





# Struktur- Evolution

Innovation, Technologieverflechtung  
und sektoraler Strukturwandel

Von  
Prof. Dr. Hermann Schnabl  
an der  
Universität Stuttgart

R. Oldenbourg Verlag München Wien

## **Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme**

Schnabl, Hermann:

Struktur-Evolution : Innovation, Technologieverflechtung und  
sektoraler Strukturwandel / Hermann Schnabl. -

München ; Wien : Oldenbourg, 2000

ISBN 3-486-23216-9

© 2000 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH  
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München  
Telefon: (089) 45051-0, Internet: <http://www.oldenbourg.de>

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier  
Gesamtherstellung: WB-Druck, Rieden

ISBN 3-486-23216-9

# Inhaltsverzeichnis

## *Vorwort*

### **KAPITEL 1: Innovation und Strukturwandel**

1.1	Definitionen	1
1.1.1	Innovation	1
1.1.2	Technologische Verflechtung	3
1.1.3	Strukturevolution	4
1.2	Zur Motivation	5
1.3	Der Verflechtungsaspekt	9
1.4	Indikatoren des technischen Wandels	10
1.5	Problematik der Indikatoren	11

### **KAPITEL 2: Basiskonzepte technologischer Verflechtung**

2.1	Verknüpfungsstrukturen des Forschungsprozesses	15
2.1.1	Allgemeine Grundlagen	15
2.1.2	Die Forschungsinfrastruktur	20
2.1.3	Die F & E - Outputs	20
2.1.4	Forschungskegel und Kegeltheorie	22
2.2	Spillovers, Ergebnisketten, technologische Pfade	26

### **KAPITEL 3: Technologieverflechtung: Die Input-Output-Instrumente**

3.1	Input-Output-Tabellen	39
3.1.1	Funktionelle vs. Institutionelle Tabellen	39
3.1.2	Die Erstellung der Input-Output-Tabelle	41
3.2	Die Input-Output-Technik als Analyseinstrument	48
3.2.1	Das statische offene Mengen-Modell	49
3.2.2	Das Quadrant-V-Modell	53
3.3	Zurechnungsmodelle	55
3.3.1	Das Basismodell der Zurechnung	56
3.3.2	Das Modell der direkten Zurechnung	58
3.3.3	Das Standardmodell der Zurechnung	60
3.3.4	Verschiebung der Zurechnung auf das Produktionssystem: Subsysteme	63

### **KAPITEL 4: Qualitative Strukturanalyse**

4.1	Netzwerke und ökonomische Verflechtung	73
4.2	QIOA: Methoden und Vorgehensweise	73
4.2.1	Die Berücksichtigung indirekter Verflechtungen	76
4.2.2	Ein empirisches Beispiel	86
4.3	Die Minimal-Flow-Analyse (MFA)	92
4.3.1	Von den Quantitäten zur Struktur-Qualität	93
4.3.2	Die MFA: Methode und Vorgehensweise	95

4.3.3	Die endogenisierte Filterschwelle	99
4.3.4	Unterschiede zwischen QIOA und MFA	104
4.3.5	Ein empirisches Beispiel	107
4.3.6	Die Option der Standardstruktur	122
4.4	Produktionstrassen und Industrielle Komplexe: Die DFI-Methode	127
4.4.1	Die Methode	127
4.4.2	Ein empirisches Beispiel	129
4.4.3	Kritik der DFI-Methode	136
4.5	Robustheit und Sensitivität: Die ICA	137
4.5.1	Die ICA-Methode	137
4.5.2	Ein empirisches Beispiel	139
4.6	Fazit	147

## **KAPITEL 5: Analyse der Innovationsverflechtung**

5.1	Die einzelnen Verfahrensweisen	149
5.1.1	Output-Indikator nutzende Methoden	151
5.1.2	Die Verwendung von Patenten als Innovations-Indikatoren	155
5.1.3	Die Verwendung von Input-Indikatoren	159
5.2	Empirische Analysen zur Innovationverflechtung in Deutschland	161
5.2.1	Die F&E-Kapitalstock-Analysen des DIW	162
5.2.2	Die Innovationsverflechtungs-Analysen des ifo-Instituts	170
5.2.3	Eine Vergleichsanalyse mit SPRU-Daten	173
5.3	Die Subsystem MFA als Analysemethode	176
5.3.1	SMFA: Die Methode	177
5.3.2	Ein empirisches Beispiel: F&E-Kapitalstock-Zurechnung für 1986	180

## **KAPITEL 6: Das Nationale Innovationssystem der Bundesrepublik**

6.1	Nationale Innovationssysteme (NIS)	185
6.2	Die Datenbasis der Analyse	187
6.3.	Ergebnisse der SMFA	188
6.3.1	Die Aktuelle Struktur	188
6.3.2	Die Standardstruktur	195
6.4	Eine Einschätzung der Methode	202
6.4.1	Das Potential der SMFA-Technik	202
6.4.2	Die Schwächen der SMFA-Technik	203
6.5	Fazit	204

## **KAPITEL 7: Die Evolution der Produktionsstrukturen**

7.1	Innovation und Produktion	207
7.2	Die Entwicklung der Produktionsstruktur Deutschlands 1978-1995	208
7.2.1	Die Datenbasis der Deutschland-Analyse	208
7.2.2	Der Strukturwandel der deutschen Wirtschaft 1978 -1990	209
7.2.3	Die Struktur nach der Wiedervereinigung (1995)	216

7.2.4	Anhang: die Standardstrukturen	218
7.3	Die Entwicklung der Produktionsstrukturen in Deutschland, Japan und den USA 1980 - 1990	223
7.3.1	Gibt es ein einheitliches Entwicklungsmuster ?	223
7.3.2	Ergebnisse der Analyse	224
7.3.2.1	Die Produktionsstruktur Deutschlands	224
7.3.2.2	Die Produktionsstruktur Japans	228
7.3.2.3	Die Produktionsstruktur der USA	231
7.3.3	Anhang: die Standardstrukturen	237
7.4	Evolutorische Aspekte	242
7.4.1	Preise und Produktivitätsfortschritt	242
7.4.2	Nachfrageausweitung	243
7.4.3	Wachstumspotential oder „genetische Fitneß“ eines Sektors	244
7.5.	Fazit	251

## **KAPITEL 8: Die Wirkungen der Innovation auf Wachstum, Produktivität und Beschäftigung**

8.1	Einleitung	253
8.2	Zur Vorgehensweise der Analyse	254
8.2.1	Die F&E-Produktionsfunktion	255
8.2.2	Der Indikator „Eigeninnovation“	258
8.3	Innovation und Wachstum	262
8.4	Innovation und Produktivität	268
8.5.	Innovation und Beschäftigung	273
8.6	Das Identifikations-Paradox	282
8.7	Fazit und Ausblick	285

***Literatur*** 287

***Index*** 297



## **Vorwort**

Dieses Buch ist aus einer Vorlesung über „Innovation, Technologieverflechtung und Strukturwandel“ an der Universität Stuttgart hervorgegangen, stellt in seiner gegenwärtigen Konzeption aber gleichzeitig eine Einführung in die für diesen Fragenkreis relevanten Methoden der Strukturanalyse dar, die teilweise – wie die MFA (Minimal Flow Analyse) – vom Autor selbst entwickelt wurden. Der Titel der Vorlesung – als Untertitel des Buches noch präsent – definiert gleichzeitig ein ebenso spannendes wie ambitioniertes Forschungsprogramm, das in der modernen Innovationsökonomik immer stärker Fuß faßt, aber noch weit davon entfernt ist, sein Ziel erreicht zu haben.

