

Sonderdruck aus:

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Manfred Lahner, Erhard Ulrich

Analyse von Entwicklungsphasen technischer
Neuerungen

Februar 1969

6

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (MittAB)

Die MittAB verstehen sich als Forum der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Es werden Arbeiten aus all den Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht, die sich mit den Themen Arbeit, Arbeitsmarkt, Beruf und Qualifikation befassen. Die Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift sollen methodisch, theoretisch und insbesondere auch empirisch zum Erkenntnisgewinn sowie zur Beratung von Öffentlichkeit und Politik beitragen. Etwa einmal jährlich erscheint ein „Schwerpunktheft“, bei dem Herausgeber und Redaktion zu einem ausgewählten Themenbereich gezielt Beiträge akquirieren.

Hinweise für Autorinnen und Autoren

Das Manuskript ist in dreifacher Ausfertigung an die federführende Herausgeberin Frau Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 90478 Nürnberg, Regensburger Straße 104 zu senden.

Die Manuskripte können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden, sie werden durch mindestens zwei Referees begutachtet und dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung vorgesehen sein.

Autorenhinweise und Angaben zur formalen Gestaltung der Manuskripte können im Internet abgerufen werden unter http://doku.iab.de/mittab/hinweise_mittab.pdf. Im IAB kann ein entsprechendes Merkblatt angefordert werden (Tel.: 09 11/1 79 30 23, Fax: 09 11/1 79 59 99; E-Mail: ursula.wagner@iab.de).

Herausgeber

Jutta Allmendinger, Ph. D., Direktorin des IAB, Professorin für Soziologie, München (federführende Herausgeberin)
Dr. Friedrich Buttler, Professor, International Labour Office, Regionaldirektor für Europa und Zentralasien, Genf, ehem. Direktor des IAB
Dr. Wolfgang Franz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Mannheim
Dr. Knut Gerlach, Professor für Politische Wirtschaftslehre und Arbeitsökonomie, Hannover
Florian Gerster, Vorstandsvorsitzender der Bundesanstalt für Arbeit
Dr. Christof Helberger, Professor für Volkswirtschaftslehre, TU Berlin
Dr. Reinhard Hujer, Professor für Statistik und Ökonometrie (Empirische Wirtschaftsforschung), Frankfurt/M.
Dr. Gerhard Kleinhenz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Passau
Bernhard Jagoda, Präsident a.D. der Bundesanstalt für Arbeit
Dr. Dieter Sadowski, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Trier

Begründer und frühere Mitherausgeber

Prof. Dr. Dieter Mertens, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl Martin Bolte, Dr. Hans Büttner, Prof. Dr. Dr. Theodor Ellinger, Heinrich Franke, Prof. Dr. Harald Gerfin,
Prof. Dr. Hans Kettner, Prof. Dr. Karl-August Schäffer, Dr. h.c. Josef Stingl

Redaktion

Ulrike Kress, Gerd Peters, Ursula Wagner, in: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (IAB), 90478 Nürnberg, Regensburger Str. 104, Telefon (09 11) 1 79 30 19, E-Mail: ulrike.kress@iab.de; (09 11) 1 79 30 16, E-Mail: gerd.peters@iab.de; (09 11) 1 79 30 23, E-Mail: ursula.wagner@iab.de; Telefax (09 11) 1 79 59 99.

Rechte

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Herstellung

Satz und Druck: Tümmels Buchdruckerei und Verlag GmbH, Gundelfinger Straße 20, 90451 Nürnberg

Verlag

W. Kohlhammer GmbH, Postanschrift: 70549 Stuttgart; Lieferanschrift: Heßbrühlstraße 69, 70565 Stuttgart; Telefon 07 11/78 63-0; Telefax 07 11/78 63-84 30; E-Mail: waltraud.metzger@kohlhammer.de, Postscheckkonto Stuttgart 163 30. Girokonto Städtische Girokasse Stuttgart 2 022 309. ISSN 0340-3254

Bezugsbedingungen

Die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ erscheinen viermal jährlich. Bezugspreis: Jahresabonnement 52,- € inklusive Versandkosten; Einzelheft 14,- € zuzüglich Versandkosten. Für Studenten, Wehr- und Ersatzdienstleistende wird der Preis um 20 % ermäßigt. Bestellungen durch den Buchhandel oder direkt beim Verlag. Abbestellungen sind nur bis 3 Monate vor Jahresende möglich.

Zitierweise:

MittAB = „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ (ab 1970)
Mitt(IAB) = „Mitteilungen“ (1968 und 1969)
In den Jahren 1968 und 1969 erschienen die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ unter dem Titel „Mitteilungen“, herausgegeben vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit.

Internet: <http://www.iab.de>

Analyse von Entwicklungsphasen technischer Neuerungen

Manfred Lahner, Erhard Ulrich

Nach einer Erläuterung der Begriffe werden Möglichkeiten zur Erfassung technischer Entwicklungen erörtert. Es werden technische Neuerungen von ihren Anfängen bis zur Produktionsreife erfaßt. Zeitliche und gegenseitige Abhängigkeiten von Entwicklungsphasen werden untersucht. Zusammen mit der Entstehung neuer Produkte, neuer Technologien und neuer Verfahren wird das Auftreten neuer Berufstätigkeiten analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchung erlauben gewisse Aussagen über den zeitlichen Verlauf künftiger technischer Entwicklungen und deren Einfluß auf die Entstehung von Berufstätigkeiten.

Gliederung

1. Gedanken zur Erfassung der technischen Entwicklung
 - 1.1 Stadien technischer Entwicklung
 - 1.2 Der Begriff der Innovation
 - 1.3 Der Begriff der Diffusion
 - 1.4 Entdecken — Erfinden
 - 1.5 Klassifizierung der Erfindungen
 - 1.6 Entwicklungsphasen
 - 1.6.1 Phase 1: Grundlagenphase
 - 1.6.2 Phase 2: Inventionsphase
 - 1.6.3 Phase 3: Innovationsphase
 - 1.6.4 Phase 4: Applikationsphase
2. Feststellungen zur Dauer von Entwicklungsabschnitten
 - 2.1 Innovationen ohne Abschluß
 - 2.2 Zunahme der Zahl der Innovationen
 - 2.3 Verkürzung der Innovationsperioden
3. Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Entwicklungsphasen und der gesamten Entwicklungszeit
 - 3.1 Grundlagenphase
 - 3.2 Inventionsphase
 - 3.3 Innovationsphase
 - 3.4 Anteile der Phasen an der Gesamtzeit
4. Die Entstehung von Berufstätigkeiten
 - 4.1 Kriterien und Merkmale für Berufe und Berufstätigkeiten
 - 4.2 Analyse des Entstehungsvorganges von Berufen
5. Zusammenhänge zwischen technischen Entwicklungen und der Entstehung von Berufen
6. Resümee

1. Gedanken zur Erfassung der technischen Entwicklung

Wie kann die Entwicklung der Technik erfaßt werden?

Der Verlauf von Entwicklungen wird üblicherweise verbal beschreibend dargestellt. Man schildert

in Worten den Ablauf der technischen Entwicklung; die Zusammenhänge mit anderen Entwicklungen technischer und nichttechnischer Art werden durch Aufzählen der Abhängigkeiten und Zuordnungen aufgezeigt. Die wirklichen und die möglichen Abläufe, die an bestimmte Bedingungen geknüpft sind, werden erörtert. Das Niveau und die Intensität einer Entwicklung, der Grad des Zusammenhanges mit anderen Entwicklungen in der Vergangenheit, in der Gegenwart und in der Zukunft können verbal angedeutet werden. Hat eine Entwicklung ein gewisses Reifestadium erreicht, so können die äußeren Kennzeichen dieser Entwicklung für die Beschreibung herangezogen werden. Das Niveau wird an den wissenschaftlichen Grundlagen und dem Schatz an Erkenntnissen, Erfahrungen und Wissen abgelesen. Der Wert wird an dem wirtschaftlichen, sozialen und politischen Nutzen gemessen: man kann zum Beispiel die Anzahl der Menschen feststellen, die auf dem neuen Gebiet beschäftigt sind; die Produktivität ist durch Angaben über die Menge, die Werte und die Qualität der Erzeugnisse erfaßbar.

Für eine Vorausschau des künftigen Arbeitsmarktes ist es jedoch notwendig, technische Entwicklungen schon in ihrem Anfangsstadium zu verfolgen. Im Anfangsstadium kann eine Entwicklung allerdings nicht durch statistische Größen erfaßt werden. Als zunächst einzige anerkannte Methode bleibt die verbale Beschreibung des bloßen historischen Ablaufs, der durch Ereignisse und Daten geprägt wird. Allein schon die Aufzählung von bestimmten technischen Daten bereitet Schwierigkeiten. Meist sind die Angaben unvollständig und charakterisieren nur einen Aspekt der Entwicklung, der für den weiteren Fortschritt der Technik unwesentlich sein kann. Eine Prognose des Effektes einer neuen Entwicklung entzieht sich meist der objektiven Beurteilung. Worauf können Prognosen über künftige Entwicklungen der Technik aufbauen? Welche Entwicklungen sind zu erwarten und in welchen Zeitabständen? Welche Auswirkungen dürften

diese Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt haben? Um diese Fragen mit höherer Treffsicherheit zu beantworten, als es durch Prophezeien möglich ist, wäre es erfolgversprechender, Entwicklungen, die bereits einen festen Bestandteil des heutigen Wirtschaftslebens darstellen, im geschichtlichen Ablauf zu verfolgen. Welche Gemeinsamkeiten kann man finden? Wie schnell setzt sich eine neue Erfindung durch? Wie schnell wird eine Entdeckung bekannt? Wie lange dauert es bis zur praktischen Anwendung und Verwertung von Erkenntnissen? Welche Entwicklungen haben zu wirtschaftlichem Erfolg geführt? Wann, wo und warum bilden sich neue Berufstätigkeiten? Wer wird Neuerer, wer bleibt technisch konservativ? Gibt es Zusammenhänge zwischen der Geschwindigkeit, mit der sich eine technische Neuerung durchsetzt, und ihrem Verbleiben auf dem Markt? Läßt sich die Abhängigkeit und Verflechtung verschiedener technischer Entwicklungen formal darstellen? Warum setzt sich ein Produkt durch, das andere nicht? Welche Abhängigkeiten zu sonstigen Neuerungen müssen bestehen? Wann ist die Zeit für eine technische Neuerung reif? Das alles sind Fragen, die man stellen kann, die aber überwiegend nicht — oder noch nicht — beantwortbar sind. Sind überhaupt klare Antworten zu erwarten, die die Beurteilung künftiger Entwicklungen zulassen und mit denen man Entscheidungen rechtfertigen kann? Die Antworten der Ergebnisse werden kaum definitiven Charakter haben, sondern nur mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit zutreffen.

In den letzten Jahren sind mehrere Methoden zur Prognose der technischen Entwicklung bekannt geworden. Der Grundgedanke jeder Methode ist einfach. Erst durch den systematischen Aufbau erlangt die jeweilige Methode ein gewisses Niveau. Man nimmt zum Beispiel an, daß eine systematische Befragung von Experten, die sich nicht notwendigerweise als Propheten zu fühlen brauchen, zu genaueren und zutreffenderen Aussagen führt, als eine nur intuitiv empfundene, unmethodisch gewonnene Voraussage. Können diese Methoden zur Erfassung der technischen Entwicklung für die Zwecke der Arbeitsmarktforschung herangezogen werden?

Einige Prognosemethoden sind aus strategischen Fragestellungen im militärischen Bereich entstanden. Sie wurden von Firmen, Forschungsunternehmen und Behörden aufgegriffen und für Zwecke der Forschungsplanung, -finanzierung und Marktstrategie weiterentwickelt. Zum Teil erfassen sie nur ganz spezielle Produkte und Entwicklungen eines engen Sektors, der für bestimmte Gruppen von besonderer Bedeutung ist. Viele der Methoden wurden in den Vereinigten Staaten besonders gepflegt, einige Zeit mit Begeisterung betrieben und relativ schnell wieder

abgebaut (zum Beispiel das „Brainstorming“). Die Methoden der Vorausschau dürften sich erst dann für allgemeine Anwendungen einführen, wenn es zu einer weiteren Synthese der Verfahren kommt, die sich bereits in einigen Fällen andeutet. Zur Erfassung technischer Entwicklungen und deren quantitativer und qualitativer Beschreibung bedarf es weiterer Kombinationen und Ausweitungen der Verfahren. Einige Verfahren seien hier kurz angeführt. Sie sind meist unter den amerikanischen Bezeichnungen bekannt geworden. Eine deutsche Übersetzung ist größtenteils nicht eingeführt oder aber nicht einheitlich und somit mißverständlich.

Bereits kurz erwähnt wurde das „Brainstorming“, das in verschiedenen Variationen auch in Europa Anhänger findet. Es kann als „ungebremstes und unkontrolliertes Produzieren von Ideen eines Gremiums“ betrachtet werden. Alle Gedanken werden erfaßt und ausgewertet. Die „Delphi-Technik“, die durch die Arbeiten der RAND-Corporation bekannt wurde, ist ein systematisches Fragen nach möglichen künftigen Entwicklungen bei Experten mit Schleifen zur Korrektur, Begründung und Verbesserung der zusammengefaßten Aussagen der Experten. Weiterhin können Methoden des „Operations Research“ (Operationsforschung, Unternehmensforschung, Entscheidungstheorie), wie lineare Programmierung, Warteschlangentheorie, Spieltheorie, Monte-Carlo-Methode aufgeführt werden. Systemanalyse, Netzplantechnik (CPM, PERT), Morphologie (nach Zwicky) sind bereits praktizierte Verfahren. Weniger bekannt sind „scenario-writing“ (etwa: die Beschreibung logischer Folgen und Entwicklungen bei gegebenen Ereignissen), „contextual mapping“ (etwa: die Darstellung des Zusammenhanges und des Zusammenspiels verschiedener Entwicklungen), „relevance tree“-Methoden (eine Darstellungsmethode der Wichtigkeit und Bedeutung bestimmter Entwicklungskomplexe). Letzten Endes wären noch die Methoden der Trendbestimmung und der Trendextrapolation zu erwähnen. In all diesen Methoden befinden sich Rudimente jedes menschlichen Planens, Erfassens und Forschens.

Die Bemühungen, technische, wirtschaftliche und soziale Entwicklungen systematisch zu erfassen, sind erste Schritte auf dem Wege zur Entwicklung einer Methode, die man als *konstruktive Entwicklungsgeschichte* bezeichnen kann. Ihr Ziel wäre die eindeutige Erfassung einer Entwicklung durch Darlegung des Zustandes in der Vergangenheit und in der Gegenwart, wobei man sich nicht nur der bloßen Beschreibung bedient, sondern den Zustand quantitativ und qualitativ darzulegen versucht. Mit Hilfe dieser Methode wären eindeutige Schlüsse, konkrete Ableitungen und klare Deutungen der Zusammenhänge möglich. Die Geschichtsschreibung und die histori-

sche Abhandlung, wie sie bisher gepflegt wurden, sind wichtig, können aber als Methode, Entwicklungen zu verfolgen, Zusammenhänge zu erfassen und derzeitige Zustände und künftige Trends zu vermitteln, nur in sehr beschränktem Maße verwendet werden. Als prognostische Methode ist die historische, rein verbale Beschreibung und Darlegung von Abläufen ungeeignet. Im folgenden soll gezeigt werden, welche Ansätze bestehen, von der nur beschreibenden Art der Darlegung abzukommen und Geschichte „meßbar“ zu machen. Es ist anzunehmen, daß mathematische und sonstige methodische Hilfsmittel, die den Naturwissenschaften zu neuen Erkenntnissen verhalfen, auch auf diesem Gebiet, das als ein Teilgebiet der allgemeinen Geschichte betrachtet werden kann, praktikablere Ergebnisse bringen.

1.1 Stadien technischer Entwicklung

Von zahlreichen Autoren wird der Vorgang der technischen Entwicklung in Stadien aufgeteilt.

Zum Beispiel führen *Maclaurin* [1] und *Rostow* [2] auf:

- Entwicklung von Grundlagen
- Erfindungsphase
- Innovationsphase
- Finanzierungsphase der Innovation
- Annahme der Innovation

Lewis gibt die gleichen Stufen, bis auf die beiden letzten, an. *Schumpeter* [3] ersetzt die zwei letzten durch die Diffusionsphase der Innovation.

