niedrigen Werten näher, wenn man sie mit den Betriebsprogrammen vergleicht, die in Tabelle 3 angeführt sind.

Es zeigt sich, daß die untere Grenze der Stärke eines Forschungsteams in der Industrie bei 100 Beschäftigten ist, doch ist auch eine bedeutende Anzahl von Forschungsstellen mit einer Belegschaft von 500 Mitarbeitern zu finden.

(Natürlich gibt es in den USA Forschungsstellen, wo Tausende von Forschungs- und Entwicklungsingenieuren arbeiten. So z. B. beschäftigen Bell Telephone 6000, Du Pont de Nemours 5000, IBM 12 000 Wissenschaftler und wissenschaftliche Hilfskräfte.)

Aus der Tabelle, die die Betriebsprogramme der Größe nach zeigt, ist festzustellen, daß die Jahresprogramme obiger Forschungsstellen in die Kategorien von 10 000 bis 1 Mill. \$ bzw. von 1 bis 10 Mill. \$ eingereiht werden können, abgesehen von den Forschungen für militärische Zwecke.

So wird durch diese zweiseitige Annäherung die kritische Masse der Aufwendungen für betriebliche Industrieforschung im gleichen Bereich umgrenzt. Die Größe der Programme der Forschergruppen bzw. Betriebe und damit auch der Konzentrationsgrad werden in bedeutendem Maße — weit mehr als durch die Eigenart des Industriezweiges — dadurch beeinflußt, wie schnell der moralische Verschleiß der Produkte, der Verfahren eintritt, mit anderen Worten durch das Tempo des wissenschaftlich-technischen Fortschrittes. Die Einflüsse der Industriezweigeigenart wurden in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4

Forschungs- und Entwicklungskosten in \$ pro 100 \$ Umsatz auf Grund des gewogenen Mittels der Jahre 1960—1964

	USA	GB	F	D	J	S	H
Industrie:	4,2	3,7	2,3	1,5	2,3	4,0	1,3
Maschinenbau:	10,0	5,5	4,8	2,7	3,0	5,0	2,5
hiervon:							
Flugzeugbau und Raketeni-							
dustrie	36,2	22,5	17,5	?	—	—	—
Andere Verkehrsmittel	4,1	3,1	2,0	1,8	3,3	?	1,4
Maschinenbau	3,9	2,3	2,8	1,5	1,1	6,0	2,0
Elektronik	18,1	10,8	10,9	9,0	11,2	16,0	6,5
Starkstrommaschinenbau	10,0	3,9	3,9	3,7	3,7	4,0	2,3
Gerätebau und Feinmechanik	8,3	7,5	6,7	6,0	3,0	?	5,9
Chem. Industrie	6,9	4,5	4,0	5,0	2,8	?	1,8
Leichtindustrie	0,2	0,3	?	?	1,0	0,5	0,1
Nahrungsmittelindustrie	0,5	0,3	?	?	0,6	0,5	0,1

USA Vereinigte Staaten von Amerika
 GB Großbritannien
 F Frankreich
 D BRD
 J Japan
 S Schweden
 H Ungarn

Und nun soll die gleiche Frage innerhalb eines Industriezweiges untersucht werden. Aus den Untersuchungen vom Jahre 1965 des englischen Forschungsinstitutes National Institut of Economic and Social Research können bemerkenswerte Informationen über die Entwicklungskosten und Entwicklungszeitdauer einiger elektronischer Einrichtungen in der amerikanischen und westeuropäischen Elektronik mitgeteilt werden. (Es ist zu bemerken, daß die Werte der folgenden Tabelle die Einführungskosten und die Einführungszeitdauer nicht enthalten.)

Die Verfasser der Abhandlung betrachten diese Forschungs- und Entwicklungskosten der verschiedenen Produktionsbereiche als *das minimale Niveau der sog. defensiven Entwicklungspolitik*.