Damit wendet sich das Buch auch an Leserinnen und Leser die evolutorische Konzepte zur Erklärung der wirtschaftlichen Realität interessant finden oder mehr über die Bedeutung und Wirkungsweise von Innovationen oder von nationaler Technologieverflechtung und ihrer Einflußnahme auf den sektoralen Strukturwandel erfahren möchten. Dem folgt auch der Aufbau des Bandes. Einerseits wird – zusammengefaßt unter dem Stichwort *Qualitative Strukturanalyse* – der aktuelle Stand der Methoden zur Erforschung relevanter Sektorbeziehungen referiert und mittels einfacher Beispiele wie auch empirischer Anwendungen veranschaulicht, andererseits wird aufgezeigt, wie mit diesen Methoden das genannte Forschungsprogramm weiter vorangerieben werden kann.

Wie immer verbleibt an dieser Stelle die Aufgabe Dank abzustatten an diejenigen, die mit ihrer Hilfe dazu beigetragen haben, daß dieses Buch entstehen konnte. Herrn Dr. Lars Dieterle, Lehman Brothers, Frankfurt, danke ich für ein Excel-Makro, das die Darstellung der Sektorennamen in Graphen automatisiert. Bei Prof. Thomas Siebe, FH Gelsenkirchen, habe ich mich für seine kritischen und konstruktiven Anmerkungen zum letzten Kapitel zu bedanken. Nicht zuletzt möchte ich dem Lektor des Verlags, Herrn Dipl. Volksw. Martin Weigert meinen Dank aussprechen für seine Geduld, dem Abschluß der Arbeiten immer wieder ermunternd „entgegenzusehen“, ohne beim Autor je das Gefühl zu initiieren er sei unter Druck, noch daß das Buch nicht wichtig genug sei, es doch bald fertigzustellen.

H. Schnabl



# KAPITEL 1

## Innovation und Strukturwandel

Innovation ist in Deutschland mittlerweile zu einem Schlagwort geworden, mit dem alles kuriert werden soll oder vermeintlich kuriert werden kann, was im Augenblick am „Standort Deutschland“ zu bemängeln ist. Die sog. *Globalisierung* besteht zumindest teilweise in einem weltweiten Wettlauf um Innovationen auf allen Gebieten, vor allem aber auf dem Gebiet der sog. „HiTech“. Innovationen schaffen neue Produkte und neue Absatzmärkte, möglicherweise auch dadurch neue Arbeitsplätze, falls sie sie nicht gerade auch vernichten.

Es ist deshalb nur naheliegend, sich mit der Bedeutung dieses Elements für die Zukunft einer Wirtschaft zu befassen, seine Verknüpfungen mit Wachstum einerseits, davon ausgelöstem Strukturwandel andererseits aufzuspüren, um so einen Blick in die Zukunft werfen zu können, die ansonsten völlig im Dunkel bleiben muß.

### 1.1 Definitionen

#### 1.1.1 Innovation

Der Begriff der *Innovation* ist in der Ökonomik und Wirtschaftspolitik zu einem wichtigen Schlagwort geworden seit SCHUMPETER sie als die wesentliche Ursache für die „evolutorische“ Entwicklung marktwirtschaftlich organisierter Wirtschaften verantwortlich gemacht hat.

Für ein sinnvolles wissenschaftliches Vorgehen ist dabei angeraten, zwischen

- *Invention* (Erfindung, Auftauchen der Idee)
- *Innovation* (im engeren Sinne, d.h. wirtschaftliche Umsetzung) und
- *Adoption* (d.h. Annahme, Akzeptanz im Sinne wirtschaftlichen Erfolgs)

zu unterscheiden, da dies die verschiedenen Stufen sind, in denen uns das Phänomen Innovation (im w.S.) begegnet. Legen wir einer Innovation den üblichen *Produktlebenszyklus* zugrunde, so kann man auch noch die weiteren Stadien

- *Entwicklung* (zur Reife)
- *Endstadium* (Reifestadium, Marktsättigung, Marktrückzug)

unterscheiden, die jedoch im Rahmen einer innovatorisch orientierten Theorie von geringerem Interesse sind.

Ein größeres, *nichttriviales* Problem ist dabei *was* eigentlich als Neuerung (im Sinne der Innovation) zu verstehen ist. Ist die neue Farbe eines Produkts schon eine Innovation? Wahrscheinlich nicht, es sei denn sie läßt sich nur mit größter Mühe darstellen (z.B. eine 'Schwarze Rose'). Ein schwarzes Auto wird jedoch für sich noch keine Innovation beinhalten. Hingegen sind neue Stoffeigenschaften z.B. bei Textilien (berühmtes Beispiel: Nylon) durchaus als Innovation anzusehen, ebenso wie neuartige Kombinationen wesentlicher Inhaltsstoffe von Gütern, die den Konsumenten i.d.R. auch neue oder verbesserte Funktionen eröffnen. Theoretisch ließe sich dieser Aspekt mit LANCASTERS Theorie der Gütereigenschaften (*Characteristics*) angehen, dürfte jedoch mit der praktischen Umsetzung in erhebliche Schwierigkeiten geraten.

Im Sinne der evolutorischen Ökonomik kann man danach *zwei* Arten von Innovationen unterscheiden:

- *radikale* oder *generische*, die "größere Sprünge" beinhalten wie beim Transistor
- *inkrementelle* oder *gradueller*, bei denen lediglich einzelne Charakteristiken parametrisch verändert werden (Auto ist 10% sparsamer, fährt 20Km/h schneller)

Beim ersten Innovationstypus ist der Neuheitsgehalt *drastisch*, was i.d.R. wegen der nur beschränkt aufnahmebereiten Haltung der potentiellen 'User' eher zur Ablehnung führen dürfte. Evolutionsökonomisch entspräche dieser Typus der sog. *Makroevolution*, bei der größere Entwicklungssprünge, ja sogar Strukturbrüche, der Entwicklung vorkommen. Bei der *gradueller* Innovation nimmt der Neuigkeitsgehalt auch nur *gradueller* zu, was der Informationsverarbeitung des Nutzers eher gerecht wird und damit der *Adoption* weniger im Wege steht. Dieser Typus entspricht der *Mikroevolution*, die eher eine sanfte Fortentwicklung beinhaltet.

Wir sehen, daß *Innovation* als ökonomischer Sachverhalt eng mit *Kommunikation* verknüpft ist. Kommunikative Gesetzmäßigkeiten spielen mithin auch für Innovationen eine wichtige Rolle. Wir müssen uns darüber im klaren sein, daß wirklich *Neues* beim Adressaten definitionsgemäß quasi auf eine *Tabula rasa* trifft: Er muß mehr oder weniger aktiv werden und seine Informationsverarbeitung einzusetzen, um den Neuigkeitsgrad zu reduzieren, d.h. *lernen* um das Produkt *kennenzulernen*. Dies ist i.d.R.

---

mühsam und könnte deshalb von den Konsumenten abgelehnt werden. Darüber hinaus besitzt er – sofern es sich um eine wirklich neues Produkt handelt – noch *keine Präferenzen* für das Produkt, sie müssen sich erst bilden. Da er noch nicht weiß, wie er es „einordnen“ soll, ist er unsicher, was ihn gegenüber dem Produkt (oder der Sache, der Information etc.) vorsichtig macht. Er wird deshalb erst einmal abwarten und sich orientieren, was die anderen machen, sich dann eventuell anschließen. Dies erklärt, warum die *Diffusion Zeit* benötigt.

Wegen der kommunikativen Basis einer Innovation können wir geradezu folgern, daß der Diffusionsprozeß desto mehr Zeit benötigen wird, je *neuer* das Produkt ist. Schließlich geht es auch darum, daß zur Einschätzung des Produkts die Informationslage stabil ist. Ein verwirrendes Image eines Produkts wird potentielle Käufer eher abhalten, d.h. sie sind dann nicht besonders risiko- oder „spiel“-freudig.

Bei *inkrementellen* Innovationen hingegen sind die Präferenzen grundsätzlich schon geprägt – zumindest in hinreichendem Ausmaß – und werden durch die innovative Veränderung nur leicht verformt. Desgleichen ist der Sicherheitsaspekt bezüglich der Gültigkeit der Informationen nur geringfügig tangiert und wesentlich schneller überprüft.