Bright [4] entwirft vier Stadien:

- Grundlagenforschung, Versuche, Entwicklung von Grundlagen
- Angewandte Forschung, Entwicklung, Prüfung und Auswertung der Grundlagen
- Produktionsentwicklung, Produkterprobung, Auswertung des Produktes, Versuchsproduktion („pilot plant“)
- Produktverwendung, Anwendungstechnik, Prüf- und Auswerttechnik.

Willer [5] unterscheidet:

- Formulierung wissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten (Grundlagenforschung)
- Anwendung der Gesetzmäßigkeiten auf technische Probleme (Zweckforschung)
- Wissenschaftliche Auswertung technisch gelöster Probleme.

In [6] findet man fünf Phasen angegeben:

- Grundlagenforschung
- angewandte Forschung
- Konstruktions- und Entwicklungstechnik
- Produktionstechnik
- Gebrauchstechnik

Die Unterteilung der technischen Entwicklung in Phasen ist ein Hilfsmittel zur Analyse, das jedoch nicht überschätzt werden darf, da die praktische Abgrenzung der Entwicklungsphasen bei technischen Neuerungen Schwierigkeiten macht. Größtenteils entspricht die Reihenfolge nicht dem zeitlichen Ablauf, die Stadien sind sehr stark verflochten und man beobachtet Wechselwirkungsprozesse innerhalb der Stadien. Zum Beispiel kann die Grundlagenforschung erst durch die Produktionsentwicklung angeregt werden.

1.2 Der Begriff der Innovation

Der Begriff „Innovation“ wird in der Literatur, die sich mit Entwicklung befaßt, oft aber in unterschiedlichem Sinne gebraucht. Zunächst wird darunter ganz allgemein jede Neuerung und jeder Neuerungsvorgang verstanden. Man spricht von einer technischen Innovation, einer sozialen Innovation u. ä. Präzisiert wird meist dahingehend, daß unter der Innovation der wirtschaftliche Aspekt einer Erfindung verstanden wird, während der Begriff „Erfindung“ meist nur den technischen Aspekt ausdrückt. Der Begriff „Erfindung“ ist nicht im engen patentrechtlichen Sinne zu betrachten, sondern hierunter wird jede Neuerung, Entdeckung und Kombination verstanden, die die technischen Möglichkeiten des Menschen ausweiten. „Innovation“ ist also der Vorgang, bei dem die rein technischen Möglichkeiten durch wirtschaftliche Nutzung realisiert werden. Die Innovation enthält weiterhin nach *Schumpeter* die Prozesse der Schaffung neuer Organisationen der Industrie, die Erschließung neuer Absatzmärkte und die Erschließung neuer Bezugsquellen. In der Fassung des Begriffs der Innovation sind amerikanische Wirtschaftswissenschaftler [7] sehr eindeutig. Sie definieren, daß die Innovationsphase dann abgeschlossen ist, wenn 2,5 v. H. der potentiellen Anwender („adapter“) die Neuerung eingeführt haben.

1.3 Der Begriff der Diffusion

Neben dem Begriff „Innovation“ drückt der Begriff „Diffusion“ vor allem den Vorgang des Vordringens einer Neuerung in bestimmte Wirtschaftsbereiche aus. Die Diffusion ist in Analogie zu dem gleichnamigen physikalischen Vorgang als ein Wirtschaftsprozess zu verstehen, bei dem neue Maschinen, Verfahren oder Produkte allmählich das Marktgefüge durchsetzen, teilweise Vorhandenes ersetzen und verdrängen, um letzten Endes einen festen Bestandteil des Marktes und der Wirtschaft zu bilden. Es ist ein Sättigungsprozeß, der mehr oder weniger schnell anläuft, wobei in Analogie zum physikalischen Vorgang eine Aktivierungsenergie benötigt wird. Der Vorgang der Diffusion erreicht ein maximales Wachstum und läuft gegen einen Grenzwert, der

einer Sättigung entspricht. Verdeutlicht wird der Ablauf durch das Bild 1, das eine Diffusionskurve für Schwarzweißfernsehgeräte in den USA zeigt. Es dauerte etwa 10 Jahre, bis ungefähr 90 v. H. der Haushalte ein Schwarzweißfernsehgerät besaßen, wenn man vom Ende der Innovationsperiode rechnet, die bei 2,5 v. H. der Haushalte lag. Man kann also von einer Diffusionszeit der Schwarzweißfernsehgeräte von etwa 10 Jahren sprechen.

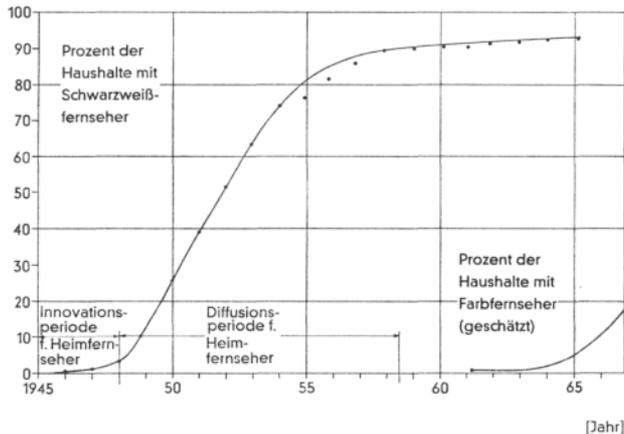


Bild 1: Diffusionskurve für Schwarzweiß- und Farbfernseher in den USA nach [8]

1.4 Erfinden — Entdecken

In vielen Fällen der täglichen Praxis lassen sich die Begriffe „Erfinden“ und „Entdecken“ klar trennen. Das „Entdecken“ beschreibt den Vorgang des Auffindens bisher verborgener Phänomene, Gesetzmäßigkeiten und Objekte. Unter „Erfinden“ wird das Erstellen neuer, bisher nicht bekannter Kombinationen, Anordnungen und Objekte verstanden. Eine Erfindung wird im allgemeinen eine Schöpfung einer neuen Idee sein. So wurden zum Beispiel der Radioapparat, das Automobil, die Glühlampe, der Kugelschreiber, der Stahlbeton und der glasfaserverstärkte Kunststoff erfunden, während physikalische Gesetze, chemische Elemente und bestimmte Stoffe, wie Hormone und Vitamine, entdeckt wurden.

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen „Erfindung“ und „Entdeckung“ wird durch die Frage deutlich, ob das Neue als solches bereits vor der Entdeckung bzw. der Erfindung vorhanden war. Ist ein Phänomen, ein Stoff, eine Kombination, eine Anordnung oder eine Funktion bereits in der Natur vorhanden, so wird das Phänomen, der Stoff, die Kombination, die Anordnung oder die Funktion entdeckt. Ist das Element, das System oder die Verknüpfung in der Natur nicht vorgegeben, so müssen sie erfunden werden. Während bei der Entdeckung der Gegenstand der Entdeckung nicht neu geschaffen wurde, sondern nur die Methode oder der Weg

zur Entdeckung schöpferisch gewesen sein kann, ist der erfundene Gegenstand selbst eine Schöpfung des Erfinders, ohne daß hier die Methode, die zum Ziele führte, schöpferisch sein muß. Es würde zu erkenntnistheoretischen Erörterungen führen, wollte man die Frage nach dem Vorhandensein von Erfindungsgegenständen vor dem Zeitpunkt der Erfindung ausführlich prüfen. Das Problem der Existenz von Erfindungen vor „ihrer Erfindung“ soll hier nicht weiter behandelt werden. Ohne jedoch die Grundfragen der Existenz von Stoffen, Ideen und Kombinationen vor dem Zeitpunkt oder Zeitraum der Erfindung zu erörtern, ist es jedoch nützlich, die Frage nach dem Vorhandensein der Stoffe, Ideen und Kombinationen vor dem Zeitpunkt der Entdeckung bzw. Erfindung zu stellen. Sind zum Beispiel synthetisch hergestellte Materialien, wie Polyäthylen, Kautschuk, Nylon und DDT, und Legierungen, wie Duraluminium, Edelstahl und Hartmetalle, erfunden oder entdeckt worden? Sind die Verfahren zur Herstellung dieser Stoffe und Materialien erfunden oder entdeckt worden? Elemente der Stoffe, Reaktionen und Kombinationen der Stoffe wurden entdeckt. Ebenso wurden bei Herstellungsprozessen Teilvorgänge und Phänomene entdeckt. Die Zusammenstellung und das Zusammenspiel der einzelnen Elemente und Teilvorgänge wurden erfunden. Polyäthylen, Nylon, DDT, Duraluminium, Edelstahl und Hartmetalle wurden erfunden. Verfahren zur Herstellung dieser Stoffe mußten ebenfalls erfunden werden, nachdem man Stoffeigenschaften, Reaktionen und Effekte entdeckt hatte. Man bemerkt eine enge Wechselwirkung zwischen Entdeckungen und Erfindungen. Wie die Beispiele bereits andeuten, können Entdeckungen von Phänomenen, Effekten und Reaktionen verschiedene Erfindungen auslösen. Die Entdeckung ist häufig nur der auslösende erste Schritt einer Innovation. Die Innovation läßt sich eher mit einer Erfindung identifizieren als mit einer Entdeckung. Innovationen bauen wesentlich auf Erfindungen auf, die sich nicht notwendigerweise auf Entdeckungen stützen müssen. Wesentliche Entdeckungen werden nur durch Erfindungen nutzbar und wirtschaftlich wertvoll. Daher ist es notwendig, den Vorgang der Innovation hauptsächlich mit Hilfe der Erfindungen zu analysieren.

1.5 Klassifizierung der Erfindungen

Für die weitere Untersuchung ist es zweckmäßig, die Erfindung zu systematisieren. Es bieten sich verschiedene Gesichtspunkte an. *Machlup* [6] gliedert:

Nach den *Verfahren* (Erzeugungsweisen):

Erfindung von Zwischenprodukten (Stoffen), Erfindung von Geräten (Maschinen, Werkzeugen, Instrumenten, Apparaturen), Erfindung von Endprodukten (Gebrauchs- und Verbrauchsgütern).

Weiterhin nach der *Bedeutung* (technisch, wirtschaftlich):
bahnbrechende Erfindungen (strategisch, revolutionär, grundlegend, Schlüsselerfindungen);
Alltagserfindungen (evolutionäre Erfindungen, Routineerfindungen);
Verbesserungserfindungen (Vervollkommnungserfindungen).

Weiterhin nach den *wirtschaftlichen Wirkungen*:
arbeitsparende Erfindungen, bodensparende, rohmaterialsparende Erfindungen, kapitalsparende Erfindungen

oder nach der *Ursache*:

kostenbedingte Erfindungen (Anreiz durch Kostenveränderung), autonome Erfindungen (Zufallserfindungen, Nebenerfindungen, abgeleitete Erfindungen).

Nach der *Arbeitsweise des Erfinders*:

systematisch-deduktive Erfindungen (spekulative); empirische Erfindungen (Herumprobieren).

Klassifizierung nach dem *Erfinderrecht*:
patentfähige Erfindungen, nicht patentfähige Erfindungen, erteilte Erfindungen, gültige Erfindungen, abhängige (komplementäre, gekoppelte Erfindungen), Ersatzerfindungen (substitutive, Umgehung von bestimmten Patenten), unabhängige Erfindungen, Doppelerfindungen.

Für unsere Zwecke erwies es sich als zweckmäßig, die Erfindungen nach folgenden Gesichtspunkten zu unterteilen:

1. *Materialerfindungen (M)*

Die Neuerung durch diese Erfindungen ist vor allem abhängig vom Material, von dessen Eigenschaften und dessen spezifischem Gebrauch. Wesentlich ist die *Anwendung* des Materials; das Verfahren der Herstellung oder der Verarbeitung des Materials ist zweitrangig. Zum Teil können Verfahren aus bereits bekannten Technologien übernommen werden. Beispiele hierzu wären: die Erfindung des Zementes, die Aluminiumherstellung, Titanherstellung, Stadtgas, die Erfindung der synthetischen Fasern, der Antibiotika, der Kunststoffe usw.

2. *Elementerfindungen (E)*¹⁾

Diese Erfindungen betreffen Anordnungen und spezielle Formen von Materialien, die nur in Verbindung mit anderen Elementen zweckhaft sind. Elemente nach dieser Festlegung sind: die Vakuumröhre, der Transistor, integrierte Schaltkreise, Wellblech, Kabel und Leitungen, Maschinenelemente usw.

¹⁾ Unter „Element“ werden hier, wie in der Technik allgemein gebräuchlich, Bausteine (Baulemente) verstanden. Chemische Elemente sind hier natürlich nicht gemeint, weil diese nur entdeckt und nicht erfunden werden können.

3. *Systemerfindungen (S)*

Wesentlich bei diesen Erfindungen ist die apparative Kombination von mehreren wichtigen Elementen. Das System ist vor allem auf die Geräte bezogen und weniger auf die Funktion. Es sind auch Systeme mit mehreren Funktionen denkbar. So ist zum Beispiel beim Rundfunkgerät kein wesentlicher Unterschied zwischen der Funktion desselben Gerätes als Empfänger, Sender oder Meßgerät. Die Erfindung zielt auf die Herstellung eines bestimmten Gerätes im Gegensatz zu der folgenden Kategorie, bei der die Erfindung auf einen bestimmten Ablauf zielt. Als Beispiele wären für Systeme noch anzuführen: das Kraftfahrzeug, das Dampfschiff, der Elektromotor, die Wasserturbine, die Radartechnik.

4. *Verfahrenserfindungen (V)*

Die wesentlichen und vorwiegenden Bestimmungsgrößen bei diesen Erfindungen sind die Verfahrensschritte, die physikalischer, chemischer, mechanischer oder biologischer Art sein können. Maschinen, Geräte und Apparate sind primär unwesentlich für das Ergebnis, das im allgemeinen ein Produkt des Verfahrens ist. Die Erfindung ist zustandsbezogen. Sie zielt also auf Veränderungen des Aggregatzustandes, der Zusammensetzung und der thermodynamischen Zustandsgrößen. Das Verfahren ist auch mit ändern Maschinen, Geräten, Apparaten und Anordnungen denkbar. Deutlich wird das am Beispiel der Elektroschweißung, die mit verschiedenen Anordnungen und Geräten, wie Handelektroden, handgeführten Schweißgeräten (sogenannte halbautomatische Schweißgeräte), Unterpulverschweißgeräten usw. ausgeführt werden kann.