Die angegebenen Daten sind informativer Natur, aber wie die Verfasser der Abhandlung bemerken, können sie als Grundlage für die Entscheidung dienen, bei welchem jährlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand ein kapitalistisches Unternehmen hoffen kann, am Kampf um den Markt einer gegebenen Produktengruppe teilzunehmen. Natürlich kann der jährliche Aufwand in Abhängigkeit von der Größe des eroberten Marktes höher oder niedriger sein; exakter ausgedrückt: in Abhängigkeit von dem Volumen der jährlich absetzbaren Produkte und von dem realisierbaren Nutzen, — die Veränderungen der Warenaustauschgeschwindigkeit in Betracht gezogen (National Inst. Economic Review No. 34. 1965. London).

In Ungarn wurde im Auftrag des Regierungsamtes für Technische Entwicklung im Jahre 1963 eine ausgedehnte Untersuchung durchgeführt, zur Ermittlung der Einflußfaktoren, die auf die Gestaltung der Forschungsintensität der einzelnen Produktengruppen einwirken. Auf Grund der Untersuchungen, die sich auf etwa 500 neue Produkte der Elektrotechnik und der Feinmechanik erstreckten, konnte durch mathematisch-statistische Datenverarbeitung festgestellt werden, daß die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen pro Einheit der verkauften Produkte Funktionen der folgenden Faktoren sind:

$$C_i = f(r, p_n, p_m, S)$$

wo $C_i = F$ — und E — Aufwand pro Einheit des Produkturnsatzes

r = Warenaustauschgeschwindigkeit

p_n = das technische Niveau des Produktes

p_m = das technische Niveau der Produktion

S = die Breite des Produktsortiments

bedeuten.

Aus der eingehenden Untersuchung konnten die nachfolgenden Folgerungen gezogen werden:

1. Je höher die technisch-ökonomischen Parameter eines neuen Produktes sind, umso größer ist der Quotient C_i , doch bei zunehmender Mengenmäßigkeit zeigt er eine sinkende Tendenz.

2. Je größer die Warenausgangsgeschwindigkeit, umso höher ist der Quotient C_i , und eine sinkende Tendenz zeigt sich nur bei hohen technisch-ökonomischen Parametern.

3. Der Wert des Koeffizienten C_i hängt in entscheidendem Maße von der Wirkung ab, die der wiss.-technische Fortschritt auf die Entwicklung des Zweiges ausübt. Dementsprechend sind die forschungsintensiven Industriezweige und innerhalb dieser die forschungsintensiven und weniger forschungsintensiven Produkte gut zu unterscheiden. In Zweigen, wo sich die Wirkung des wiss.-technischen Fortschrittes auf Produkte und Technologie steigert, nimmt dieser Koeffizient zu, gleichzeitig ist er in einer Reihe von »klassischen« Industriezweigen konstant oder zeigt sogar eine sinkende Tendenz.

4. In einem gegebenen Zeitintervall und in Betrieben mit gleichem Profil ist die Diffusion der C_i -Werte minimal und gegen zweiseitige Abweichungen vom jährlichen Warenumsatzvolumen bei für den Industriezweig charakteristischen Typenunternehmen nicht empfindlich. Auf Grund verschiedener Wirkungen und der oben genannten Faktoren kann die Größe dieses Koeffizienten bezüglich der Warengruppen entsprechend umgrenzt werden.

Im Jahre 1967 wurde in den USA eine breitangelegte Untersuchung mit gleichem Ziel durchgeführt. Während in Ungarn die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen und das Produktionsvolumen durch Wert-Kennziffern ausgedrückt wird, wurde im Laufe der amerikanischen Untersuchung die Korrelation zwischen der Zahl der an Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der einzelnen Unternehmen beschäftigten Mitarbeiter und dem Gesamtpersonalstand der Unternehmen geprüft, auf Grund der Daten von 224 Unternehmen in 21 Industriezweigen. Eben deshalb sind die Untersuchungsergebnisse von Comanor für uns so außerordentlich wertvoll. (Comanor: Marktstruktur, Produktdifferenzierung und industrielle Forschung. The Quarterly Journal of Economics Cambridge, Mass. 1967. No. 4. 639—657. p.)