Eine *generische* Innovation bedeutet also für einen Unternehmer auch ein größeres Risiko bezüglich des Erfolgs. Er wird wahrscheinlich eine derartige Innovation nur in Bereichen wagen, wo der Erfolg möglich *scheint*. Des weiteren können wir vermuten, daß auf dem Markt die *inkrementellen* Innovationen dominieren werden, da sie allgemein bessere Durchsetzungschancen besitzen und die Erfolgswahrscheinlichkeiten besser kalkulierbar erscheinen.

### 1.1.2 Technologische Verflechtung

Eine andere Sichtweise liegt in der Unterscheidung zwischen *Produkt-* und *Prozeßinnovationen*. Während die ersteren vor allem im Bereich der Konsumgüter, also einer *Endnachfragekomponente* eine Rolle spielen, bezieht sich die zweite Kategorie primär auf die Veränderung der Einsatzverhältnisse bestimmter (*Vor-*)Produkte bzw. Produktionsfaktoren bei der Herstellung. Auch durch das in den *Investitionsgütern* steckende "neue" Know-how kann zur Prozeßinnovation beitragen. Dabei kann die Innovation

vom produzierenden Betrieb selbst stammen, wie auch durch Einsatz innovativer Vorprodukte oder Investitionsgüter erzeugt werden. Im letzteren Falle wird die Unterscheidung zwischen Produkt- und Prozeßinnovation möglicherweise obsolet, da im Vorproduktbereich die Produktinnovation des einen Betriebs (bzw. Sektors) zur Prozeßinnovation des anderen beiträgt, bzw. sie bewirkt. So haben z.B. die Veränderungen im Textilsektor ihren Ursprung in der Verbesserung der Spinn- und Webmaschinen sowie dem verstärkten Einsatz neuer Fasern (Kunstfasern), die beide *nicht* im Textilsektor gemacht wurden, dort aber zu einer gravierenden Veränderung des Arbeitseinsatzes und der Produktqualitäten geführt haben.

Eine Verflechtung von Innovationsaktivitäten – sowohl via Vorprodukteinsatz (Input-Güter) als auch Investitionen (Änderung der Produktionsfunktion) – liegt nahe, da gerade Arbeitsteilung wesentlich darauf beruht bzw. davon profitiert, daß Produktivitätssteigerungen anderer (Firmen, Branchen, Sektoren etc.) zum eigenen Vorteil genutzt werden können. Diese Technologische Verflechtung läßt sich ansatzweise abbilden, was ein wesentlicher Gegenstand dieses Buches sein wird. Ihre Darstellung ist insofern von besonderem Interesse, als sie Schwachstellen oder auch Stärken aufzeigen und Unterschiede bzw. Dynamik der internationalen Wettbewerbsposition verständlich machen kann oder doch zu weiteren Hypothesen hierüber beiträgt.

### 1.1.3 Strukturevolution

Eine Wirtschaft läßt sich nicht nur makroökonomisch, d.h. in *Aggregaten*, beschreiben. Da sie aus Sektoren besteht, die aufeinander i.d.R. *nichtlinear* einwirken, weil sie sich gegenseitig wegen unterschiedlich starker Inputabhängigkeiten der einzelnen Sektoren sehr inhomogen, d.h. nicht in linearer Weise, beeinflussen, kann die Kenntnis der Technologischen Verflechtung als *einem* der Haupteinflußgründe struktureller Entwicklung u.U. zur Basis einer strukturellen Entwicklungs- bzw. Wachstumstheorie werden. Dies ist angesichts des heutigen Kenntnisstandes allerdings noch eine – wenn auch nicht unbegründete – Hoffnung. Da der Verfasser davon ausgeht, daß die Entwicklung der Wirtschaft wegen der inhärenten Nichtlinearitäten prinzipiell *pfadabhängig* ist, erscheint für die oben angesprochene sektor- bzw. branchenbasierte Entwicklungsdynamik eher der Begriff *Strukturevolution* angebracht, der dem Buch auch seinen Titel gab.

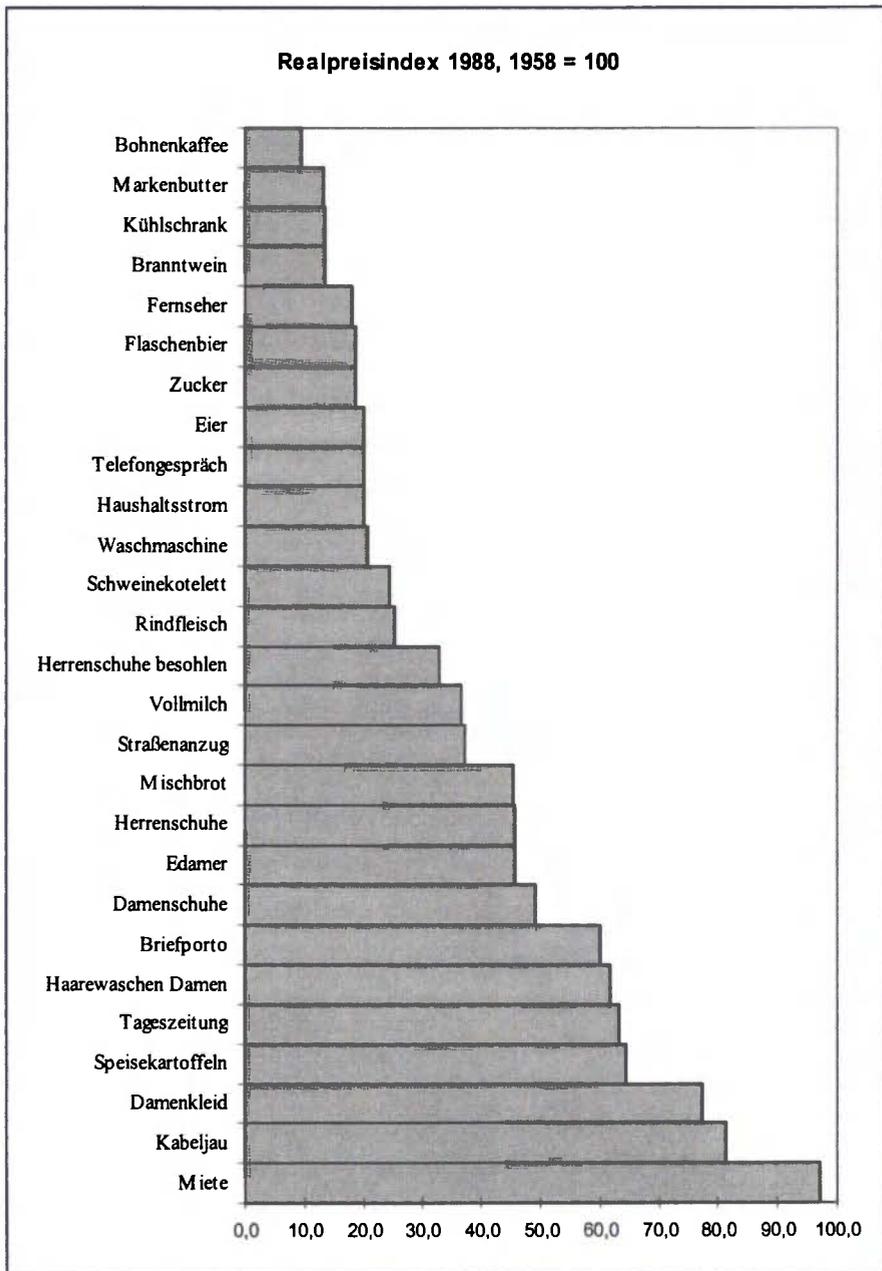
## 1.2 Zur Motivation

Warum sollte sich der Leser oder die Leserin überhaupt mit dem Gebiet der *Innovationen* beschäftigen ? Wen interessiert denn überhaupt, mit welchen Techniken – hierunter verstehen wir ein breites Konzept, das ggf. auch Organisationsmethoden umfaßt – in der Wirtschaft gearbeitet wird, ob sie moderner sind oder eher veraltet ?