Bei der Zuordnung der Erfindungen zu diesen vier Kategorien ergeben sich, wie bei allen Einteilungen, Zweifelsfälle und Überschneidungen. So ist oft eine Überschneidung zwischen Material- und Verfahrenserfindungen, zum Beispiel bei der Ammoniaksynthese, festzustellen, wobei sowohl das Produkt als auch das Verfahren wesentlich zur Entwicklung beitragen. Ebenso ergeben sich Überschneidungen zwischen Elementen und Systemen, da je nach der Blickrichtung im hierarchischen Aufbau von Elementen zu Baugruppen und Bausätzen über Aggregatteile zum vollständigen System, Aggregatteile als Elemente des Systems, andererseits aber als Systeme, bestehend aus Bausätzen als Elemente, aufgefaßt werden können. Dies ist etwa beim Elektromotor der Fall, der sowohl als Element im Rahmen eines größeren Systemes, etwa einer Werkzeugmaschine, als auch als System, als Kombination von mehreren Elementen und als selbständige Einheit betrachtet werden kann. Des weiteren kann ebenso im Aufbau von Material zu Halb-

Tabelle 1: Entwicklungsphasen wichtiger technischer Neuerungen

Nr.	Typ	Bezeichnung der Entwicklung	Beginn der Entwicklung	Ende der Phase I	Ende der Phase II	Ende der Phase III
1	S	Dampfmaschine	1680 durch die Ideen <i>Papins</i>	1710 Dampfmaschine von <i>Newcomen</i>	1769 Dampfmaschinenpatent von <i>James Watt</i>	1780 <i>Watts</i> Dampfmaschinen setzen sich durch
2	S	Dampfturbine	1680 Dampftrad	1852 <i>Schiele</i> entwickelt Dampfturbinen	1883 Entwicklungen <i>Lavals</i>	1900 <i>Curtis</i> erfindet die Geschwindigkeitsstufung Einsatz zur Erzeugung elektrischer Energie
3	M	Stadtgas	1680 Entdeckung durch <i>Becher</i>	1792 <i>Lebon</i> und <i>Murdock</i> beleuchten Räume versuchsweise mit Gas	1799 die Fabrik von <i>Boulton</i> und <i>Watt</i> wird mit Gas beleuchtet	1813 die Westminster Abbey wird mit Gas beleuchtet
4	S	Dampfschiff	1690 Ideen von <i>Papin</i>	1790 <i>Fitch</i> baut ein erstes Dampfboot	1807 <i>Fulton</i> fährt von New York nach Albany	1809 <i>Fulton</i> baut den ersten Ozeandampfer „Savannah“
5	S	NC-Maschinen	1725 wird ein Patent zur Steuerung von Strickmaschinen mittels Lochkarten erteilt	1930 <i>Schenker</i> erhält ein Patent für Lochkartensteuerungen von Werkzeugmaschinen	1948 die amerikanische Marine erteilt einen Forschungsauftrag über NC-Maschinen	1955 die erste NC-Maschine ist auf dem Markt
6	S	Fotografie	1727 <i>Schulze</i> entdeckt die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze	1802 <i>Wedgwood</i> und <i>Davy</i> erzeugen Bilder auf mit Silbersalz präpariertem Papier	1839 <i>Daguerre</i> und <i>Talbot</i> stellen Bilder her und entwickeln ein Fixierverfahren	1840 <i>Petzval</i> und <i>Voigtländer</i> berechnen und entwickeln optische Linsen Durchbruch der Momentfotografie
7	S	Wasserturbine	1730 gibt <i>Bernoulli</i> Anregungen zum Bau einer Wasserturbine	1752 <i>Euler</i> erarbeitet die theoretischen Grundlagen	1827 <i>Fourneyron</i> konstruiert Wasserturbinen	1890 Einsatz von Wasserturbinen zur Erzeugung elektrischer Energie
8	M	Zement	1756 <i>Smeaton</i> entwickelt den Wasserkalk	1796 Wiederentdeckung des Roman-Zementes	1824 ein Patent für Zement wird erteilt	1844 das erste Werk für Portlandzement wird eröffnet
9	S	Automobil	1770 <i>Cugnat</i> baut einen Dampfwagen als Zugmaschine	1875 <i>Marcus</i> baut in Wien ein motorgetriebenes Straßenfahrzeug	1885 <i>Benz</i> macht erste Fahrversuche	1894 <i>Benz</i> produziert 67 Automobile im Jahr
10	V	Tiefgekühlte Lebensmittel	etwa 1785 erste Anfänge von Lebensmittelkühlung	1842 <i>Benjamin</i> setzt Kühlanlagen zur Kühlung von Fleisch ein	1916 in Deutschland wird ein Schnellgefrierverfahren entwickelt	1925 in den USA kommt tiefgekühlter Fisch auf den Markt
11	S	Luftfahrt	1783 starten die ersten Warmluftballons	1888 erste Idee, einen Ballon mit einem Motor zu versehen	1900 erster Flug eines Luftschiffes	1906 Nationalspende in Deutschland zum Neubau eines zerstörten Luftschiffes
12	S	Dampfmaschine (beweglich)	1790 <i>Trevithick</i> hat die Idee zu einem Dampfwagen	1801 <i>Trevithick</i> baut einen beweglichen Dampfswagen	1814 baut <i>Stephenson</i> die erste Lokomotive	1828 Vergleichsfahrten verschiedener Lokomotiven bei Rainhill

E Elementerfindung
 M Materialerfindung
 S Systemerfindung
 V Verfahrenserfindung

} Erläuterung des Erfindungstyps und der Phasen im Text

noch Tabelle 1

Nr.	Typ	Bezeichnung der Entwicklung	Beginn der Entwicklung	Ende der Phase I	Ende der Phase II	Ende der Phase III
13	M	Titan	1791 Entdeckung des Metalls durch <i>Gregor</i>	1796 erste Gewinnung von metallischem Titan durch <i>Hecht</i> und <i>Vauquelin</i>	1936 <i>Kroll</i> entwickelt einen Prozeß zur industriellen Gewinnung	1950 kommerzielle Produktion von Titan in den USA
14	M	Magnesium	1808 <i>Davy</i> gewinnt erstmalig das Metall Magnesium	1833 <i>Faraday</i> gewinnt auf elektrolytische Weise Magnesium	1886 <i>Fischer</i> und <i>Grätzel</i> finden eine Möglichkeit der Elektrolyse für die technische Produktion	1909 Magnesium-Legierungen werden für den industriellen Einsatz entwickelt
15	S	Elektronische Datenverarbeitung	1822 <i>Babbage</i> entwickelt eine Rechenmaschine zur Lösung wissenschaftlicher Probleme	1937 <i>Zuse</i> baut seine erste elektrische Rechenmaschine	1946 <i>Eckert</i> und <i>Maushley</i> entwickeln einen Röhrenrechner	1951 Univac I, der erste elektronische Computer für kommerzielle Zwecke, ist auf dem Markt
16	M	Aluminium	1825 <i>Oerstedt</i> gewinnt zum erstenmal metallisches Aluminium	1854 <i>Deville</i> versucht Al in größerem Maßstab zu erschmelzen	1886 <i>Héroult</i> erhält ein Schmelzpatent zur Erschmelzung von Aluminium	1888 <i>Kiliani</i> erfindet die Schmelzflußelektrolyse von Al (Voraussetzung zur Großproduktion)
17	M	Ammoniak-synthese	1828 <i>Wöhler</i> gewinnt synthetischen Harnstoff	1904 Laborversuche von <i>Haber</i>	1906 <i>Bosch</i> gelingt die labormäßige Synthese	1911 Einrichtung einer Versuchsfabrikation
18	S	Kinematografie	1832 <i>Stamper</i> und <i>Plateau</i> erfinden das Stroboskop	1887 <i>Anschütz</i> erfindet den Schnellseher	1888 <i>Reynaud</i> entwickelt die ersten Trickfilme	1895 <i>Skladanowsky</i> und <i>Lumière</i> entwickeln einsatzbereite Aufnahme- und Wiedergabegeräte
19	S	Elektrischer Generator	1832 erster rotierender Generator von <i>Pixi</i>	1851 <i>Sinsteden</i> hat die Idee der Erregermaschine	1854 <i>Hjorth</i> erhält ein Patent auf die Selbsterregung elektrischer Maschinen	1867 <i>Siemens</i> baut den ersten leistungsfähigen Generator
20	S	Verbrennungsmotor (Ottomotor)	1845 Versuche in Frankreich und Deutschland	1860 entwickelt <i>Lenoir</i> seinen Gasmotor	1877 <i>Otto</i> erhält ein Patent für einen Viertaktgasmotor	1883 <i>Daimler</i> entwickelt den Benzinmotor
21	S	Rundfunk	1850 Ideen zur Nachrichtenübertragung auf elektrischem Wege	1906 Erfindung der Verstärkerröhre	1919 erster Rundfunkempfänger	1921 erste Rundfunksendungen (Rundspruch-Wirtschaftsdienst)
22	E	Glühlampe	1850 Beleuchtung durch Lichtbogen	1854 <i>Göbel</i> in New York baut die ersten „Glühlampen“	1879 <i>Edison</i> entwickelt eine brauchbare Kohlenfadenlampe	1881 Beleuchtung mit elektrischen Glühlampen auf der Pariser Weltausstellung
23	M	Stahlbeton	1855 Patent und Idee von <i>Lambot</i>	1877 <i>Hyatt</i> legt Eisen in die Zugzone	1884 Bau des Wasserbehälters von Trier	1902 <i>Mörsch</i> schafft die theoretischen Grundlagen für den Stahlbetonbau

- E Elementerfindung
- M Materialerfindung
- S Systemerfindung
- V Verfahrenserfindung

} Erläuterung des Erfindungstyps und der Phasen im Text

noch Tabelle 1

Nr.	Typ	Bezeichnung der Entwicklung	Beginn der Entwicklung	Ende der Phase I	Ende der Phase II	Ende der Phase III
24	S	Telefon	1860 <i>Wheatstone</i> entwickelt die erste Vorstellung	1861 <i>Reis</i> gelingt die Übertragung von Tönen	1875 <i>Bell</i> überträgt als erster vollständige Sätze	1877 von Boston nach Cambridge wird eine Reportage übertragen
25	V	Kohlehydrierung	1870 <i>Berthelot</i> gewinnt Öl aus Kohle	1914 <i>Bergius</i> entwickelt die Katalytische Druckhydrierung	1930 <i>Fischer-Tropsch-</i> bzw. <i>Bergius-Synthese</i> der IG-Farben	1936 Beginn der Produktion in Deutschland
26	M	Kautschuksynthese	1875 <i>Bouchardat</i> regt die Gewinnung künstlichen Kautschuks an	1909 labormäßige Gewinnung von Butadien	1928 Entdeckung der katalytischen Emulsions-Polymerisation	1936 entsteht das erste Bunawerk
27	S	Verbrennungsmotor (Dieselmotor)	1878 <i>Diesel</i> hat die grundlegende Idee für seine Entwicklung	1892 Versuche bei der <i>MAN</i>	1893 <i>Diesel</i> erhält ein Patent	1897 eine AG für den Bau von Dieselmotoren wird gegründet
28	S	Luftfahrt (Tragflügel)	1880 <i>Otto von Lilienthal</i> hat die ersten Ideen zum Flug mit Tragflügeln	1894 <i>Lilienthal</i> veröffentlicht sein Buch über den Vogelflug	1903 erster Motorflug der <i>Gebr. Wright</i>	1908 die ersten Flugzeugfabriken entstehen
29	E	Vakuum-Röhre	1880 Untersuchungen von <i>Elster</i> und <i>Geitel</i>	1906 <i>de Forest</i> entwickelt eine Röhre	1914 <i>American Telephone and Telegraph Company</i> erwirbt die Rechte an <i>de Forests</i> Röhre	1920 kommerzielle Produktion von Vakuum-Röhren
30	M	Indigo-Synthese	1880 <i>A. v. Bayer</i> gelingt die Synthese von Indigo-Blau im Versuch	1891 Abschluß der Grundlagenentwicklungen	1897 labormäßige Gewinnung von Indigo bei der <i>BASF</i>	1900 die industrielle Produktion von Indigo läuft an
31	M	Kunststoffe	1881 Styrolmonomer wird erstmalig gewonnen	1885 <i>Parkes</i> und <i>Spilt</i> fertigen Gegenstände aus Nitrocellulose	1907 <i>Beakland</i> gelingt die Steuerung der Phenolaldehydreaktion	1910 die <i>General Bakelit Gesellschaft</i> beginnt mit der Produktion
32	S	Fernsehen	1884 Erfindung der <i>Nipkow-Scheibe</i>	1906 es finden Versuche mit der <i>Braunschen Röhre</i> zur Übertragung von Bildern statt.	1928 erste Fernsehsendungen in den USA	1936 Fernsehübertragungen von den Olympischen Spielen in Berlin
33	M	Halbleiter	1885 Entdeckung von Punktdetektoren	1941 Entwicklung der Germanium-Diode für Radaranlagen	1948 <i>Bardeen</i> und <i>Brattain</i> entwickeln den Transistor	1951 <i>Western Electric</i> produziert Transistoren
34	M	Vitamine	1897 <i>Eickmann</i> erzeugt versuchsweise eine Vitaminmangelkrankheit	1913 die Existenz von „Vitaminen“ wird festgestellt	1926 <i>Jansen</i> und <i>Donath</i> isolieren das Vitamin B 1	1937 Vitamin C wird produziert
35	S	Radar	1904 Idee von <i>Hülsmeier</i>	1933 ein Forschungsprogramm für Radar läuft	1935 Radarortung eines Schiffes auf 5 km Entfernung	1936 die deutsche Marine wird mit Radargeräten ausgerüstet

E Elementerfindung
 M Materialerfindung
 S Systemerfindung
 V Verfahrenserfindung

} Erläuterung des Erfindungstyps und der Phasen im Text

noch Tabelle 1

Nr.	Typ	Bezeichnung der Entwicklung	Beginn der Entwicklung	Ende der Phase I	Ende der Phase II	Ende der Phase III
36	M	Synthetische Fasern	1904 Vorarbeiten von <i>Todtenhaupt</i>	1930 <i>Du Pont</i> entwickelt polymere Fasern mit textilen Eigenschaften	1935 <i>Nylon</i> wird labormäßig hergestellt	1940 die PC-Faser der IG-Farben wird produziert
37	E	Integrierte Schaltkreise	1916 <i>Langmuir</i> entwickelt die Theorie der Dünnschichten	1956 die <i>Varo Company</i> in den Vereinigten Staaten beginnt ein Forschungsprogramm zur Entwicklung integrierter Schaltkreise	1958 die <i>Diamond Fuse Co.</i> entwickelt einfache integrierte Schaltkreise	1961 <i>Fairchild</i> produziert Schaltkreise für den kommerziellen Gebrauch
38	M	Antibiotika	1928 Entdeckung der Wirkung des Penicillinpilzes	1939 Untersuchungen in Oxford	1940 <i>Florey</i> gewinnt den Wirkstoff labormäßig	1941 Einsatz von Penicillin in der Medizin
39	V	Gefrier-trocknen	1940 Entdeckung des Prinzips	1951 militärische Forderungen setzen ein Forschungsprogramm in Gang	1955 eine für kommerzielle Zwecke wirtschaftliche Methode wurde entwickelt	1961 kommen gefriergetrocknete Lebensmittel auf den Markt
40	V	Silizium-Planar-Diffusionstechnik	1955 Entdeckung des Diffusionsprozesses	1957 <i>Frosch und Derick</i> beginnen mit Untersuchungen in den Bell-Laboratorien	1959 für die Planar-Ätz- und Diffusionstechnik wird ein Patent erteilt	1960 kommt der Planar-Transistor auf den Markt

E Elementerfindung
M Materialerfindung
S Systemerfindung
V Verfahrenserfindung

} Erläuterung des Erfindungstyps und der Phasen im Text

zeugen und von Halbzeugen zu Elementen das Halbzeug vom Element her als Material, vom Material her als Element angesehen werden. Diese Schwierigkeiten müssen im folgenden im Auge behalten werden, wenn versucht wird, mit Hilfe dieser Kategorien Aussagen über bisherige und künftige Entwicklungen zu treffen.

1.6 Entwicklungsphasen

Bei der Analyse technischer Neuerungen lassen sich verschiedene Phasen erkennen. Wie bereits im Abschnitt 1.1 erwähnt, bereitet es Schwierigkeiten, Ereignisse im Leben einer Neuerung den dort aufgeführten Phasen zuzuordnen. Für die praktische Analyse, die innerhalb dieser Arbeit durchgeführt wird, ist es zweckmäßig, die folgenden Phasen zu beschreiben. Dabei ist es nicht immer möglich, den genauen Beginn und das Ende einer Phase zu charakterisieren. Daher wird in der Beschreibung auf die Erläuterung des Ablaufs der Ereignisse innerhalb der Phase zwischen den Zeitpunkten des Beginns und des Endes einer Phase genauer eingegangen.

1.6.1 Phase 1: Grundlagenphase

Die erste Phase beginnt mit der Entstehung einer Idee oder der Entdeckung eines Phäno-

mens, das meist naturwissenschaftlich-technischer Art ist. Die Neuerung wird in der Literatur erwähnt. Auch die Wiederentdeckung eines vergessenen Effektes oder eines Systems kann als Zeichen eines neuen Beginns der Phase 1 zugeordnet werden. Während der Phase 1 wird mehr oder weniger systematisch nach einer Lösung gesucht. Die Zielvorstellung ist verschwommen. Es werden in großem Maße Ideen produziert, deren Fruchtbarkeit für die künftige Entwicklung sehr unterschiedlich ist. Es werden *wesentliche* Grundlagen der Neuerung gefunden. Wichtige zusätzliche Grundlagen werden erarbeitet. Es ist eine Phase des Laborierens und Probierens und der Versuche, die Ideen zu verwirklichen.