Die Ergebnisse der auf Grund des Personalstandes durchgeführten Korrelationsuntersuchungen zeigten, daß einer relativen Veränderung der Betriebsgröße in der Starkstrom-Fernmeldetechnik-, Kraftwagen- und Flugzeugbauindustrie nahezu die gleiche relative Veränderung der Forscherzahl zugeordnet war.

Anders ausgedrückt: der Wert des Elastizitätskoeffizienten in diesen Industriezweigen war über 1 oder etwa gleich 1. Gleichzeitig betrug der Wert des Elastizitätskoeffizienten z. B. in der pharmazeutischen Industrie oder in der Gerätebauindustrie 0,6, im Maschinenbau 0,86.

Bei der Prüfung der abweichenden Elastizität des Zusammenhanges zwischen Betriebsgröße (Gesamtpersonalstand) in den verschiedenen Industriezweigen und dem Volumen der Forschungs- und Entwicklungsarbeit (Forschungs- und Entwicklungspersonalstand) stellt der Verfasser fest, daß in Industriezweigen, wo die Typenunternehmung klein ist, die relativ kleineren

Betriebe einen größeren Anteil an der Forschungsarbeit haben als dort, wo das Typenunternehmen groß ist.

In der pharmazeutischen und der Gerätebauindustrie als auch in der Maschinenbauindustrie ist die Größe des Typenunternehmens bekannterweise geringer als in der Elektroindustrie oder im Fahrzeugbau.

In diesen Industriezweigen ist also der Zusammenhang zwischen der Produktionskonzentration und der Forschungskonzentration lockerer und so können auf dem Markt auch die kleineren Betriebe konkurrenzfähiger sein.

Comanor stellt gleichzeitig fest, daß die Forschungskonzentration in großem Maße davon abhängt, wie groß die Warenauswahl in dem gegebenen Industriezweig ist. Er stellt fest, daß bei einem großen Sortiment die Forschungskonzentration unabhängig von der Produktionskonzentration ist.

Die Frage aus der Sicht der Produkte prüfend stellt der Verfasser schließlich fest, daß der stärkste Zusammenhang zwischen Forschungskonzentration und Produktionskonzentration in der Dauerkonsumgüter und Arbeitsmittel herstellenden Industrie besteht.

Die Zusammenfassung seiner Untersuchungen legt Comanor in Form einer Funktion mit mehreren Veränderlichen fest, die die technische Eintrittsgrenze ergibt. Der Begriff der technischen Eintrittsgrenze deckt im wesentlichen dasselbe, was wir unter der »kritischen Masse« der Forschungen verstehen. Auf Grund der durchgeführten Analyse ist die Eintrittsgrenze hoch, wenn im Industriezweig das »Typenunternehmen« groß und das Warensortiment breit ist.

Die Schlußfolgerungen der in 3 Ländern durchgeführten Untersuchungen sind übereinstimmend, trotzdem die Art der Fragenannäherung, die angewendeten mathematischen Methoden und die untersuchten Unternehmen und Produkte sehr verschieden waren. Die Folgerungen können in folgender, allgemeinen Form zusammengefaßt werden:

1. In gleiche oder ähnliche Produkte herstellenden Industriezweigen sind, um sich auf dem internationalen Markt zu behaupten, nahe die gleichen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen erforderlich. Dieser Aufwand ist bei einer typischen Betriebsgröße konstant.

2. Die Forschungsintensität der einzelnen Industriezweige (Produktengruppen) innerhalb der obigen festgestellten allgemeinen Regeln ist Funktion

- der Bestimmung des Produktes
- der Breite der Auswahl
- der Mengenmäßigkeit (Konzentration) der Produktion
- des technischen Niveaus des Produktes
- der Austauschgeschwindigkeit.