Der Hauptgrund für das Interesse ist wohl der zumindest auf längere Sicht darstellbare Zusammenhang zwischen *Technologiefortschritt, Wachstum, Produktivitätssteigerung und Wohlfahrtszunahme*. Beweise hierfür lassen sich für gewisse Produkte statistisch erbringen: so sind z.B. zwischen 1958 und 1988 die *realen* Aufwendungen, d.h. die sog. *Realpreise* der Produkte, gemessen in Arbeitszeit, vor allem für Industrieprodukte um bis zu 85% gesunken. Das bedeutet, wir müssen für die meisten Güter des täglichen Bedarfs heute nur noch *ein drittel* bis *ein fünftel* (!) der Arbeitszeit aufbringen, die 1958 hierfür nötig war. (Vgl. Abb. 1.1). Weil im Ablauf von 3 Dekaden nicht nur die Preise, sondern auch die Löhne stiegen, ergibt sich ein nachvollziehbarer Vergleich, wenn man nicht auf Preisbasis, sondern auf Basis von Stunden oder Minuten rechnet. So betrug der Durchschnittslohn eines Industriearbeiters im Jahre 1958 2,32 DM/Stunde. Für 250 g Markenbutter, die im Durchschnitt 1958 DM 1,73 kostete, mußte er also 22 min arbeiten. Stellt man dieselbe Rechnung nun für das Jahr 1988 an, so ist von DM 20,21 pro Arbeitsstunde auszugehen, während dieselbe Menge Butter im Schnitt DM 2,12 kostete. Er brauchte also nur noch 6 min dafür zu arbeiten, was einer Absenkung des „Realpreises“ der Butter (gerechnet in Zeiteinheiten) um den Faktor 7 entspricht. Dieses extreme Beispiel hat in anderen Produkten eine ähnliche Entsprechung: Während z.B. der Durchschnittsarbeiter 1988 für Branntwein oder einen Kühlschrank nur noch ca. 15% der Zeit aufwenden muß, um sich jeweils eine Einheit zu verdienen, für Flaschenbier, Eier, Zucker immerhin nur noch ca. 20%, verursachen das Briefporto, Haare-Waschen für Damen oder die Tageszeitung noch ca. 65% des Zeitaufwandes von 1958 und für die Durchschnittsmiete (pro Quadratmeter) sind immer noch mehr als 95% des Zeitaufwandes von 1958 erforderlich.

Wie man Abbildung 1.1 entnehmen kann, die diese Realpreissenkungen für eine Reihe von Produkten nach dem Ausmaß der Reduktion (von oben nach unten von der stärksten zur geringsten) geordnet wiedergibt, zeigt sich auch eine interessante Verteilung der Produkte nach Branchen bzw. dem damit implizierten Rationalisierungspotential:

die Dienstleistungen bzw. arbeitsintensiven Produkte rangieren meist im unteren Bereich, während typische Industrieprodukte (dazu gehört mittlerweile auch die Butter!) im oberen Teil der Graphik angesiedelt sind (Zur Begründung s. Schneider/Fourastié 1989). Die Realpreisreduktionen hängen also offenkundig mit *Produktivitätssteigerungen* zusammen, d.h. mit Prozeßinnovationen in den entsprechenden Branchen und da haben Dienstleistungen, wie bspw. die des Friseurs ein geringeres Potential als die Fertigung von Industrieprodukten oder die industrielle Fertigung von Nahrungsmitteln. Derart verursachte divergente Preisentwicklungen können jedoch auf die Entwicklung einzelner Sektoren durchaus gravierenden Einfluß nehmen, ja sie sogar in die Krise treiben (z.B. Textil-, Stahl-, Werftindustrie). Wir können also erwarten, aus der Tatsache unterschiedlichen Innovationspotentials in verschiedenen Branchen unter Berücksichtigung ihrer gegenseitigen wirtschaftlichen Abhängigkeiten zu einem besseren Verständnis, ja vielleicht sogar zu einer gewissen Prognose ihrer jeweiligen Wachstumsaussichten zu gelangen, als wenn wir nur mit der stark aggregativ analysierenden makroökonomischen Sichtweise arbeiten.



**Abb. 1.1:** Prozentsatz der Zeit, die ein Industriearbeiter 1988 noch arbeiten mußte, um sich ein bestimmtes Produkt zu kaufen, bezogen auf 1958

Quelle: IWD, eigene Berechnungen

Dies allein wäre möglicherweise schon Grund genug, den Zusammenhang zwischen Innovationen, den durch sie veränderten Produktionsfunktionen und damit verknüpften Produktivitätssteigerungen genauer zu untersuchen. Ein *zweiter* wesentlicher Aspekt ist der auf Weltniveau tobende globalisierte Wettbewerb, der sich vor allem zwischen den USA, Japan und der Bundesrepublik abspielt und für uns insbesondere wegen unserer starken Außenhandelsabhängigkeit eine große Rolle spielt (Stichwort: Die amerikanisch-japanische Herausforderung, vgl. K. Seitz 1992). Dieser Wettbewerb wird vor allem auf der Ebene der *Innovationen* ausgetragen – und zwar nicht nur auf rein technischer, sondern auch – Japan ist dafür ein Beispiel – auf *organisatorischer* Ebene. JIT (= *Just In Time*, d.h. Lieferung von Inputgütern im Zeitpunkt ihrer Verwendung, Wegfall von Inputlägern), *lean production*, Gruppenarbeit, bzw. ein kreatives und effizientes Vorschlagswesen sind dafür ebenso wichtig, wie neue Technologien.

Ebenso wie gewisse Abhängigkeiten sind jedoch auch ökonomische *Wirkungen* von Interesse, die von *getätigten* Innovationen ausgehen. Daß innovationsschwächere Betriebe oder Sektoren Wettbewerbsnachteile in der Zukunft zu befürchten haben, ist gerade schon angeklungen.

Auf dem *Arbeitsmarkt* zeigt sich eine weitere wesentlichen Wirkung von Innovationen: Prozeßinnovationen führen häufig (bzw. möglicherweise) zu *Rationalisierungseffekten* in bezug auf Kapital und/oder Arbeit, wobei meist das „Wegrationalisieren“ von Arbeitsplätzen dominiert. (Gerstenberger 1991). Hierdurch werden einerseits Arbeitsplätze in den innovierenden Betrieben tendenziell sicherer, während die nichtinnovierenden Betriebe – zumindest als Spätfolge – eher zu Arbeitsplatzabbau gezwungen sind.

Jede Innovation wird also gewisse Effekte kreieren, die *winner* wie *looser* im Gefolge haben. In der Regel gehören die *Innovatoren* zu den Gewinnern, ebenso die dort beschäftigten Arbeitnehmer, sowie meistens auch die *Kunden* dieser Firmen (bessere Inputs, Kostenvorteile). Durch die mit Innovationen tendenziell verbundenen Qualitätsverbesserungen können meist höhere Preise erzielt werden, so daß sich für ein stärker innovierendes Exportland meist die Terms of Trade verbessern.

Zu den *Verlierern* gehören primär jene, die ihren Arbeitsplatz verlieren, weil sie im Innovationswettbewerb nachhinkten (dies betrifft oft auch ganze Länder !) bzw. gene-

---

rell ihre Konkurrenzfähigkeit einbüßen. Die gegenwärtige Diskussion um den *Standort Deutschland* zielt genau in diese Richtung, macht aber zuwenig deutlich, daß oft fehlende Innovationsfreudigkeit – ein Defizit der deutschen Manager – die wesentlichere Ursache ist. Das Wort SCHUMPETERS von der Innovation als „*Schöpferischer Zerstörung*“ trifft also den Sachverhalt durchaus plastisch.