1.6.2 Phase 2: Inventionsphase

Die zweite Phase beginnt mit der Entstehung und der Erarbeitung einer verheißungsvollen Idee. Die Arbeit erfolgt dann meist planmäßig. Es wird ein Modell hergestellt, ein Probelauf durchgeführt. Die Idee wird in konkreter Form als Material, Stoff, Anordnung, System usw. dargestellt. Es ist eine Phase der Selektion der Ideen und deren Realisierung. Die in der Stufe 1 erarbeiteten Ergebnisse werden zu einer Ver-

suchsanlage (Prototyp u. ä.) zusammengefaßt. In diese Phase fällt auch meist die Zeit der Aktivität auf dem Gebiet des Patentwesens. Man meldet Patente an, Patente werden erteilt, die Diskussion um Schutzrechte und Lizenzen beginnt. Am Abschluß dieser Phase steht meist die konkrete verwirklichte Erfindung.

1.6.3 Phase 3: Innovationsphase

Die dritte Phase umfaßt die Verwertung und Auswertung der Ideen. Die Erfindung wird weiterentwickelt und vervollständigt. Es ist ein klares Leistungsziel vorhanden. Das Ergebnis der Neuerung erscheint wirtschaftlich in größerem Umfang nutzbar. Die industrielle Produktion und Auswertung setzt ein, der Absatz erscheint gesichert, die Nachfrage erscheint vorhanden, Anwendungsgebiete sind nicht nur denkbar, sondern bereits erkennbar. Die dritte Phase ist beendet, wenn der allgemeine Durchbruch der Neuerung erfolgt ist. Es beginnt die breite Durchdringung des Marktes.

1.6.4 Phase 4: Applikationsphase

Die vierte Phase könnte auch als Konsolidierungsphase bezeichnet werden. Während dieser Phase bilden sich Industrien, Wirtschaftszweige, Verbände, Institutionen, Kartelle, Ausbildungsstätten, Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch auf breiter Ebene durch Messen, Tagungen u. ä. Letzten Endes bilden sich aus Einzeltätigkeiten und Kombinationen von verschiedenen Tätigkeitselementen Berufe bzw. Berufstätigkeiten.

In Tabelle 1 (ab S. 422) ist eine Liste von 40 Neuerungen nach diesem Schema geordnet und aufgeteilt, wobei die Phase 4, die Applikationsphase, noch nicht berücksichtigt ist. Auf die vierte Phase wird im Abschnitt 5 eingegangen werden.

2. Feststellungen zur Dauer von Entwicklungsabschnitten

Wie bereits einleitend angedeutet, ist es schwierig, mehr als nur verbal beschreibend eine Entwicklung zu analysieren. Meistens wird man sich auch darauf beschränken müssen — wegen der Unübersichtlichkeit der Zusammenhänge und Auswirkungen — zu sagen, daß zum Beispiel „die Auswirkungen der Einführung der Dampfmaschine, des Automobils, der elektrischen Datenverarbeitung usw. bedeutend seien und sich auf weite Gebiete des Lebens erstrecken“. Aussagen dieser Art, mehr oder weniger präzise, befriedigen vor allem das Bedürfnis nach historischer Bildung. Sie werden jedoch einer Erforschung der technischen Entwicklung und deren Einfluß auf die berufliche Tätigkeit des Menschen nicht gerecht, insbesondere, wenn man versucht, aus der Erkenntnis des bisherigen Ablaufs von

Entwicklungen Schlüsse auf künftige Änderungen, Zusammenhänge und Trends zu ziehen.

Einer der ersten Versuche, historische Gegebenheiten der technischen Entwicklung zu quantifizieren, stammt von *Gilfillan* [9]. *Gilfillan* untersuchte 19 wichtige Erfindungen, die zwischen 1888 und 1913 eingeführt wurden. Die Auswahl der Erfindungen erfolgte durch eine Umfrage bei Lesern der Zeitschrift „*The Scientific American*“. *Gilfillan* stellte fest, daß zwischen dem ersten Gedanken einer Erfindung und dem ersten Arbeiten der Maschine oder dem Auftauchen des Patentes bei den 19 Beispielen durchschnittlich 176 Jahre liegen. Bis zur praktischen Anwendung der Erfindung vergehen wiederum 24 Jahre. Bis sich ein wirtschaftlicher Erfolg einstellte, vergingen nochmals 14 Jahre. Nach zwölf weiteren Jahren wurde die Erfindung in großem Maße angewandt. Diese Erfindungen brauchten also im Durchschnitt 50 Jahre von der ersten ernsthaften Arbeit an der Erfindung bis zur Anwendung im großen. Für eine weitere Gruppe von 75 bedeutenden Neuerungen aus den Jahren 1900 bis 1930 ergab sich eine Zeitdauer von 33 Jahren zwischen dem Zeitpunkt des ersten Erstellens und Funktionierens eines Modells und dem Zeitpunkt eines ersten wirtschaftlichen Erfolges. Im Rahmen einer weiteren Arbeit untersuchte *Gilfillan* 209 von 500 bedeutenden nichtmilitärischen Erfindungen von 1787 bis 1935. Hier betrug der mittlere Zeitraum zwischen dem ersten ernsthaften Arbeiten an einer Neuerung und dem wirtschaftlichen Erfolg 37 Jahre für Neuerungen, die vor dem Jahre 1900 zum Einsatz kamen. (Die durchschnittliche Reifezeit wird länger, wenn man die Periode der Stagnation im Mittelalter berücksichtigt.) *Gilfillan* konstatierte eine „*gestation period*“ (Schwangerschaftsperiode) von nur 9,5 Jahren für die Erfindungen, die nach 1900 anzusetzen sind. *Gilfillan* stellt eine Beschleunigung des Innovationsprozesses fest. Die Zeiträume, aus denen *Gilfillan* die Erfindungen auswählte, überlappen sich allerdings teilweise.

Die Tabellen 2 und 3 zeigen Ergebnisse einer Untersuchung, die von der *National Commission on Technology, Automation and Economic Progress* in [10] aufgeführt werden. Zunächst werden von 20 wichtigen Neuerungen die Zeitabschnitte zwischen dem Zeitpunkt der Feststellung der technisch-praktischen Verwendbarkeit bis zum Beginn der kommerziellen Entwicklung, „*Inkubationsperiode*“ genannt, und dem Zeitabschnitt zwischen der Erkenntnis des wirtschaftlichen Wertes bis zur Einführung der Erfindung als kommerzielle Produktion oder als Verfahren, „*wirtschaftliche Erfindung*“ genannt, bestimmt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 2. In Tabelle 3 ist für die Perioden von 1890 bis 1919, die Zeit nach dem ersten Weltkrieg bis zum Ende des zweiten Weltkrieges und die Zeit nach dem zweiten

Tabelle 2

Entwicklungsdauer ausgewählter technologischer Innovationen nach [10]

Innovation	Beginn der wirtschaftlichen Entwicklung	Zeitdauer (Jahre)		
		Inkubationsperiode	wirtschaftliche Entwicklung	gesamte Entwicklung
Aluminium	1886	31	6	37
Autotransport	1891	23	4	27
Lufttransport	1903	6	8	14
Kunstharze	1907	49	3	52
Rundfunk	1913	17	9	26
Vakuum-Röhre	1914	7	6	13
Tiefkühlkost	1916	74	9	83
Vitamine	1926	13	11	24
Synthetischer Kautschuk	1929	20	11	31
Fernsehfunk	1933	22	12	34
Synthetische Fasern	1936	6	3	9
Titan	1936	26	14	40
Antibiotika	1939	11	1	12
Elektronische Rechenanlagen	1944	15	6	21
Halbleiter	1948	7	3	10
Numerische Steuerung	1948	18	7	25
Synthetisches Leder	1950	12	14	26
Erzeugung von Kernenergie	1954	11	3	14
Gefriergetrocknete Lebensmittel	1955	4	6	10
Integrierte Schaltkreise	1958	2	3	5
Durchschnitt		19	7	26

Tabelle 3

Übersicht über den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Dauer technischer Entwicklungen nach [10]

Faktoren, die die Dauer der technologischen Entwicklung beeinflussen	Mittlere Zeitdauer (Jahre)		
	Inkubationsperiode	wirtschaftliche Entwicklung	gesamte Entwicklung
Verschiedene Zeitabschnitte:			
Frühes 20. Jahrhundert 1890—1919	30	7	37
Zeit nach dem 1. Weltkrieg 1920—1944	16	8	24
Zeit nach dem 2. Weltkrieg 1945—1964	9	5	14
Art des Marktes:			
Privater Verbraucher	13	7	20
Industrieller Verbraucher	28	6	34
Entwicklungsgelder von:			
Privatindustrie	24	7	31
Regierung	12	7	19
Art der Innovation:			
Primäre Innovation	19	6	25
Sekundäre Innovation	18	8	26

Weltkrieg die Dauer der entsprechenden Entwicklungszeiten der Neuerungen angegeben. Man stellt eine Verkürzung der Zeitabstände für die einzelnen Perioden fest. An der weiteren Aufgliederung der Neuerungen nach dem Anwenderkreis, nach dem Ausgangspunkt der Entwicklung und nach der Art der Erneuerung stellt man fest, daß sich eine Neuerung für den praktischen Verbrauch doppelt so schnell bis zum Zeitpunkt der beginnenden wirtschaftlichen Nutzung durchsetzt wie eine Neuerung, die nur industrielle Anwender findet. Des weiteren, daß Neuerungen, die nicht staatlich gefördert sind, eine doppelt so lange Inkubationszeit haben wie staatlich geförderte. Die Inkubationsperiode ist unabhängig davon, ob eine Neuerung in einer bestehenden Industrie (sekundäre Innovation) oder in einer neu entstandenen Industrie (primäre Innovation) entwickelt wurde.

Aussagen über eine Verkürzung der Zeitabschnitte zwischen der Entdeckung bzw. Erfindung und der wirtschaftlichen Nutzung sollten eigentlich mit etwas mehr Skepsis aufgenommen werden. Es ist zwar sehr eindrucksvoll, wenn (wie in Bild 2) die Entwicklungsabschnitte über der Zeitachse aufgetragen werden und man dann eine abfallende Tendenz der betreffenden Zeitabschnitte im Zeitlauf erhält.

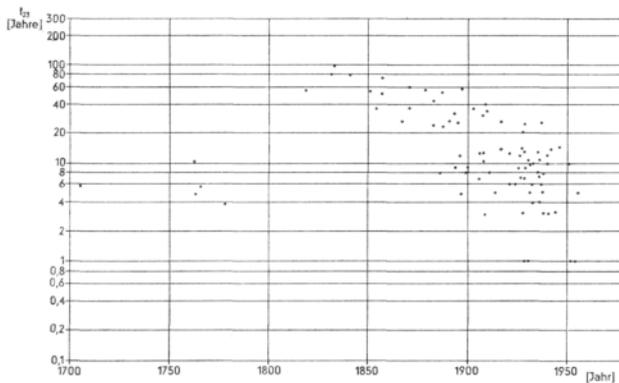


Bild 2: Dauer der Innovationsperiode t_{23} aufgetragen über der Zeitachse

Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß man logischerweise gerade in der jüngsten Vergangenheit nur solche Entwicklungen überhaupt erfassen kann, deren wirtschaftliche Nutzung bereits erfolgt ist. Die Zeitabstände zwischen Entdeckung bzw. Erfindung und wirtschaftlicher Nutzung müssen also schon aus diesem Grunde bei Entdeckungen oder Erfindungen, die in der Geschichte später erfolgten, kürzer sein. Entwicklungsabschnitte längerer Zeitdauer von Erfindungen und Entdeckungen, die bereits gemacht sind, die aber noch nicht wirtschaftlich genutzt werden, reichen über die Gegenwart in die nähere oder weitere Zukunft und können ja nicht bestimmt werden.

Trägt man nun die maximal mögliche Entwicklungsdauer der Erfindung bis zur wirtschaftlichen Nutzung über der Zeit auf, so erhält man die obere begrenzende Linie im Bild 3. Man sieht, es kann eigentlich nichts anderes festgestellt werden, als daß neuere Entdeckungen und Erfin-

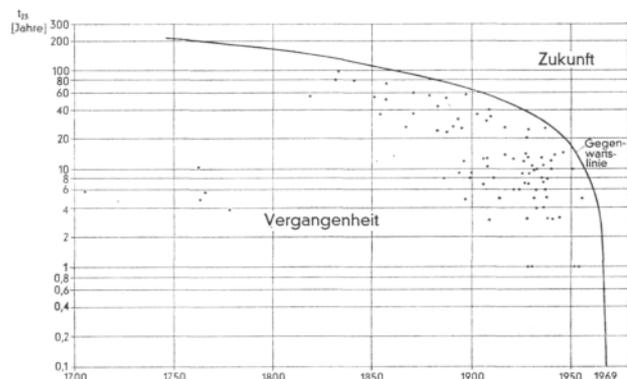


Bild 3: Dauer der Innovationsperiode t_{23} aufgetragen über der Zeitachse (mit Gegenwartslinie)

dungen viel schneller zum Erfolg führen als Erfindungen älteren Datums. Erfindungen, die längere Entwicklungszeiten benötigen, gehen über die Linie im Bild 3, die man als „Gegenwartslinie“ bezeichnen könnte, hinaus und liegen in der Zukunft. In den Bildern 2 und 3 repräsentiert jeder der 86 Punkte eine grundlegende Neuerung, deren Entwicklungsdauer von der Erfindung bzw. Entdeckung bis zur wirtschaftlichen Nutzung über dem Zeitpunkt der Entdeckung bzw. Erfindung aufgetragen ist. In der vertikalen Achse ist der logarithmische Maßstab gewählt worden, da sich die Entwicklungszeitabschnitte über zwei Zehnerpotenzen, nämlich von einem Jahr bis 100 Jahre erstrecken. Die Neuerungen, die in diesem Bild 3 erfaßt wurden, stammen aus den verschiedensten Gebieten der Technik. Es sind Neuerungen wie: Dampfmaschine, Automobil, Flugzeug, elektronische Datenverarbeitung, numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, integrierter Schaltkreis, verschiedene Kunststoffe, Vitamine, Penicillin, Kunstfasern, Halbleiter, Neuerungen in der Erdölindustrie usw. nach [10] [11] [12]. Eine Verkürzung der Innovationszeiten im Laufe der Zeit kann man höchstens aus der Verbreiterung des Punkthaufens in den Bildern 2 und 3 in der Zeit nach dem Jahre 1900 feststellen. Aber selbst dieser starke Trend zur Verkürzung der Innovationszeiten ist nicht mehr einwandfrei zu rechtfertigen, wenn man die Punkte auf der linken Hälfte des Bildes mit in Betracht zieht, die die Entwicklungsdauer von Erfindungen, die länger zurückliegen, darstellen. Es sind dies:

Die Dampfmaschine von *Newcomen*.

Erfinden: 1705; gebaut und auf den Markt gebracht 1711.

Innovationszeit: 6 Jahre.

Die „Spinning Jenny“
 Erfunden von *Hargreaves* 1765, allgemein eingeführt von *Hargreaves* 1770.
 Innovationszeit: 5 Jahre.

Die Spinnmaschine von *Highs*
 Erfunden 1767, eingeführt von *Arkwright* 1773
 Innovationszeit: 6 Jahre.

Die Mulemaschine (Spinnmaschine)
 Erfunden von *Crompton* 1779, allgemein gebaut 1783 von
 Textilmaschinenherstellern
 Innovationszeit: 4 Jahre.

Die Dampfmaschine von *Watt*
 Erfunden 1764, gebaut und vertrieben von *Boulton und Watt*
 1775
 Innovationszeit: 11 Jahre.

Man stellt also auch in der Vergangenheit für bedeutende Erfindungen kurze Innovationszeiten fest. Auch an die Einführung der Dampfisenbahn kann hier erinnert werden. Um das Jahr 1814 erfanden *Stevenson* und andere brauchbare Maschinen, die sich dann als Dampflokotiven schnell durchsetzten. Die Innovation kann man im Jahre 1828 als beendet betrachten. In diesem Jahre wurden bereits von mehreren Herstellern Dampflokotiven produziert, die sich in *Rainhill* ein Wettrennen lieferten. Die Innovationsperiode dauerte also etwa 14 Jahre.

2.1 Innovationen ohne Abschluß

Andererseits kann man feststellen, daß viele wichtige Erfindungen der Vergangenheit bis heute noch nicht zum Durchbruch kamen. Das sind also Neuerungen, deren Innovationsperioden erst in näherer oder weiterer Zukunft beendet sein werden, falls sich diese Neuerungen überhaupt durchsetzen sollten. Bei manchen der Neuerungen ist es schwierig festzustellen, ob der volle wirtschaftliche Durchbruch bereits erfolgt ist oder nicht. Das ist oft eine Ermessensfrage. Es soll auch weiter nicht untersucht werden, aus welchen Gründen die Innovationsperiode der Neuerungen noch nicht beendet ist.

Ohne Anspruch auf Vollzähligkeit ergibt sich eine Liste der Entwicklungen, die noch zu keinem endgültigen wirtschaftlichen Erfolg geführt haben. Es sind das zum Beispiel: die wirtschaftliche Anwendung der Supraleitung, der Suprafluidität, der Fotoelektrizität als Energiequelle, der Thermoelektrizität, der Peltierelemente, der Lasertechnik, der Holographie und der magnetischen Bearbeitungsverfahren; die direkte Energieumwandlung durch Brennstoffzellen, magneto-hydrodynamische Generatoren, Thermionik-konverter. Alle diese Verfahren und Techniken bauen auf physikalischen Effekten auf, die schon längere Zeit bekannt sind und die bereits zu Patenten, Modellen, Versuchsanordnungen und erfolversprechenden Probeläufen führten.

Angeführt seien noch auf dem Gebiet des Verkehrswesens: die Einschienenbahn, das Luftkis-

senfahrzeug, das Magnetschwebewerk für Fahrzeuge, die Gasturbine für Kraftfahrzeuge, der Bremskraftregler für Kraftfahrzeuge, automatisch gesteuerte Züge und Autos, der Stirlingmotor, die Kunststoffkarosserie und unter Umständen auch das Elektroauto.

In der Nachrichtentechnik und Nachrichtenverarbeitung wären herauszustellen: das Fernsehtelefon, natriumgefüllte Kabel, die automatisierte Diagnose in der Medizin; die Anwendung der Computer zur Sprachübersetzung, zur Zeichenerkennung und als Lehr- und Lernmaschinen, als Datenbanken, als Entscheidungshilfen.

Weiter sind zu erwähnen: die Müllverbrennung, die Meerwasserentsalzung, die Verwendung von Whiskerwerkstoffen und Cermets (Keramik — Metall — Verbundwerkstoffe), schnelle Kernreaktoren, die Hydroponik, die Elektroheizung von Gebäuden usw. Diese Liste könnte von Kennern verschiedenster Fachrichtungen noch beliebig ergänzt werden.

Diese Innovationen und eine Anzahl weiterer, nicht aufgeführter, bleiben bei den Untersuchungen über die Innovationsdauer unberücksichtigt. Würde man die Zeitdauer dieser Innovationen, falls sie überhaupt bestimmbar wäre, mit einbeziehen, so würde sich die Häufigkeitsverteilung der Zahl der Innovationen, die nach der Dauer der Innovationsperiode geordnet sind, wahrscheinlich in Richtung der längeren Zeiten verschieben.

Die Häufigkeitsverteilung der Innovationen nach der Dauer der Innovation — also des Zeitabschnitts von der Erfindung bis zur beginnenden Produktion — zeigen Bild 4 und 5. Es sind jeweils 86 Innovationen aus [10] [11] [12] erfaßt. Sie sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4
 Innovationszeiten bei Prozessen in der Erdölindustrie nach [11]

Prozeß	Zeitpunkt der		Innovationszeit (Jahre)
	Erfindung	Produktion	
Burton-Prozeß	1889	1913	24
Gas-Öl-Prozeß	1910	1913	3
Holmes-Manley-Prozeß	1909	1920	11
Dubbs-Prozeß	1909	1922	13
Kontinuierliches thermisches Cracken	1909	1922	13
Cross-Prozeß	1915	1920	5
Houdry-Prozeß	1927	1936	9
Fließbett-Prozeß	1929	1942	13
T.C.C.-Prozeß	1936	1944	8
T.C.C. and Houdriflow-Prozeß	1937	1950	13

Zu Tabelle 4
Innovationszeit verschiedener Produkte und Prozesse nach [11]

Produkt/Prozeß	Erfinder	Zeitpunkt der		Innovationszeit (Jahre)
		Erfindung	Produktion	
Rasierklinge	Gillette	1895	1904	9
Leuchtstofflampe	Bacquerel	1859	1938	79
Fernsehen	Zworykin	1919	1941	22
Drahtlose Telegraphie	Hertz	1889	1897	8
Funksprechtechnik	Fessenden	1900	1908	8
Triode	de Forest	1907	1914	7
Radio	de Forest	1912	1920	8
„Spinning Jenny“	Hargreaves	1765	1770	5
Spinnmaschine	Highs	1767	1773	6
Mulemaschine	Crompton	1779	1783	4
Dampfmaschine	Newcomen	1705	1711	6
Dampfmaschine	Watt	1764	1775	11
Kugelschreiber	I. J. Biro	1938	1944	6
Baumwollpflückmaschine	A. Campbell	1889	1942	53
Knitterfeste Gewebe	Mitarb. der Lee Comp.	1918	1932	14
DDT	Chemiker der Geigy	1939	1942	3
Elektrische Abscheidung	Sir O. Lodge	1884	1909	25
Freon-Kühlmittel	T. Midgley, Jr., and A. L. Henne	1930	1931	1
Kreiselkompaß	Foucault	1852	1908	56
Gehärtete Fette	W. Normann	1901	1909	8
Düsentriebwerk	Sir F. Whittle	1929	1943	14
Turbo-Düsentriebwerk	H. von Ohain	1934	1944	10
Langspielplatte	P. Goldmark	1945	1948	3
Magnettonaufnahme	V. Poulsen	1898	1903	5
Plexiglas	W. Chalmers	1929	1932	3
Nylon	W. H. Carothers	1928	1939	11
Servosteuerung	H. Vickers	1925	1931	6
Radar	Marconi; A. H. Taylor and L. Young	1922	1935	13
„Automatische“ Uhren	J. Harwood	1922	1928	6
Croningverfahren	J. Croning	1941	1944	3
Streptomycin	S. A. Waksman	1939	1944	5
Terylene	J. R. Whinfield			
	J. T. Dickson	1941	1953	12
Titanreduktion	W. J. Kroll	1937	1944	7
Xerographie	C. Carlson	1937	1950	13
Reißverschluß	W. L. Judson	1891	1918	27

Bild 4 zeigt die Häufigkeitsverteilung, Bild 5 die Summenkurve. Man ersieht daraus, daß rund 50 v. H. der Innovationen eine Innovationszeit von ein bis zehn Jahren haben und 90 v. H. der Innovationen nicht länger als 50 Jahre bis zum wirtschaftlichen Durchbruch benötigen. (Die Dauer der Innovationszeit, wie sie in [10] [11] [12] festgelegt wurde, entspricht etwa der Dauer der Phase 3, die im Abschnitt 1.6.3 erläutert wurde.)

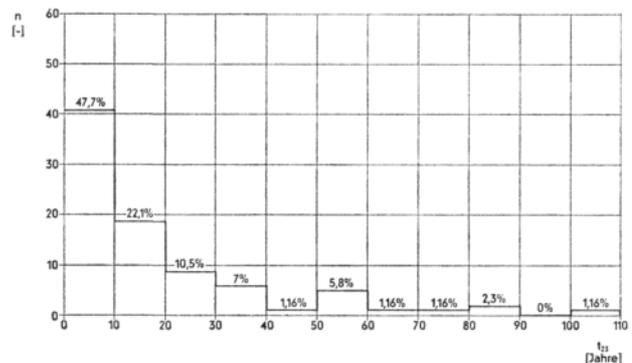


Bild 4: Verteilungsfunktion der Dauer der Innovationsperioden t_{23} technischer Neuerungen des 18., 19. und 20. Jahrhunderts. Quellen [10] [11] [12]

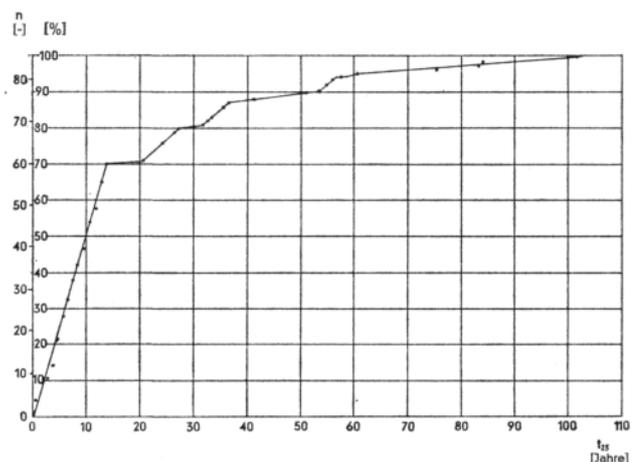


Bild 5: Summenhäufigkeit der Dauer der Innovationsperioden t_{23} technischer Neuerungen des 18., 19. und 20. Jahrhunderts. Quellen [10] [11] [12]

Die 86 Innovationen sind, wie Tabelle 4 zeigt, älteren und neueren Datums. Die Häufigkeitsverteilung berücksichtigt natürlich noch nicht die Entwicklungen, die sich aus jüngsten Erfindungen ergeben und deren Innovationsperioden noch nicht abgeschlossen sind. Es könnte sein, daß sich dadurch die Häufigkeitsverteilung etwas in Richtung der längeren Zeiten verschiebt. Leider ist es andererseits auch nicht möglich, aus einer Häufigkeitsverteilung der Innovationsperioden vor zum Beispiel 50 Jahren, eine quasi ideale Häufigkeitsverteilung zu bestimmen, bei der die längeren Innovationszeiten nicht durch die Ge-

Zu Tabelle 4

Innovationsperiode für verschiedene Prozesse und Produkte nach [10]

Produkt/Prozeß	Erfindung/ Beginn der technischen Entwicklung	Pro- duk- tion	Inno- vations- zeit (Jahre)
Aluminium	1855	1892	37
Autotransport	1868	1895	27
Lufttransport	1897	1911	14
Kunstharze	1858	1910	52
Rundfunk	1896	1922	26
Vakuum-Röhre	1907	1920	13
Tiefkühlkost	1842	1925	83
Vitamine	1913	1937	24
Synthetischer Kautschuk	1909	1940	31
Fernsehfunk	1911	1945	34
Synthetische Fasern	1930	1939	9
Titan	1910	1950	40
Antibiotika	1928	1940	12
Elektronische Rechenanlagen	1929	1950	21
Halbleiter	1941	1951	10
Numerische Steuerung	1930	1955	25
Synthetisches Leder	1938	1964	26
Erzeugung von Kernenergie	1943	1957	14
Gefriergetrocknete Lebensmittel	1951	1961	10
Integrierte Schaltkreise	1956	1961	5

genwartslinie abgeschnitten sind, da zu wenig historische Informationen vorliegen und Innovationen mit kurzen Innovationsperioden heute teilweise nicht mehr bekannt sind.

2.2 Zunahme der Zahl der Innovationen

Es ist jedoch offensichtlich, daß die Zahl der Neuerungen mit der Zeit zunimmt. Das läßt sich klar ableiten, wenn man bedenkt, daß eine Neuentwicklung mehrere andere Entwicklungen wiederum auslöst, von denen sich manche allerdings als Sackgassen erweisen, einige aber zu Erfolgen führen und dann wiederum weitere Entwicklungen auslösen.

Man kann folgendes annehmen: Die Entwicklung verläuft ähnlich einer Kettenreaktion. Ruft jede Entwicklung wiederum eine oder mehrere neue Entwicklungen hervor, so kommt der Vorgang nicht zum Abschluß. Ergibt sich aus einer Entwicklung im Durchschnitt weniger als eine Neuentwicklung, so kommt der Vorgang der Bildung

neuer Entwicklungen, ebenso wie die Kettenreaktion, zum Erliegen. Weiterhin wird vorausgesetzt, daß der Prozeß generationenweise abläuft. Das heißt, daß das Ende der ersten Generation den Beginn der zweiten Generation darstellt. Man kann dann die Beziehung aufstellen

$$Z_t = Z_0 a^{G/g}$$

Zu Tabelle 4

Aufstellung der wichtigsten Thermoplaste nach [12]

Produkt	Abkürzung nach DIN 7728	Zeitpunkt der		Innovationszeit (Jahre)
		Entwicklung	Produktion	
Polyvinylchlorid	PVC	1872	1934	62
Polystyrol und deren Mischpolymerisate durch Zusatz von Butadien	PS	1929 1933	1936 1939	7 6
Acrylnitril	SB	1937	1941	4
Acrylnitril und Butadien	SAN	1937	1941	4
	ABS	1937	1948	11
Polyolefine:				
Polypropylen	PP	1954	1955	1
Hochdruck-Polyäthylen	PE	1931	1942	11
Niederdruck-Polyäthylen	PE	1953	1954	1
Polymethylmethacrylat	PMMA	1880	1936	56
Celluloseacetat	CA	1894	1927	33
Celluloseacetobutyrat	CAB	o. A.	1938	
Polyamid, Nylon	PA	1933	1937	4
Polyacetal, Polyoxymethylen	POM	1947	1959	12
Polycarbonat	PC	1898	1957	59
Polytetrafluoräthylen	PTFE	1938	1945	7
Polyphenylenoxid	(PPO)	o. A.	1964	
Polysulfone		o. A.	1965	

Zu Tabelle 4

Die technisch wichtigsten Elastomere nach [12]

Produkt	Abkürzung nach DIN 7728	Zeitpunkt der		Innovationszeit (Jahre)
		Entwicklung	Produktion	
Styrolkautschuk, Buna		1932	1937	5
Chloroprenpolymerisate, z. B. Neoprene		1931	1932	1
Polyurethan-Elastomere, z. B. Vulkollan	PUR	o. A.	1946	

Zu Tabelle 4

Die technisch wichtigsten Duroplaste nach [12]

Produkt	Abkürzung nach DIN 7728	Zeitpunkt der		Innovationszeit (Jahre)
		Entwicklung	Produktion	
Phenolformaldehyd (Phenolharz)	PF	1872	1909	37
Melaminformaldehyd (Melaminharz)	MF	1834	1935	101
Harnstoff-Formaldehyd (Harnstoffharz)	UF	1884	1928	44
Ungesättigtes Polyester-Harz	UP	1932	1942	10
Epoxidharz	EP	1939	1947	8
Silikonharz	SI	1904	1940	36
Polyurethan (vernetzendes)	PUR	1937	1941	4

Hierin bedeuten:

Z_t die Zahl der Entwicklungen, Entdeckungen, Erfindungen, Innovationen usw. zum Zeitpunkt t

Z_0 die Zahl der Entwicklungen, Entdeckungen, Erfindungen, Innovationen usw. zum Zeitpunkt 0

a ein Vermehrungsfaktor, der, ähnlich der Wachstumsrate in der Bevölkerungslehre, die Zahl der Neuentwicklungen angibt, die einer abgeschlossenen Entwicklung folgen. (Die „Sterberate“ von Entwicklungen ist unbekannt und nicht

erfaßbar. Der Vermehrungsfaktor ist als Differenz zwischen der „Geburtenrate“ und der „Sterberate“, als Geburtenüberschuß, zu verstehen.)

G die Zeitdauer vom Zeitpunkt 0 bis zum Zeitpunkt t

g der Zeitabschnitt, der eine Generationsfolge umfaßt, also zum Beispiel die Innovationsperiode.