Die im Untertitel des Buches beinhaltete Frage nach der *Technologieverflechtung* ist also für unsere wirtschaftliche Zukunft von größter Bedeutung und sollte damit sowohl auf ein großes Interesse der Studierenden der Wirtschaftswissenschaften stoßen, wie auch auf eine erhöhte Berücksichtigung im Rahmen der Lehre und Forschung. Die folgenden Kapitel werden schrittweise und systematisch die Voraussetzungen zur Erarbeitung dieser Perspektive behandeln.

### 1.3 Der Verflechtungsaspekt

*„Innovation is a new way of doing things. As a new product or process an innovation can be analysed as the setting up of a new production function“*  
(Schumpeter 1939).

Es gibt verschiedene Arten, *Produktionsfunktionen* zu formulieren. Eine – der Industriewelt durchaus angemessene – relativ einfache ist die Darstellung im Rahmen der *Input-Output-Tabelle*. Was eine derartige Tabelle darstellt, wie sie erhoben bzw. konstruiert wird, ist ausführlicher Gegenstand eines eigenen Kapitels (Kapitel 3). Hier interessieren vor allem *zwei* Eigenschaften:

- in den Spalten der Tabelle spiegeln sich die *Inputs*, die nötig sind, um den *Output* (eines Sektors) zu erstellen, wobei die sog. *linear-limitationale LEONTIEF-Produktionsfunktion* zugrunde gelegt wird. Dies ist eine durchgängig lineare Produktionsfunktion, welche eine strikte *Proportionalität* zwischen allen Inputs und dem Output d.h. *Konstanz* der *Input-Anteile* unterstellt.
- Die vollständige Tabelle stellt die Inputs des einen Sektors als die von diesem Sektor bezogenen Outputs der *anderen* Sektoren dar oder m.a.W.: sie macht die *Verflechtung* der Vorleistungen deutlich, die ihrerseits durch die jeweiligen sektoralen (und damit hinreichend homogen gedachten) Produktionsfunktionen bestimmt sind – die Outputs des einen Sektors sind die Inputs der anderen Sektoren.

Die Frage, die wir uns schon an dieser Stelle stellen sollten, lautet: kann die Input-Output-Tabelle die „technologische Verflechtung“ einer Wirtschaft widerspiegeln? Dazu müssen wir dem Problem näher treten, wie *Technologie* überhaupt *gemessen* oder *abgebildet* werden kann. Dieses Problem wird ausführlicher im nächsten Abschnitt behandelt.

Schließlich muß klar sein, daß sich technologische Abhängigkeiten nicht nur über den Bezug von *Vorleistungsgütern* ergeben, sondern auch über den Einsatz von *Kapitalgütern* und – um vollständig zu sein – *auch des Humankapitals*. Um die Frage technologischer Verflechtung zu klären, müßten also auch sektoral aufgesplittete Investitionsmatrizen bzw. sektorale Arbeitseinsatzmatrizen nach *Berufen* mit in die Analyse einbezogen werden. Dieser Versuch, wie auch andere ähnlich gelagerte Analyseansätze, scheitert jedoch meist an der Verfügbarkeit entsprechender Daten, was allerdings den theoretischen Ansatz nicht grundsätzlich in Frage stellt, sondern eher eine konkrete Forderung an die statistischen Ämter formuliert.

#### **1.4 Indikatoren des technischen Wandels**

Die Grundfrage, die sich im Zusammenhang mit Innovationen stellt ist: *Wie* operationalisiert man Technologiefortschritt bzw. *technischen Fortschritt*, insbesondere aber *Innovation*? Ein Hauptproblem der Fragestellung ist die Verwendung eines *geeigneten Indikators*.

In bezug auf Innovation hat sich das ifo-Institut in der sog. META-Studie (Schmalholz u.a. 1989) zu dem umfassenden Konzept der *Innovationsaufwendungen* bekannt, das die in Abb. 1.2 gelisteten Komponenten enthält und neben den zumeist sonst verwendet F&E-Aufwendungen auch die Kosten der Marktvorbereitung beinhaltet. Weitere wichtige Indikatoren für Innovationen ergeben sich als

- Inputindikator:**
- die *Patentaufwendungen* (Lizenzgebühren)
  - der Einsatz von Forschungspersonal (Löhne, Personen)
  - und als
- Outputindikator:**
- der Anteil neuer Produkte am Umsatz
  - die *angemeldeten Patente*.

<p><b>-Direkter Innovationsaufwand:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forschung,</li> <li>- experimentelle Entwicklung F&amp;E-Aufwendungen !</li> <li>- Konstruktion und Design</li> <li>- Patente, Lizenzen, Gebrauchsmuster</li> <li>- Produktinnovation: Produktvorbereitung und Absatzvorbereitung</li> <li>- Prozeßinnovation</li> </ul> <p><b>-Indirekter Innovationsaufwand:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inländische Vorleistungen</li> <li>- Investitionsgüter</li> <li>- importierte Vorleistungen</li> </ul> <p>= Direkter <i>und</i> indirekter Innovationsaufwand</p>
- kumuliert über die Jahre: = INNOVATIONSKAPITAL
- Output an neu eingeführten Produkten
- Input an innovativen Vorleistungen

**Abb. 1.2:** Kosten-Elemente des Innovationsprozesses

Die letztere Form hat vor allem SCHERER in einer *Innovationsmatrix* der Patente verwendet, um *direkte* Technologieflüsse darzustellen (Scherer 1982). Eine derartige Matrix enthält jedoch eine andere Art der Information, als die mit den obigen Indikatoren darstellbaren Matrizen der *Technologiegehalte*.

### **1.5 Problematik der Indikatoren**

Allen Indikatoren ist gemeinsam, daß sie lediglich sog. *Proxivariablen* sind, d.h. die Wirklichkeit des komplexen Innovationszusammenhangs nur *näherungsweise* und holzschnittartig erfassen können, was mit der Bezeichnung *Indikatoren* herausgestellt werden soll:

- Die über die Input-Output-Verflechtung darstellbaren direkten und indirekten *Gehalte an Innovationsaufwendungen* sind z.B. nur näherungsweise mit wirklichen Technologieveränderungen oder -gehalten verknüpft.
- Der *F&E-Aufwand*, eine Teilmenge der Innovationsaufwendungen, fällt z.B. relativ kontinuierlich an, während der Wechsel der Technologie – bzw. bei *embodiment*, d.h. der Verkörperung der Technik via Investition – eher diskontinuierlich erfolgt.
- Andere Teile der Innovationsaufwendungen – wie *Marktvorbereitungskosten* bei Produktinnovationen – spiegeln diesen Schritt schon eher, können jedoch in ihrer *Aufwandshöhe* kaum die Schrittweite des dahinterstehenden technologischen Sprungs genauer wiedergeben.

Die mit der Innovation verbundene „Neuerungshöhe“ dürfte sich am ehesten noch in der damit verbundenen *Preissteigerung* spiegeln, die die erzielte *Qualitätssteigerung* reflektiert.

Der F&E-Aufwand ist ebenfalls *keine* meßscharfe Größe, auch wenn die Möglichkeit einer präzisen Zahlenangabe dies vorgaukeln mag, sondern steht schon auf Unternehmensebene für eine Vielzahl von Projekten, die z.T. morgen oder übermorgen oder erst in weiter Zukunft zu technischen Neuerungen beitragen werden. Damit ist schon auf der einzelwirtschaftlichen Ebene der Zusammenhang zwischen Indikator und technischer Neuerung weder *zeitlich* noch *sachlich* hinreichend eng. Die Aggregation der F&E-Ausgaben zu einem *F&E-Kapitalstock*, wie das DIW ihn benutzt, lockert den zeitlichen Zusammenhang tendenziell noch stärker.