In der folgenden Tabelle 5 ist mit Hilfe obiger Formel der Vermehrungsfaktor a für

$$Z/Z_0 = 2$$

für verschiedene Werte der Zeitdauer g (Innovationsperiode) und der Zeitdauer G (Gesamtdauer) berechnet. Die Gesamtdauer G stellt also dann die Zeit dar, in der sich die Zahl der Innovationen verdoppelt. Nimmt man zum Beispiel an, daß in 50 Jahren etwa doppelt soviel Innovationen wie heute auftreten, und rechnet man mit einer mittleren Innovationsperiode nach Bild 4 von 20 Jahren, so müßten im Durchschnitt aus einer Entwicklung 1,32 neue Entwicklungen entstehen. Oder in ganzen Zahlen ausgedrückt: drei Entwicklungen führen zu etwa vier neuen Entwicklungen.

Die Tabelle 5 erlaubt ungefähr den Bereich abzuschätzen, in dem wir uns zur Zeit bewegen. Es wäre zum Beispiel unrealistisch anzunehmen, daß der Vermehrungsfaktor größer als 2 sei, denn dann hätte man ein lawinenartiges Anwachsen der Neuerungen. Wie die vorhergehenden Feststellungen zeigten, benötigten etwa 90 v. H. der Innovationen weniger als 50 Jahre bis zum

Tabelle 5 Vermehrungsfaktor a bei unterschiedlicher Dauer der Innovationsperiode

Vermehrungsfaktor: Zahl der Neuentwicklungen je abgeschlossener Entwicklung

		Zeitdauer g (Jahre) der Innovationsperiode										
		1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Zeitdauer G (Jahre) für eine Verdoppelung der Innovationen $\left(\frac{Z}{Z_0} = 2\right)$	5	1,142	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
	10	1,072	1,41	2	2,83	4	5,7	8	11,4	16	22,6	32
	15	1,047	1,26	1,59	2	2,5	3,17	4	5	6,35	8	10
	20	1,035	1,19	1,41	1,68	2	2,38	2,83	3,36	4	4,75	5,65
	25	1,028	1,15	1,32	1,52	1,74	2	2,3	2,65	3	3,5	4
	30	1,023	1,12	1,26	1,41	1,59	1,78	2	2,24	2,5	2,83	3,17
	35	1,020	1,10	1,22	1,35	1,485	1,64	1,81	2	2,2	2,44	2,7
	40	1,0175	1,09	1,19	1,3	1,41	1,54	1,68	1,83	2	2,18	2,38
	45	1,0155	1,08	1,17	1,26	1,36	1,47	1,59	1,71	1,85	2	2,16
	50	1,014	1,07	1,15	1,23	1,32	1,41	1,52	1,63	1,74	1,87	2
	60	1,0116	1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,41	1,50	1,59	1,68	1,78
	70	1,0095	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,35	1,41	1,485	1,56	1,64
	80	1,0087	1,044	1,09	1,14	1,19	1,24	1,3	1,35	1,41	1,48	1,54
	90	1,0077	1,039	1,08	1,12	1,17	1,21	1,26	1,31	1,36	1,41	1,47
	100	1,007	1,035	1,07	1,115	1,15	1,19	1,23	1,275	1,32	1,37	1,41

Tabelle 6 Jährliche Innovationsrate in den USA nach [13] und daraus errechnete Vermehrungsfaktoren

	Innovationsrate [—]		Vermehrungsfaktor a für die Dauer einer Innovationsperiode von							
	1961-65	1966-69*)	1 Jahr		5 Jahren		10 Jahren		20 Jahren	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Autos, Lastkraftwagen und Zubehör	0,025	0,055	1,025	1,055	1,131	1,307	1,258	1,708	1,639	2,917
Weltraumfahrt	0,085	0,100	1,085	1,100	1,504	1,611	2,261	2,594	5,112	6,727
andere Transporteinrichtungen (Schiffs- und Eisenbahnausrüstung)	0,085	0,058	1,085	1,058	1,504	1,326	2,261	1,757	5,112	3,088
Elektromaschinenbau	0,055	0,060	1,055	1,060	1,307	1,338	1,708	1,791	2,918	3,207
sonstiger Maschinenbau	0,058	0,058	1,058	1,058	1,326	1,326	1,757	1,757	3,088	3,088
Chemikalien	0,040	0,045	1,040	1,045	1,217	1,246	1,480	1,553	2,191	2,412
Steine, Erden und Glas	0,033	0,043	1,033	1,043	1,176	1,234	1,383	1,524	1,914	2,321
Metallwaren und Geräte	0,045	0,043	1,045	1,043	1,246	1,234	1,553	1,524	2,413	2,321
Textilien	0,033	0,033	1,033	1,033	1,176	1,176	1,383	1,383	1,914	1,914
Nahrung und Getränke	0,030	0,028	1,030	1,028	1,159	1,148	1,344	1,318	1,806	1,737
Papier und Holzschliff	0,025	0,018	1,025	1,018	1,131	1,093	1,280	1,195	1,639	1,429
Nicht-Eisenmetalle	0,023	0,023	1,023	1,023	1,120	1,120	1,255	1,255	1,576	1,576
Erdöl- und Kohleprodukte	0,015	0,013	1,015	1,013	1,077	1,067	1,161	1,138	1,347	1,295
Gummi	0,015	0,010	1,015	1,010	1,077	1,051	1,161	1,105	1,346	1,220
sonstige Industrien	0,023	0,015	1,023	1,015	1,120	1,077	1,255	1,161	1,576	1,347
gesamte US-Industrie	0,035	0,0375	1,035	1,0375	1,188	1,202	1,411	1,445	1,990	2,088

*) geplant

wirtschaftlichen Durchbruch. Für die durchschnittliche Innovationsperiode von etwa 20 Jahren dürfte der Vermehrungsfaktor a zwischen 1,74 bei besonders fruchtbaren Entwicklungen und 1,15 bei weniger fruchtbaren Entwicklungen liegen. Bei letzteren kann man vermuten, daß sich die Zahl der Innovationen in 100 Jahren verdoppelt. Es kann angenommen werden, daß sich der Vermehrungsfaktor der heutigen technischen Entwicklung in dem Bereich der Tabelle 5 bewegt, der unterhalb der Diagonale liegt, die durch die Felder mit dem Vermehrungsfaktor 2 gebildet wird, also zwischen den Werten 1 und 2. Unter 1 dürfte der Vermehrungsfaktor nicht sinken, da dann unterstellt werden müßte, daß mehr Entwicklungen absterben, als neue gebildet werden.

Als Ergänzung hierzu seien die jährlichen Innovationsraten in den USA nach [13] in Tabelle 6 angegeben. Ein direkter Vergleich mit den a-Werten der Tabelle 5 ist nicht ohne weiteres möglich, da die Innovationsraten keinen Aufschluß über die Dauer der Innovationsperioden geben. Man könnte für den Vergleich eine fiktive Innovationsperiode von einem Jahr annehmen, was zweifellos nicht der Wirklichkeit entspricht, erhielte dann aber Werte, die sich mit den Werten in der Tabelle 5, Spalte 1, vergleichen lassen.

Die Innovationsrate nach Tabelle 6 ist das Verhältnis der neuen und neuartigen Waren auf

dem Markt, bezogen auf die Gesamtheit der bereits vorhandenen Waren auf dem Markt, gemessen an den Preisen der Waren. Man errechnet den fiktiven a-Wert für die Innovationsperiode von einem Jahr, indem man zu der Innovationsrate den Wert 1 hinzuzählt. Bei der Umrechnung wurde vorausgesetzt, daß sich die Innovationen nur innerhalb eines Wirtschaftszweiges vermehren, und es wurde nicht in Rechnung gestellt, daß Innovationen neue Wirtschaftszweige hervorbringen und daß Innovationsketten auch zwischen den Sektoren ablaufen. Für die geplanten Innovationsraten in den USA nach Tabelle 6, für 1966 bis 1969, von 0,01 (1 v. H.) in der Gummiindustrie und von 0,1 (10 v. H.) in der Weltraumfahrt, liegen die Vermehrungsfaktoren für eine 10jährige Innovationsperiode zwischen etwa 1,1 und 2,6, für eine 20jährige Innovationsperiode zwischen etwa 1,2 und 6,7. Das würde bedeuten, daß zum Beispiel in der Gummiindustrie bei einer Innovationsperiode von 10 Jahren aus einer Entwicklung 1,1 neue Entwicklungen, in der Weltraumfahrt bei einer Innovationszeit von 10 Jahren aus einer Entwicklung 2,6 Entwicklungen neu entstehen würden. Bei einer Innovationsperiode von 20 Jahren würden in der Gummiindustrie aus einer Entwicklung 1,2 neue Entwicklungen entstehen, in der Weltraumfahrt, bei der man allerdings nicht so lange Innovationsperioden von 20 Jahren annehmen kann, würden aus einer Entwicklung 6,7 andere erwachsen.

Die Tabelle 6 bestätigt, daß es im großen ganzen nicht unrealistisch ist, anzunehmen, daß aus einer Entwicklung höchstens zwei neue Entwicklungen entstehen. Dort, wo der Vermehrungsfaktor größer als 2 ist, wäre die Innovationsperiode bei entsprechend hoher Innovationsrate zu lang. Aus der Erfahrung heraus könnte man annehmen, daß die Innovationsperiode um so kürzer ist, je höher die Innovationsrate bzw. der Vermehrungsfaktor sind.

Die Vermehrungsfaktoren in Tabelle 6 wurden für bestimmte Innovationsperioden unter der Voraussetzung ermittelt, daß jedes neue Produkt, das auf den Markt kommt, auch eine Innovation im definierten Sinne ist. Da die Innovationsrate in Werten gemessen wird, liegt der daraus errechnete Vermehrungsfaktor höher als in Wirklichkeit, da man im allgemeinen annehmen kann, daß Waren, die neu auf den Markt kommen, zunächst höhere Preise haben und dann infolge der weiteren Verbesserung der Herstellungsmethoden und der Vergrößerung der Stückzahlen in den Preisen nachgeben.

Es wäre reizvoll, die Analogie zwischen dem Wachstum der Bevölkerung und dem Wachstum der Technik, die bereits durch die Erwähnung der Ausdrücke Geburten- und Sterberate angedeutet wurde, fortzuführen. Der Innovationsdauer entspricht die Dauer einer Generation, dem Vermehrungsfaktor a der Geburtenüberschuß. Würde jede Entwicklung wieder neue lebensfähige Entwicklungen zeugen, so gäbe es auch eine Explosion der technischen Entwicklung, entsprechend der Bevölkerungsexplosion.

Allerdings zeigt die wirtschaftliche und technische Entwicklung, daß eine mehr oder weniger freiwillige „Geburtenbeschränkung“ technischer Neuerungen praktiziert wird. Wirtschaftlichkeitsüberlegungen und Überlegungen der wirtschaftspolitischen und politischen Opportunität verhindern, daß alle gezeugten Ideen zu marktfähigen Produkten heranwachsen.

2.3 Verkürzung der Innovationsperioden

Wenn die These einiger Autoren zuträfe, daß sich die Innovationsperioden „immens“²⁾ verkürzen (was allerdings durch die Bilder 2, 3 und 6 nicht vollkommen bestätigt wird), dann gäbe es nicht nur eine enorme Vermehrung während einer Generation durch den Geburtenüberschuß in der technischen Entwicklung, sondern sogar eine zusätzliche Vermehrung durch die Verkürzung der Dauer der Generationen, die natürlich stärker abnehmen kann als die Generationsdauer in der Bevölkerungslehre, der natürliche Grenzen gesetzt sind.

²⁾ Der Ausdruck „immens“ dürfte dann eher zutreffen, wenn „immens“ im wörtlichen Sinne von „un-meßbar“ angewendet wird. Aber diese Deutung dürfte nicht im Sinne der Autoren sein, die über Zukunftsprobleme schreiben.

Besteht eine Möglichkeit, eine Verkürzung der Dauer der Generationen technischer Neuerungen, also der Innovationsperioden, festzustellen? Wie bereits erwähnt, ergibt sich mit einer gewissen Zwangsläufigkeit eine Verkürzung der Innovationsperioden, je näher der Beginn der Entwicklung an die Gegenwart heranrückt. Durch diese scheinbare Verkürzung wird die tatsächliche

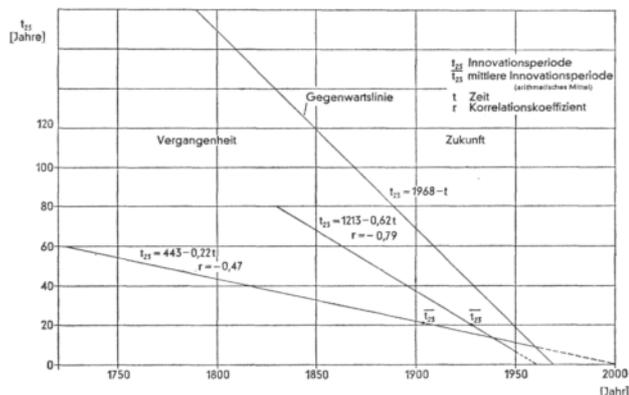


Bild 6: Regressionsgerade für die Abnahme der Dauer der Innovationsperiode t_{23} mit der Zeit

che Verkürzung, die auf das höhere technische Niveau, die höhere Produktivität und sonstige Bestimmungsgründe unseres technischen Zeitalters zurückzuführen ist, überbetont und überbewertet. Es ist schwierig festzustellen, wie schnell sich Innovationsperioden mit der Zeit verkürzen. Man kann sich gedanklich vorstellen, daß es zu jeder Zeit längere und kürzere Innovationsperioden gab. Die Häufigkeitsverteilungen der Innovationen verschiedener Dauer zu verschiedenen Zeiten sind unbekannt. Je näher man mit der Analyse von Innovationsperioden in die Gegenwart rückt, desto mehr wird von dieser Häufigkeitsverteilung durch die Gegenwartslinie abgeschnitten. Wie groß der Einfluß der nicht berücksichtigten Teile der Häufigkeitsverteilung ist, kann man nicht sagen. Man weiß nur, daß Aussagen, die eine Verkürzung der Innovationsperioden feststellen, um so unsicherer werden, je näher man von der älteren Vergangenheit in die jüngere Vergangenheit und die Gegenwart rückt; denn desto mehr schneidet die Gegenwartslinie diejenigen Innovationen ab, deren Innovationsperiode über die Gegenwart hinausreicht. Das sind gerade bei den jüngsten Erfindungen und Entdeckungen auch die relativ kurzen Zeiten. Eine wirkliche Verkürzung der Innovationsperioden ist nur dann eindeutig konstatierbar, wenn sich die Häufigkeitsverteilung der Innovationsperioden für einen bestimmten Zeitabschnitt in Richtung der kürzeren Innovationsperioden verschiebt. Das ist dann der Fall, wenn man annimmt, daß Innovationen mit kurzer Innovationsperiode wieder Innovationen auslösen, die ebenfalls kurze Innovationsperioden haben.

Über die aufgeführten Schwierigkeiten und Unsicherheiten muß man sich im klaren sein, wenn man, wie im folgenden ausgeführt, Innovationsperioden analysiert. In Bild 6 sind die Regressionsgeraden für die Punkte nach Bild 2 bzw. Bild 3 dargestellt. In Bild 6 erschienen die Regressionsgeraden auch als Geraden, während sie in den Bildern 2 und 3 wegen der logarithmischen Teilung der Ordinate als gekrümmte Linien auftreten würden. Auf der Gegenwartslinie liegen alle diejenigen Entwicklungen, die zur Zeit abgeschlossen wurden. Die Gegenwartslinie ist also eine Linie, die die maximale Zeitdauer derjenigen Innovationen beschreibt, die bis zum Zeitpunkt der Erfassung abgeschlossen sind. Die Gegenwartslinie schneidet die Zeitachse zum gegenwärtigen Zeitpunkt (1969). Die Gleichung dieser Linie würde lauten

$$t_{23} = 1968 - t$$

worin t_{23} die Innovationsperiode und t die Zeit bedeuten. (Für t wird das Jahr des Beginns der Innovationsperiode im analysierten Bereich eingesetzt.) Untersucht man nun die Abnahme der Innovationszeit mit der Zeit, zum Beispiel durch Ermittlung der Regressionsgeraden für die Innovationsperioden nach Bild 2, so erhält man die Gleichung

$$t_{23} = 443 - 0,22 t$$

Selbstverständlich ist der Zusammenhang zwischen der Abnahme der Innovationsperiode und der Zeit nicht linear, denn sonst würde, wie die Extrapolation der Geraden zeigt, im Jahre 2000 die Innovationsperiode null Jahre sein, das heißt, jedes Produkt wäre, sobald es erfunden ist, schon auf dem Markt. Die Innovationsperiode wird einem Grenzwert zustreben, dessen Bestimmung Gegenstand späterer Untersuchungen sein wird. Zur ersten Analyse wurde wegen des geringeren Rechenaufwandes nur die Annäherung der Abhängigkeit an eine Gerade gewählt.

Die Gerade verläuft relativ flach, denn es werden die kurzen Innovationsperioden derjenigen Erfindungen berücksichtigt, die vor dem Jahre 1830 lagen und die bereits im Abschnitt 2. angeführt wurden. Wie stark diese Punkte in die Rechnung eingehen, zeigt eine weitere Gerade, die diese Punkte unberücksichtigt läßt. Die Gleichung dieser Geraden lautet

$$t_{23} = 1213 - 0,62 t$$

Sie fällt viel steiler ab und liegt in ihrem Gefälle etwa zwischen der ursprünglichen Regressionsgeraden und der Gegenwartslinie.

In Bild 6 sind zwei verschiedene Analysenmerkmale zu unterscheiden. Zunächst kann man die Abnahme der Innovationsdauer mit der Zeit betrachten. Diese Abnahme entspricht dem Gefälle der Geraden. Die Abnahme der Innovationszeit

mit der Zeit ist selbstverständlich kein allein aussagekräftiges Maß für die technische Entwicklung, denn wie Bild 6 zeigt, ist die stärkste Abnahme der Innovationsdauer bei linearer Regression dann gegeben, wenn die Endpunkte der Innovationszeiten auf der Gegenwartslinie liegen, das heißt, die stärkste Abnahme der Innovationsperioden wäre dann gegeben, wenn alle wichtigen Erfindungen erst zum gegenwärtigen Zeitpunkt zum Durchbruch kämen bzw. produktionsreif wären. Das ist ein höchst unrealistischer und konstruierter Fall, bei dem im Grunde genommen eine sprunghafte, plötzlich einsetzende und ebenso plötzlich beendete Entwicklung auftreten würde. Es müßten ja dann zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Dampfmaschine, die Eisenbahn, das Flugzeug, das Radio, das Telefon, die Kunststoffe usw. produktionsreif werden und den Siegeszug auf der Welt beginnen.

Es handelt sich also nicht nur um die relative Verkürzung der Innovationszeiten an sich, sondern auch um den Unterschied zwischen maximal möglicher bzw. maximal erfaßbarer Innovationsdauer vom Zeitpunkt der Erfindung bis zur Gegenwartslinie und der wirklichen Innovationsdauer vom Zeitpunkt der Erfindung bis zum Zeitpunkt der Produktionsreife, der in der Vergangenheit liegt. In Bild 6 ist das der senkrechte Abstand zwischen den Regressionsgeraden 1 bzw. 2 und der Gegenwartslinie. In der allgemeinen Diskussion um die Beschleunigung der technischen Entwicklung wird dann meist gefühlsmäßig über die Gegenwart hinaus ein Zeitpunkt in der Zukunft festgelegt, zu dem die Innovationsperiode abgeschlossen wäre, wenn nicht die zur Zeit vorhandenen wirtschaftlichen und technischen Gegebenheiten existieren würden.

Diese Betrachtungsweise, nicht die Dauer der Innovationsperiode selbst zu nehmen, sondern die Zeitdauer vom Ende der Innovation bis zur Gegenwart, entspricht der menschlichen Denkweise. Der Unterschied zwischen Innovationsperioden, von zum Beispiel 5 und 10 Jahren, die vor 200 Jahren durchlaufen wurden, wird nicht so kraß wahrgenommen wie bei zwei Innovationsperioden von 5 und 10 Jahren, deren Beginn 20 Jahre zurück liegt. Im historischen Fall vor 200 Jahren ist das Verhältnis der Zeitabschnitte vom Ende der Innovation $190/195$, also nahezu 1, während es für die erst beendeten $10/15 = 2/3$ ist.

Da sich die Gegenwartslinie mit der Zeit parallel verschiebt, sind die Relationen der Abschnitte von der Regressionsgeraden bzw. von der Zeitachse bis zur Gegenwartslinie veränderlich. Sie streben im Grenzwert gegen den Wert 1. Konstante Relationen erhält man jedoch, wenn man die Dauer der Innovationsperiode selbst betrachtet. Aus Bild 6 lassen sich keine weitgehenden

und allgemein gültigen Schlüsse ziehen, die Aussagen über künftige Entwicklungen erlauben. Hierzu sind die vorliegenden Werte noch zu wenig zahlreich und zum Teil auch zu wenig spezifiziert. Es können naturgemäß nur diejenigen Innovationen betrachtet werden, deren Innovationsperioden zufällig von Fachleuten des betreffenden Gebietes festgestellt wurden. Die Auswahl ist daher ziemlich willkürlich und dem Zufall überlassen.

In den nun folgenden Abschnitten wird versucht, Zusammenhänge zwischen den Phasen der Entwicklung, die vor der Innovationsperiode liegen, der Innovationsperiode selbst und der gesamten Entwicklungszeit von der ersten Idee, dem grundlegenden Gedanken, der grundlegenden Erfindung oder Entdeckung bis zur Produktionsreife zu finden. Hierzu wird auf das bereits in Abschnitt 1.6 aufgeführte Unterteilungsschema und auf die Tabelle 1 zurückgegriffen werden.

3. Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Entwicklungsphasen

In Tabelle 1 wurden 40 technische Neuerungen aufgeführt. Die Darstellung in Bild 7 gibt den Sachverhalt der Tabelle 1 wieder. Über der Zeitachse sind die Entwicklungsabschnitte jeder technischen Neuerung parallel zur Zeitachse aufgetragen. Die Darstellung zeigt vielleicht deutlicher als die Bilder 2 und 3 die Begrenzung der feststellbaren Entwicklungsdauer durch die Gegenwartslinie, die hier als Senkrechte über dem

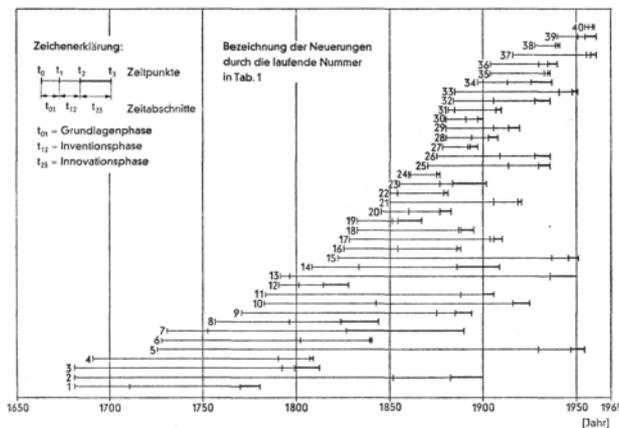


Bild 7: Darstellung der Entwicklungsphasen technischer Neuerungen

Jahr 1969 eingezeichnet ist. Diese Darstellung läßt noch keinen offenbaren Zusammenhang zwischen den einzelnen Entwicklungsabschnitten und der gesamten Entwicklungsdauer einer Neuerung erkennen. Die Entwicklungen werden wesentlich von technischen, wirtschaftlichen und sozialen Faktoren beeinflusst, die im einzelnen als nicht bestimmbar angesehen werden. Es wird

trotzdem der Versuch gemacht, Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge zu finden.

Eine einfache Möglichkeit, die Zusammenhänge zu prüfen, bietet zunächst die Berechnung der Korrelationskoeffizienten nach *Pearson-Bravais* und die Berechnung der linearen Regression.

Setzt man voraus, daß die Schwankungen der Werte der Variablen einer Normalverteilung folgen, so kann bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5$ v. H. und einem Freiheitsgrad von $f = 38$ mit einer Signifikanzgrenze für stochastische lineare Verbundenheit der Variablen von

$$r = 0,31$$

gerechnet werden.

Der Freiheitsgrad f wird aus dem Wertevorrat von $n = 40$ Werten nach der Formel

$$f = n - 2$$

ermittelt. (Ausführliche Berechnung der Signifikanzgrenze zum Beispiel nach [14].)

Wird dieser Wert bei der Berechnung der Korrelationskoeffizienten in den Untersuchungen unter den obengenannten Bedingungen erreicht oder überschritten, dann besteht, mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 v. H., eine Abhängigkeit der beiden Variablen.

Die Gleichung der Regressionsgeraden für diese Untersuchung lautet in ihrer allgemeinen Form:

$$t_{ij} = A + B t_G$$

Darin bedeuten:

$$t_G = \text{Gesamtentwicklungszeit}$$

$$t_{ij} = t_{01} \text{ Zeitdauer der Phase 1}$$

$$t_{ij} = t_{12} \text{ Zeitdauer der Phase 2}$$

$$t_{ij} = t_{23} \text{ Zeitdauer der Phase 3}$$

3.1 Die Grundlagenphase

$$t_{01} = f(t_G)$$

Aus den Werten, die in Bild 8 über der Gesamtzeit aufgetragen wurden, ergeben sich für die lineare Regressionsfunktion die Werte der Konstanten

$$A = - 5,4$$

$$B = + 0,68$$

so daß die allgemeine Gleichung die Form

$$t_{01} = - 5,4 + 0,68 t_G$$

annimmt. Der zugehörige Korrelationskoeffizient läßt mit

$$r = 0,8$$

einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Gesamtentwicklungszeit und der Zeitdauer der Phase 1 erkennen.

Die Regressionsgerade in Bild 8 zeigt, daß bei langfristigen Entwicklungen unter Vernachlässigung der Konstanten A mit einem Zeitanteil der Grundlagenphase von etwa 70 v. H. zu rechnen ist. Erst bei einer Gesamtentwicklungsdauer von 30 Jahren sinkt der Anteil der ersten Phase auf

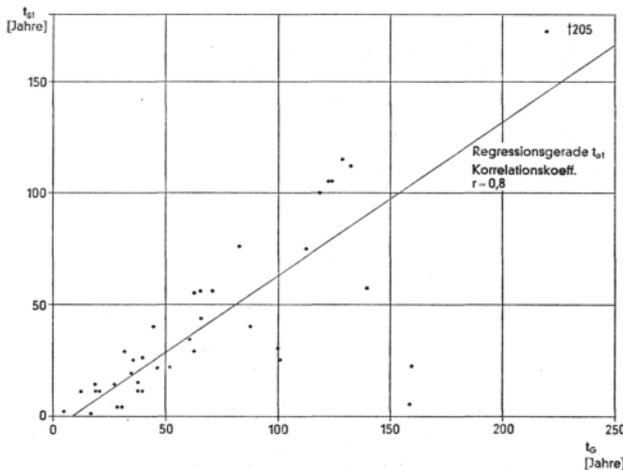


Bild 8: Zusammenhang zwischen der Grundlagenphase t_{01} (Phase 1) und der Gesamtentwicklungsdauer t_G

die 50-v. H.-Grenze, und bei Entwicklungen von weniger als 15 Jahren kann der Anteil der Phase 1 geringer als 33 v. H. angesetzt werden.

Etwa in diesem Bereich wird die Regressionsfunktion vom linearen Verlauf abweichen, da aufgrund der Definition der Entwicklungsphase diese zwar sehr klein, niemals aber negativ werden kann.

3.2 Innovationsphase

$$t_{12} = f(t_G)$$

Aus den Zeitabschnitten der Innovationsphase t_{12} errechnen sich die Konstanten für die Regressionsgerade zu

$$\begin{aligned} A &= + 2,45 \\ B &= + 0,25 \end{aligned}$$

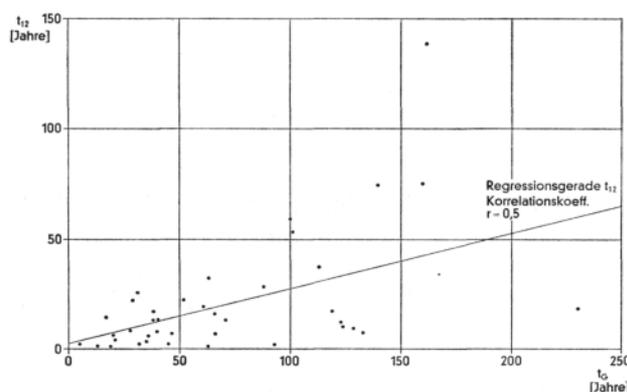


Bild 9: Zusammenhang zwischen der Innovationsphase t_{12} (Phase 2) und der Gesamtentwicklungsdauer t_G

Die Gleichung der in Bild 9 dargestellten Regressionsgeraden für die Innovationsphase lautet damit

$$t_{12} = 2,45 + 0,25 t_G$$

Der für diesen Fall ermittelte Korrelationskoeffizient $r = 0,5$ läßt die Abhängigkeit der Zusammenhänge zwar schwächer erscheinen als bei der Grundlagenphase, jedoch ist er immer noch größer als die Signifikanzgrenze ($r = 0,31$).

Der Zeitanteil von 25 v. H. an der Gesamtzeit für die Innovationsphase steigt bei Gesamtentwicklungszeiten unter 10 Jahren auf über 50 v. H. an.

3.3 Innovationsphase

$$t_{23} = f(t_G)$$

Da sich aus den Zusammenhängen zwischen den Teilzeiten und der Gesamtzeit die Konstanten für die dritte Entwicklungsphase direkt errechnen lassen, dient ihre Ermittlung über die Wertepaare der Kontrolle der Rechnung. Die dabei erhaltenen Werte sind

$$\begin{aligned} A &= + 2,97 \\ B &= + 0,076 \end{aligned}$$

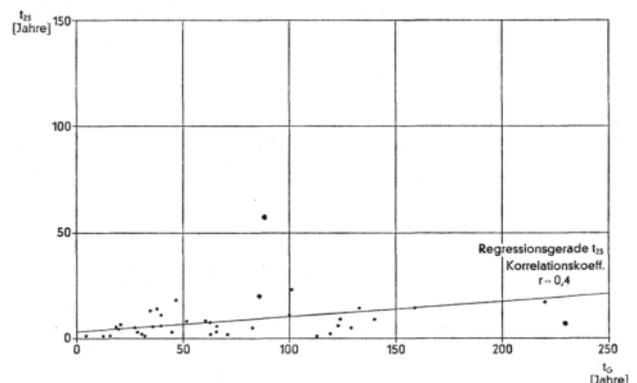


Bild 10: Zusammenhang zwischen der Innovationsphase t_{23} (Phase 3) und der Gesamtentwicklungsdauer t_G

Die Gleichung der Regressionsgeraden für die Entwicklungsphase lautet damit

$$t_{23} = 2,97 + 0,076 t_G$$

Die Lage und die Richtung der Geraden zeigt Bild 10.

Der Korrelationskoeffizient

$$r = 0,403$$

läßt noch einen gesicherten, jedoch schwachen Zusammenhang der beiden Variablen erkennen. Die Signifikanzgrenze liegt auch hier bei

$$r = 0,31$$

Die bestimmende Größe der Entwicklungszeit ist hier die Konstante A. Die Innovationszeit ändert sich kaum bei unterschiedlich langen Entwicklungszeiten.

3.4 Anteile der Phase an der Gesamtzeit

Eine Gegenüberstellung der gefundenen Gleichungen für die einzelnen Entwicklungsphasen.

$$\begin{aligned} t_{01} &= - 5,4 + 0,68 t_G \\ t_{12} &= 2,45 + 0,25 t_G \\ t_{23} &= 2,97 + 0,076 t_G \end{aligned}$$

zeigt an der Größe des Koeffizienten bei t_G , unter Vernachlässigung der Konstanten A, die Anteile der Einzelzeiten an der Gesamtentwicklungszeit. Bild 11 verdeutlicht die Aufteilung der Einzelzeiten auf die Gesamtzeit.