Der obige Einwand trifft generell auch das Konzept der ansonsten etwas besser indizierenden *Innovationsaufwendungen*. Auch hier stehen die Aufwendungen selten *einzelnen* Projekten gegenüber sondern meist einem ganzen Komplex von Projekten, die sich noch dazu auf verschiedenen Ausreifungsstufen befinden. Hier erscheinen die sog. *Innovationsausgaben*, die die letzte Phase der Realisierung der Projekte betreffen, noch am engsten mit der technologischen Veränderung gekoppelt und insofern aussagekräftiger als die anderen Indikatoren. *Patente* hingegen signalisieren einerseits eine gewisse ökonomische Relevanz und damit auch Verwertungserwartungen – sowohl auf der Seite des patentierenden Unternehmens wie auch des Lizenznehmers – da sie mit Kosten verbunden sind und andererseits eine signifikante Veränderung des Tech-

---

nologiestandes markieren (Gerstenberger 1991, S.107). Sie sind jedoch zumindest insofern unzureichend, als in vielen Fällen wegen der damit verbundenen Verzögerungen auf eine Patentierung des betrieblichen (prozeßinnovativen) Wissens verzichtet wird und der Patentschutz durch Geheimhaltung ersetzt wird. Dies gilt um so mehr, je kürzer die Innovationszyklen sind. Bestimmte Innovationen, wie z.B. im *Organisationsbereich* und im Softwarebereich (kaum patentierbar) können mit Patentindikatoren überhaupt nicht abgebildet werden.

Trotzdem bleibt die – wie wir nun wissen, angreifbare – Fiktion der gängigen Forschung bestehen: daß alle Innovationsaufwendungen sich vollständig und weitgehend in unmittelbare technologische und damit auch technische Veränderungen bei den Produkten niederschlagen. Inwieweit dieser Ansatz zielführend ist, sollte nicht *a priori* entschieden werden, sondern anhand der *Plausibilität* der damit gewonnenen Ergebnisse beurteilt werden.

Zusammenfassend müssen wir also feststellen, daß die Situation der *empirisch* orientierten Forschung im Bereich der Innovationsökonomik durch einen doppelten Datennotstand gekennzeichnet ist: zum einen sind Daten grundsätzlich (noch) nicht in dem Umfang vorhanden, wie dies angesichts der Problemlage nötig wäre, zum andern tragen die erhebbaren Daten häufig den Mangel in sich, daß sie in Bezug auf das, was man damit aussagen möchte, nur eine mehr oder weniger gute *Indikatorfunktion* haben, d.h. *Proxivariable* darstellen.

Die Situation ist vielleicht vergleichbar mit der Lage eines Seglers auf hoher See, dem sein GPS-Gerät ausgefallen ist und der nun versucht, seinen Standort mit den herkömmlichen Mitteln zu „peilen“. Segler wissen seit altersher, daß sie hierzu mindestens *drei* Standlinien brauchen, deren Schnittpunkte ein Dreieck kennzeichnen, in dem sich sein Boot mit höchster Wahrscheinlichkeit befinden wird. In Küstennähe sind diese drei Standlinien durch zwei Kompaßpeilungen herausragender Punkte (z.B. eines Leuchtturms und des Kirchturms eines bekannten Ortes) sowie einer Tiefenlotung (Ermittlung der Tiefenlinie in der Seekarte) auf der Seekarte konstruierbar. Auf hoher See kann er bestenfalls noch seinen Kompaßkurs in die Karte eintragen und anhand der Segelzeit seinen ungefähren Standort „koppeln“. Damit fällt die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit des Standorts aber deutlich ab und die Unsicherheit über seine wahre Lage steigt.

Übertragen wir diese Metapher auf die Situation des Innovationsforschers, so ergibt sich daraus der konstruktive Ratschlag, so viele „Standlinien“ wie möglich in die Karte seiner Forschungslandschaft einzutragen, d.h. mit *mehreren* Indikatoren zu arbeiten und die jeweiligen Resultate miteinander abzugleichen, in der Hoffnung, daß die „Wahrheit“ sich als *Kern*, sich gegenseitig bestätigender, Ergebnisse herauschält. Hierzu muß er aber auch wissen, welche „Peilungstechniken“ es gibt, welche Vor- und Nachteile sie besitzen und wie ihre Verlässlichkeit einzuschätzen ist.

Dieser Programmentwurf wird in den folgenden Kapiteln realisiert. Kapitel 2 begründet, warum man sich am Verflechtungskonzept der Innovation orientieren muß, wenn man die Zusammenhänge richtig erfassen will. Kapitel 3 liefert einen Einstieg in die wichtigsten Methoden, das Verflechtungskonzept darzustellen, nämlich gewisse *Instrumente* der Input-Output-Rechnung. Kapitel 4 bringt eine Vertiefung in den modernen Werkzeugkasten der, auf der Input-Output-Rechnung aufsetzenden, Strukturierungsmethoden, d.h. der sog. *Qualitativen Input-Output-Analyse*. In Kapitel 5 geht es bezüglich der Innovationsverflechtung schon „zur Sache“. Hier werden bisherige Analysen wichtiger Forschungsinstitute (ifo, DIW, SPRU) zur Thematik behandelt sowie die sog. SMFA vorgestellt, eine neue Methode zur Ermittlung der Innovationsverflechtung. Kapitel 6 geht bezüglich *Nationaler Innovationssysteme*, insbesondere des deutschen ins Detail. Kapitel 7 nimmt die Kernfrage dieser Einführung wieder auf, indem es die Entwicklung der bundesdeutschen Produktionsstruktur zwischen 1978 und 1990 unter die Lupe nimmt. Kapitel 8 schließt den Kreis, indem es versucht, auf die Frage, *inwieweit Innovation Strukturwandel bewirkt*, eine empirisch fundierte Antwort zu geben.

Damit ist die Herausforderung formuliert, sich auf die Reise in das Land der Innovationen zu begeben, die zunächst über unsicheres Gelände zu führen scheint, deren Versprechungen am Horizont aber ausreichen dürften, sich darauf einzulassen, umso mehr als das umliegende, „gesicherte“ Gelände der traditionellen Ökonomik keine echte Alternative hierzu bietet.

## KAPITEL 2

### **Basiskonzepte technologischer Verflechtung**

In diesem Kapitel soll ein Einblick in die Entwicklung der Sichtweisen des technologischen Wandels und der hierfür verantwortlichen Forschungs- und Innovationsprozesse vermittelt werden, ohne daß wir dafür allzu sehr in die Tiefe oder Breite der Literatur einsteigen. Andererseits ist der Standpunkt der zeitnahen Forschung ohne die Einsicht, *warum* sich die Perspektive von einer linearen Sichtweise zur Verflechtungssicht verschoben hat, nicht verständlich. Hierzu gehört insbesondere, die Basiskonzepte wie z.B. Ergebnisse der Forschungsprozesse, deren Verknüpfung oder die Basis der Innovationsprozesse, die sog. Forschungsinfrastruktur, näher zu beleuchten.

#### **2.1 Verknüpfungsstrukturen des Forschungsprozesses**

##### 2.1.1 Allgemeine Grundlagen

Eine für die Messung von Forschung und Entwicklung wichtige Grundlage wurde schon 1971 im sog. FRASCATI-Handbuch dargelegt (Frascati Handbuch II, Stifterverband 1971). In ihm werden Forschung und Entwicklung (abgekürzt: F&E, was das Pendant des engl. *R&D* von *research and development* ist) beschrieben als „systematische und schöpferische Tätigkeit mit dem Ziel der Erweiterung wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse und deren Verwendung mit dem Zweck, neue Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen“. Der Begriff Forschung und Entwicklung wird in

- (a) *Grundlagenforschung*
- (b) *Angewandte Forschung*            und
- (c) *Experimentelle Entwicklung*

unterteilt. Die *Grundlagenforschung* hat *keine spezifische* Zielsetzung sondern versucht *allgemeine* Zusammenhänge zu erhellen, wohingegen bei der *Angewandten For-*

*schung* und *Experimentellen Entwicklung* konkrete, meist ökonomische Zielsetzungen verfolgt werden. Präzisere Abgrenzungen werden wie folgt versucht (FRASCATI II):

- ad (a): „Grundlagenforschung sind alle Forschungsarbeiten, die ausschließlich auf die Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse gerichtet sind, ohne überwiegend an dem Ziel einer praktischen Anwendbarkeit orientiert zu sein.“
- ad (b): „Angewandte Forschung umfaßt alle Anstrengungen, die ausschließlich auf die Gewinnung neuer wissenschaftlicher oder technischer Erkenntnisse gerichtet sind. Sie bezieht sich jedoch vornehmlich auf eine spezifische praktische Zielsetzung oder Anwendung.“
- ad (c): „Experimentelle Entwicklung ist die Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse, um zu neuen oder wesentlich verbesserten Materialien, Geräten, Produkten, Verfahren, Systemen oder Dienstleistungen zu gelangen.“

Der Hauptunterschied zwischen (a) und den beiden anderen Forschungskategorien ist das Fehlen eines konkreten *Ziels* sowie der bereits akkumulierte Informationsstand. *Grundlagenforschung* ist im wesentlichen *zweckfrei*, während die anderen Forschungsbereiche bereits einer bestimmten Absicht folgen und damit auch schon einen höheren Informationsstand voraussetzen. Grundlagenforschung ist schwerpunktmäßig die Aufgabe von *Wissenschaftlern*.

*Angewandte Forschung* (b) hat das Ziel, bereits bekannte (technologische oder wissenschaftliche) Zusammenhänge in den Bereich der *praktischen Nutzung* bzw. Nutzbarmachung zu überführen. In dieser Phase ist zunächst die Frage zu klären, *wie* bereits *vorhandene* technologische Informationen ökonomisch nutzbringend eingesetzt werden können. Im Anschluß geht es um die *Realisierung*, d.h. darum, die sich in den Weg stellenden Hindernisse zu überwinden. Dieses Feld ist zumeist der Aufgabenbereich von *Ingenieuren*, seltener von *Wissenschaftlern*.

Die unter c) angesprochenen *Experimentellen Forschungsarbeiten* zielen offenkundig eher auf die *Perfektionierung*, Verfeinerung oder *Robustmachung* von Techniken oder Geräten und erfolgen i.d.R. erst in einer Phase, in der längst klar ist, daß die Innovation „funktioniert“. Sie betreffen zumeist eine für die Funktion notwendige oder gewinn-

trächtige *Anpassung* von Teilbereichen (z.B. verbesserte Gummimischung bei Winterreifen oder die Feinjustierung von Motorparametern zur Senkung der Stickoxyde, z.B. beim sog. Magermotor), die jedoch noch eine Vielzahl von Experimenten erforderlich macht.

Die obige Kategorisierung des FRASCATI-Handbuchs ist wohl geeignet in der praktischen Erhebung von *Forschungsstatistiken* eine sinnvolle Abgrenzung zu ermöglichen, stellte sich aber für die Innovationsforschung insofern als unzureichend heraus, als sie eine *strikt lineare* Abfolge des Forschungsprozesses unterstellte. Demgegenüber erweitert MAJER (Majer 1978), wie Abb. 2.1 zeigt, diese drei Teilgebiete der Forschung und Entwicklung auf einen komplexeren, *verflechtungsorientierten* Zusammenhang.

Dieser Ansatz unterscheidet prinzipiell vier Komplexe, nämlich die:

- *Problemdefinitionsphase*,
- *Vorbereitungsphase (Durchführungspläne)*,
- *Forschungs- und Entwicklungsphase* und die
- *Kommerzialisierungsphase (Marktabstimmung, Kreditfragen etc.)*,

die untereinander verflochten sind bzw. in gegenseitiger Abhängigkeit stehen.

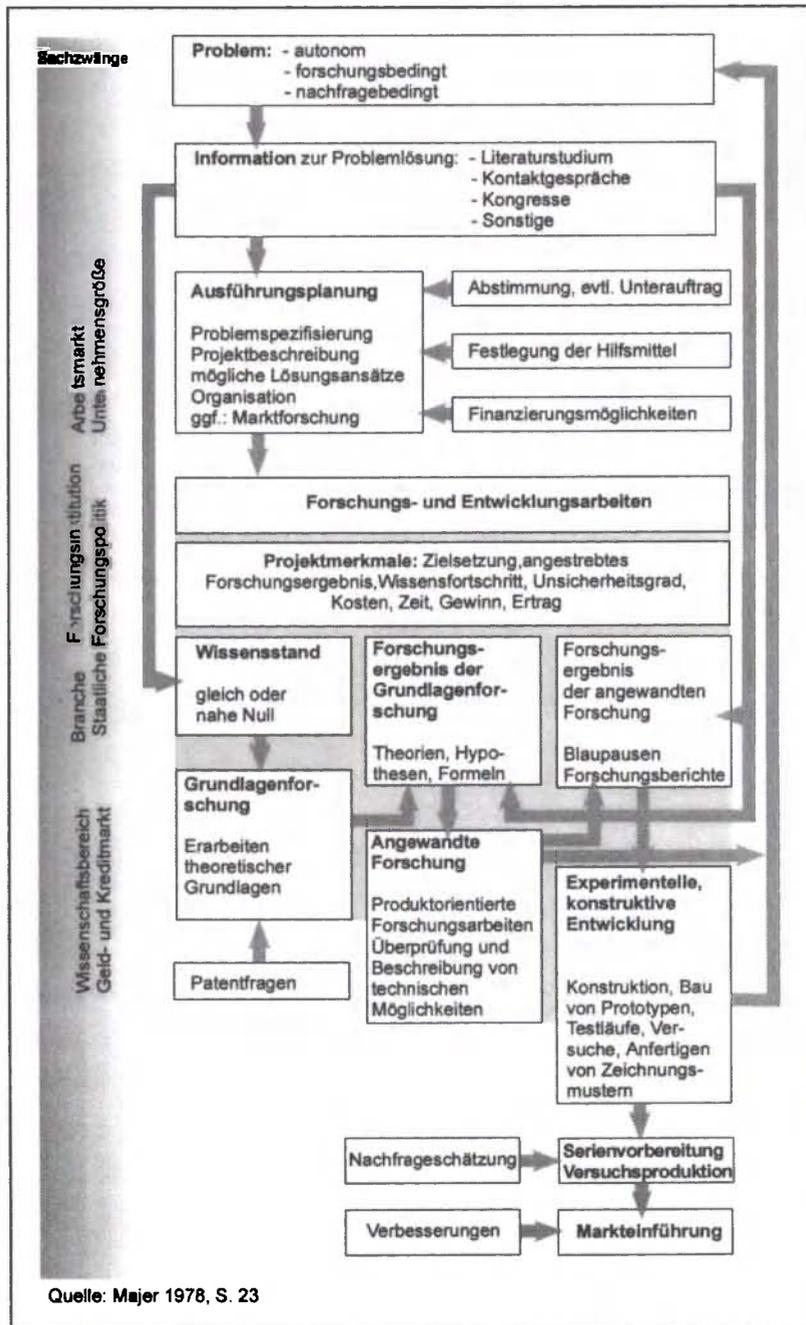
Der Startpunkt der Forschungsarbeiten hängt vom vorhandenen *Wissensstand* ab der ggf. durch Informationsbemühungen verbessert werden muß. Danach entscheidet sich, ob ein Projekt bei „Null“ gestartet wird – d.h. bei der *Grundlagenforschung* beginnt – oder ob sofort mit der *Angewandten Forschung* oder/und *Experimentellen Entwicklung* begonnen werden kann. Unterstellen wir einmal ein fiktives Projekt, bei dem der Wissensstand nahezu Null ist, so muß zuerst *Grundlagenforschung* betrieben werden. Ihre Ergebnisse werden in Form von Hypothesen oder Theorien an die *Angewandte Forschung* „weitergereicht“. Diese wiederum bereitet die erzielten Ergebnisse mit weiteren Problemlösungs - Informationen auf und ihr Output dient als Input für die *Experimentelle Entwicklung*, die sich dann mit den Experimenten oder Konstruktionsarbeiten beschäftigt. Innerhalb der Forschung und Entwicklung können aber auch Probleme auftreten, die es notwendig machen, wieder in die Phase der *Problemdefinition* zurückzukehren. So entsteht ein komplexer *Kreislauf*, bei dem die drei Forschungsbereiche miteinander unterschiedlich stark vernetzt sind.

Diese Vernetzung durch *feedforward*- und *feedback-Prozesse* wird in Abbildung 2.1 detaillierter dargestellt. Sie schlüsselt die vier Phasen des Forschungsprozesses entsprechend auf so daß sie ihrer Sequenz entsprechend in etwa von oben nach unten gegliedert erscheinen.

Die *Phase der Problemdefinition* wird im oberen Drittel von Abbildung 2.1 dargestellt. Sie besteht in einem Bewußtwerden über einen möglichen Forschungsbedarf, der sich aus bereits laufenden oder früheren Forschungsbemühungen oder aus Defiziten von Seite der Nachfrager artikuliert. Im nächsten Teilschritt müssen **Informationen** eingeholt werden – durch Literaturrecherchen, Gespräche, Kongresse etc. – die klären, inwieweit die erkannten Defizite andernorts bereits durch Lösungsansätze bereinigt sind. Sollte das Forschungsdefizit sich als resistent erweisen, d.h. der **Wissensstand** unzureichend sein, gelangen wir zum dritten Teilschritt der *Problemphase*, der Überprüfung der vorhandenen Ressourcen und der Nebenbedingungen für einen eigenen Forschungsansatz, wozu auch die Klärung von Finanzierungsfragen gehört. Dadurch gelangen wir zu einem **Ausführungsplan**.

Grundlegend für (eigene) **Forschungs- und Entwicklungsarbeiten**, die die nächste Phase und damit die eigentlichen *Forschungsaktivitäten* beschreiben, ist die Umsetzung des Ausführungsplans in eine adäquate Abfolge von Aktivitäten bezüglich der (erreichten) *Zwischenziele* und der eigentlichen *Hauptzielsetzungen*. Solche Zwischenergebnisse können Folge der (ggf. durchgeführten) **Grundlagenforschung** sein, sich aber auch in problembezogener **experimenteller** oder **konstruktiver Entwicklungen** niederschlagen.

Den drei genannten Forschungsphasen schließt sich schlußendlich die sog. *Kommerzialisierungsphase* an, die in der **Markteinführung** des neuen Produkts gipfelt. Auch während der *Kommerzialisierungsphase* – der Vorbereitung der Produktion und *Markteinführung* – können Probleme auftreten, die wiederum Rückgriff auf die Forschung und Entwicklung nehmen müssen. Da *Rückkopplungen* sowohl im Forschungs- wie auch im Innovationsprozeß auftreten, läßt sich feststellen, daß der Gesamtprozeß nicht mehr eindeutig linear sondern nur in einem Verflechtungsschema darstellbar ist. (Majer 1978, S.22 ff.; 1992, S.160 ff.)



**Abb. 2.1:** Schema der Verknüpfung von Forschungsprozessen  
(Majer 1978 bzw. 1997)

### 2.1.2 Die Forschungsinfrastruktur

Forschungsinfrastruktur bedeutet die institutionelle, sachliche, personelle und finanzielle Ausstattung der Forschung. Erst eine hinreichende, *ausgeglichene* Realisierung der Infrastruktur schafft die Voraussetzung für die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der öffentlichen und privaten Forschung. Unter der Forschungsinfrastruktur wird die *technologische Vorleistungsverflechtung* verstanden. Die öffentliche Forschung findet an den Universitäten, den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft und einigen Großforschungseinrichtungen statt. Diese Institutionen befassen sich überwiegend mit *Grundlagenforschung* und *Angewandter Forschung*, während die Industrie sich zum größten Teil mit ihren Forschungsaktivitäten der *Experimentellen Entwicklung* widmet. Dies schließt aber nicht aus, daß große Unternehmen auch Grundlagenforschung betreiben können. Der *Technologietransfer* soll dafür sorgen, daß die Forschungsergebnisse von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung in die Produkt- und Verfahrensnähe gelangen. Auch dies kann *nicht linear* erfolgen. Man muß sich Technologietransfer vielmehr als ein System von *Ergebnisketten* vorstellen (Majer 1986, S.114 ff.)

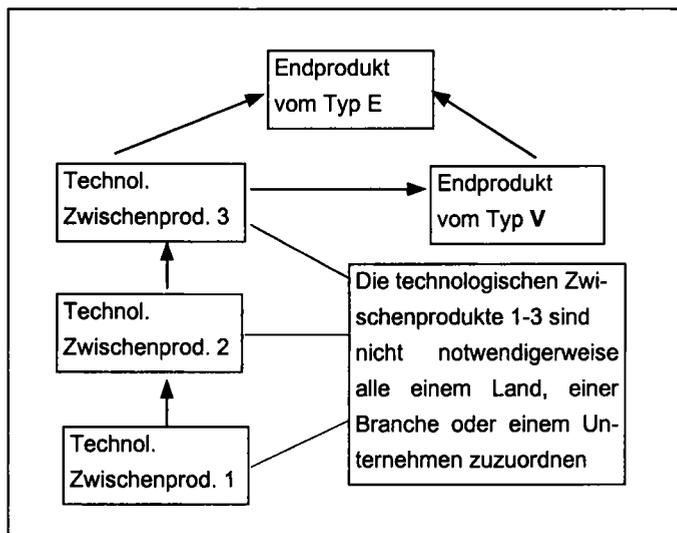
### 2.1.3 Die F & E - Outputs

Analog zu den uns bereits bekannten Produktinnovationen lassen sich auch die in Forschungsprozessen enthaltenen Forschungsergebnisse oder *F&E-Outputs* in zwei Kategorien einteilen:

- zu *Zwischenprodukten* werden Ideen, Hypothesen, Blaupausen, Skizzen usw. gerechnet. Ihr technischer Erfolg ist in der Regel gesichert, so daß sie meistens zur Anwendung gelangen. Ausnahmen bilden lediglich die Ergebnisse der Grundlagenforschung. Innerhalb der Forschungsarbeiten kann der Weg von den grundlegenden Arbeiten bis zum Endprodukt als eine Art *Kette technologischer Zwischenprodukte* gekennzeichnet werden.
- Die *Endprodukte* des technischen Forschungsprozesses gewährleisten bereits volle Funktionsfähigkeit. Sie können also der unmittelbaren Verwendung als *Gebrauchsgut*, *Verbrauchsgut* oder *Investitionsgut* zugeführt werden. Da aber Endprodukte von einzelnen Firmen und Forschungsinstitutionen als Elemente auch in die Endprodukte anderer Unternehmen inkorporiert werden, (z.B. Motoren, Steuerungssysteme) scheint es sinnvoll, die Endprodukte in Endprodukte des *Typs V*

und Endprodukte des Typs *E* zu unterscheiden. Endprodukte des Typs *V* gehen als *Vorleistungen* in Endprodukte des Typs *E* ein.

Der Zusammenhang zwischen *Zwischenprodukten* und *Endprodukten* des Forschungsprozesses ist in Abb. 2.2 schematisch abgebildet:



**Abb. 2.2:** Zusammenhänge zwischen technologischen End- und Zwischenprodukten (Majer 1978, S. 39)

Für das *Zwischenprodukt* Nr. *X*, ein *Endprodukt* vom Typ *V* und ein *Endprodukt* vom Typ *E* gelten somit folgende Zusammenhänge:

1. Wird ein technologisches *Zwischenprodukt* Nr. *X* angestrebt, dann müssen für eine Input-Output-Beziehung, insb. *alle Inputs* herangezogen werden, die diesen Output erstellt haben.
2. Wird ein *Endprodukt* vom Typ *V* angestrebt, dann müssen ebenfalls alle Inputs, die daran beteiligt waren, herangezogen werden.
3. Wird ein *Endprodukt* vom Typ *E* angestrebt, dann müssen neben allen Inputs, die daran beteiligt waren, auch alle technologischen Produkte vom Typ *V* herangezogen werden