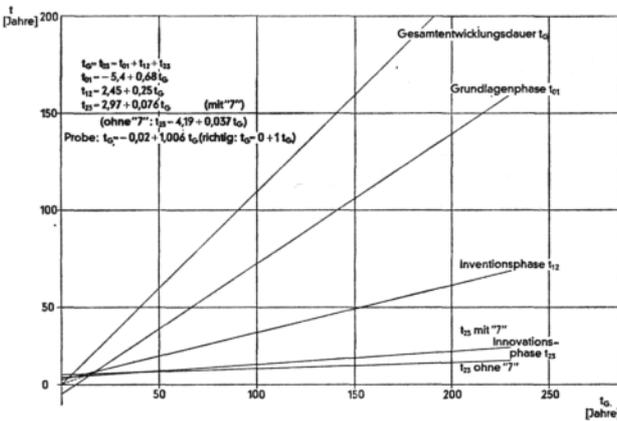


Bild 11: Regressionsgerade des Zusammenhangs zwischen der Gesamtentwicklungsdauer t_G und der Dauer der einzelnen Phasen

Bei den 40 untersuchten Erfindungen wurden im Mittel etwa 70 v. H. der Gesamtzeit für das Erkennen des Wertes oder der Anwendungsmöglichkeit neuer Materialien, Ideen oder Phänomene benötigt. Der Anteil von 70 v. H. sinkt, wenn die Gesamtentwicklungszeit kürzer wird, da die Gerade nicht durch den Nullpunkt geht, sondern die X-Achse bei etwa 8 Jahren schneidet. Das heißt, bei einer Gesamtentwicklungszeit von 8 Jahren wäre die Dauer der Grundlagenphase Null. Da die Punkte, die in der Nähe des Nullpunktes liegen, von Entwicklungen stammen, die neueren Datums sind, kann mit einer Verkürzung der Dauer der Grundlagenphase gerechnet werden. Nach dem Erkennen des Nutzwertes am Ende der Phase 1 wird die Inventionsphase mit einem Anteil von 25 v. H. an der Gesamtzeit schnell durchschritten und die Brauchbarkeit der Idee an einem Modell dargestellt.

Die Innovationsphase ist mit etwa 7 v. H. an der Gesamtzeit beteiligt.

Der starke Einfluß der Konstanten auf den Verlauf der Regressionsgeraden läßt es zweckmäßig erscheinen, ihre Anwendungsbereiche auf Entwicklungen mit Gesamtzeiten größer als 20 Jahre zu beschränken. In den ersten beiden Phasen wird dann der Anteil der Konstanten A an den Teilzeiten t_{01} und t_{12} die 50-v. H.-Grenze nicht überschreiten.

Da es durch Schätzungen möglich wäre, den derzeitigen Stand einer unvollendeten Entwicklung einer bestimmten Entwicklungsphase zuzuordnen, könnte sich, nach weiteren Untersuchungen, aus diesen Zeitverteilungen eine Möglichkeit zur Prognose künftiger technischer Entwicklungen ergeben.

4. Die Entstehung von Berufstätigkeiten

Von den Vorgängen, die sich während der vierten Phase, der Applikationsphase, abspielen, soll besonders der Vorgang der Entstehung von Berufstätigkeiten oder Berufen betrachtet werden.

Bei der Analyse der Entstehung von Berufstätigkeiten treten begriffliche Schwierigkeiten auf, zum Beispiel die Frage, welche Merkmale für eine Tätigkeit typisch sind, die man als Berufstätigkeit oder als Beruf bezeichnen will. Wenn es solche typischen Merkmale gibt, welche oder wie viele von ihnen müssen zutreffen, wenn im geschichtlichen Ablauf eine Berufstätigkeit oder ein Beruf als entstanden betrachtet werden soll? Wenn diese Fragen geklärt sind, wäre zu prüfen, wann die Merkmale zur Kennzeichnung der Berufstätigkeit auftauchen oder zutreffen.

Diese Untersuchung soll jedoch nicht einen Beitrag zur theoretischen Klärung des Berufsbegriffes leisten. Es entstand vielmehr im Laufe der Analyse die Notwendigkeit, ein einigermaßen praktikables System zu entwickeln, das Aussagen über die Entstehung von Berufstätigkeiten und von Berufen erlaubt.

4.1 Kriterien und Merkmale für Berufe und Berufstätigkeiten

Eine Berufstätigkeit wird durch eine Reihe von Merkmalen charakterisiert. Die Anzahl und die Auswahl der Merkmale wird für jeden Beruf variieren. Aus einem Repertoire von Kriterien, das vor allen Dingen für industrielle Berufe ausreichend groß ist, werden Merkmale ausgewählt, die für den zu analysierenden Beruf wesentliche Charakteristika darstellen. Die Merkmale erläutern Bedingungen oder Voraussetzungen für das Entstehen und das Bestehen eines Berufes. Ein Teil der Merkmale sind Symptome, die erst dann deutlich auftreten, wenn eine Berufstätigkeit ein gewisses Niveau erreicht hat.

Eine Bewertung der Merkmale soll nicht durchgeführt werden, auch wenn sie grundsätzlich möglich wäre; soweit nicht bereits eine Bewertung durch die Auswahl der Merkmale an sich erfolgt ist.

In der nun folgenden Merkmalsliste sind, wo es notwendig erscheint, Beispiele zur Erläuterung angeführt.

1. Merkmale, die den *Arbeitsumfang* betreffen und vorwiegend *quantitative* Aspekte beschreiben.

- 1.1 Es existiert eine größere Menge gleichartiger Arbeitsverrichtungen (*Menge*).³⁾
Betrachtet man den Beruf des Elektroinstallateurs, so kann man etwa ab 1880 dieses Merkmal als zutreffend betrachten. Beim Elektroingenieur kann man annehmen, daß erst auf Grund der technischen Entwicklung 1890 so viel Arbeitsaufgaben elektrotechnischer Art auftreten, daß man einen besonderen Ingenieur hierfür einsetzen kann.
- 1.2 Es liegt eine Folge von Arbeitsverrichtungen komplexer Art vor (*Folge*).
Solange nur einzelne Abschnitte in einer Arbeitsfolge neuartig sind und auch keinen Zusammenhang zeigen, werden diese nicht zu einer besonderen Arbeitsverrichtung zusammengefaßt.
- 1.3 Die Arbeitsaufgabe steht ständig oder für eine längere Zeitdauer an (*Dauer*).
Um bei dem gleichen Beispiel zu bleiben, ist erst ab etwa 1880 bei der Tätigkeit des Elektroinstallateurs zu erwarten gewesen, daß sie Bestand hat. Vor dieser Zeit wurden Arbeitsaufgaben in der Elektroinstallation, wenn sie nur zeitweise anstanden, von Gas- und Wasserinstallateuren getätigt.
- 1.4 Es ist ein Aufgabenkomplex zu erledigen (*Komplex*).
Die Arbeitsaufgaben sind nicht völlig gleichartig. Sie haben verschiedenen Niveau und sind miteinander vielfältig verknüpft.
- 1.5 Die Arbeitsaufgabe hat eine gewisse Verbreitung (*Verbreitung*).
Hier ist zwischen der *regionalen* Verbreitung (1.5.1) und der *sektoralen* Verbreitung (1.5.2) zu unterscheiden. Die Tätigkeit des Elektroinstallateurs hatte etwa 1900 genauso wie die des Elektroingenieurs in Deutschland eine regionale Verbreitung. Der Elektroinstallateur trat erst gegen 1925 im stärkeren Maße in anderen Wirtschafts- und Industriezweigen als der Energieversorgung auf. Beim Elektroingenieur kann man ähnliches annehmen, da er vorerst nur auf dem Gebiet der Stromerzeugung und -Verteilung in Elektroversorgungsunternehmen tätig war und erst ab etwa 1920 in anderen Wirtschaftszweigen Beschäftigung fand.

2. Merkmale der *Arbeitsbeschaffenheit*, die vorwiegend *qualitative* Aspekte der Arbeitsaufgabe beschreiben.

- 2.1 Die Leistungserstellung wird als Fremdleistung gewünscht, zum Beispiel auch durch ein Gesetz, eine Bestimmung usw. verfügt. Sie wird nicht als Eigenleistung aufgebracht (*Fremdleistung*).
Beim Elektroinstallateur ist das etwa ab 1901 der Fall, dem Jahr, in dem die ersten Gesellenprüfungen für Elektroinstallateure stattfanden.
- 2.2 Die Arbeitsaufgabe bringt wirtschaftlichen Nutzen für den Ausübenden und für andere (*Nutzen*).
Beim Elektroinstallateur kann man das ab 1880 annehmen, während in der Zeit vorher zum Beispiel die elektrische Beleuchtung als Spielerei angesehen wurde.
- 2.3 Ein bestimmter Aspekt eines Systems wird betont und herausgeholt. Zur Erledigung der Arbeitsaufgabe bedarf es einer bestimmten Blickrichtung (*Teilaspekt*).
Das können fachliche Gesichtspunkte sein, wie etwa die elektrotechnischen Gebiete im Gesamtgebiet der Physik, aber auch funktionale, wie bei den Teilgebiete-

³⁾ Der Klammerausdruck dient zur stichwortartigen Bezeichnung der Merkmale.

⁴⁾ auch neu entdeckt, entwickelt, erfunden.

ten der Projektierung, der Arbeitsvorbereitung und der Ausführung im System des gesamten Arbeitsablaufes.

2.4 Die Leistungserstellung geschieht besser durch Spezialisten als durch Laien, da folgendes vorhanden ist:

2.4.1 Ein Bestand an „Know-how“ (*Know-how*)
Der Bestand an „Know-how“ beschreibt denjenigen Teil der Sachkenntnis der Handgriffe, der Fertigkeiten und der Vertrautheit, der sich nicht oder nur sehr umständlich und aufwendig in schriftlicher Form oder in der mündlichen Unterrichtung übermitteln läßt. Er ist das Ergebnis einer praktischen Verwirklichung einer Arbeitsaufgabe und der Meisterung meist einmalig auftretender schwieriger Arbeitssituationen.

Beim Elektroinstallateur ist dieser Bestand an „Know-how“ etwa in der Zeit zwischen 1890 und 1910 voll vorhanden.

2.4.2 Ein Bestand an Fertigkeiten (*Fertigkeiten*)
Der Bestand an Fertigkeiten läßt sich durch Übungsarbeiten, wie sie zum Beispiel in jeder Lehrwerkstatt durchgeführt werden, einüben.

2.4.3 Ein Bestand an praktischem Wissen (*Wissen*)
Es ist das Spezialwissen eines Berufes, das dann später den wesentlichen Teil des Fachkundeunterrichts bildet.

2.4.4 Ein Bestand an Erfahrung (*Erfahrung*)
Das Merkmal beschreibt die Erfahrung, die aus einem Bestand an „Know-how“ und einem Bestand an praktischen Wissen erwächst Allgemein geläufig wäre das Beispiel eines Autofahrers, der nach dem Erwerb des Führerscheins das „Know-how“ bereits beherrscht, aber noch keine Erfahrung hat. Erst der Überblick über eine Menge von Einzelaufgaben und ihrer Zusammenhänge führen zu der Erfahrung, die sich aus der praktischen Auseinandersetzung mit diesen Aufgaben ergibt.

2.4.5 Ein Bestand an anwendbaren theoretischen Grundlagen und verwertbaren wissenschaftlichen Kenntnissen (*Grundlagen*).
Zum Beispiel beim Elektroinstallateur kann dies erst ab 1910 angenommen werden.

Die Punkte 2.4.1 bis 2.4.5 beschreiben den geschichtlichen Ablauf der Entstehung der Bedingungen und Voraussetzungen für eine hochwertige Leistung.

2.5 Die *Leistungserstellung* erfolgt mit *Hilfe* eines

2.5.1 (neuen, neuartigen)⁴⁾ Stoffes, Materials (*Stoff als Mittel*)
Zum Beispiel beim Beton- und Stahlbetonbauer gilt dieses Merkmal ab 1880. Um diese Zeit begann man mit Stahlbetonbauten. Für den Elektroinstallateur zum Beispiel trifft dieses Merkmal nicht zu. Die elektrotechnische Entwicklung vollzog sich zunächst mit herkömmlichen Werkstoffen, die bereits bekannt waren.

2.5.2 (neuen)⁴⁾ Elementes eines Systems (*Element als Mittel*)
Dieses Merkmal ist bestimmend für den Elektroinstallateur und kann besonders in der Zeit von 1860 und 1880 mit dem Auftauchen von Widerständen, Kondensatoren, Meßinstrumenten als zunächst erfüllt angesehen werden.

2.5.3 (neuen)⁴⁾ Systems (*System als Mittel*)
Das Merkmal trifft zu, wenn bestimmte Anordnungen, Maschinen, Geräte vorhanden sind, mit deren Hilfe die Leistung erstellt wird.

- 2.6 *Leistungserstellung* erfolgt durch *Erzeugung* eines
 2.6.1 (neuen)⁴ Stoffes, Materials (*Stoff als Produkt*)
 2.6.2 (neuen)⁴ Elements eines Systems (*Element als Produkt*)
 2.6.3 (neuen)⁴ Systems, Komplexes („System als Produkt“);

Bei den letzten drei Punkten wäre etwa das gleiche zu ergänzen wie bei den vorangegangenen drei Punkten 2.5.1 bis 2.5.3.

- 2.7 Die Leistungserstellung erfolgt nicht als Massenfertigung (*keine Massenfertigung*).
 Dieser Punkt ist höchst ausschlaggebend für die Entstehung eines Berufes. Wie die Entwicklung zeigt, bilden sich bestimmte Berufe nur bei Entwicklungen, die nicht zu Fließ- und Massenfertigungen führen, bzw. verschwinden die Berufe dort, wo Massenfertigungen entstehen. Das sind Berufe, die als Arbeitsaufgabe vorwiegend unmittelbare Produktionsaufgaben haben.

3. Entstehung der *Arbeitsaufgabe* durch

- 3.1 *Spezialisierung (Spezialisierung)*
 Hier liegt eine gewisse Überschneidung mit dem Punkt 2.3 vor. Während dort noch der Kontakt zum Ganzen vorhanden ist, ist er bei dem Merkmal der Spezialisierung vollständig von dem Gebiet gelöst, aus dem heraus sich die Arbeitsaufgabe spezialisiert. Beim Elektroinstallateur ist das etwa im Jahre 1900 der Fall. Während vorher noch eine gewisse Substitution zwischen Gas- und Wasserinstallateur und Elektroinstallateur vorlag, ist nun die Verbindung vollkommen gelöst.
- 3.2 *Generalisierung (Generalisierung)*
 Hiermit ist der gegenläufige Prozeß zum vorhergehenden Merkmal gemeint. Der Prozeß tritt in reiner Form selten auf und ist am ehesten bei der Verwissenschaftlichung eines Berufes zu beobachten. Ansätze hierzu findet man zum Beispiel beim Beruf des Verfahreningenieurs, der aus der Notwendigkeit entstanden ist, den gesamten Bereich der Verbrauchsgüterindustrie mit ihren vielfältigen Produkten und Produktionen zu überblicken und zu beherrschen.
- 3.3 *Kombination von Teilaufgaben anderer (Kombination)*
 Zum Beispiel wurde durch Kombination der Teilaufgaben des Schlossers, des Maurers und des Schreiners die Tätigkeit des Chemiewerker geschaffen.
- 3.4 *Abstrahierung (Abstrahierung)*
 Hier gilt ähnliches wie bei der Generalisierung. Aufgaben in der Entwicklung und Forschung entstanden durch Abstrahierung. Man sieht nicht mehr den konkreten Einzelfall, sondern betrachtet einen Vorgang, einen Effekt oder ein idealisiertes System, losgelöst von der praktischen Anwendung. Die Arbeitsaufgabe wird so verwissenschaftlicht.
- 3.5 *Normierung, Institutionalisierung (Normierung)*
 Durch Ausführungsbestimmungen und einheitliche Wertmaßstäbe werden Voraussetzungen für Berufstätigkeiten geschaffen. Zum Beispiel enthalten DIN-Normen über Stahlhochbauten Angaben, die den Beruf des Schweißers prägen, die VDE-Richtlinien solche für den Beruf des Elektroinstallateurs.
- 3.6 *Niveau-Steigerung (Niveau)*
 Durch intensive Bearbeitung und tiefere Durchdringung der Arbeitsaufgabe erfolgt meist eine allgemeine Niveausteigerung, die zum Beispiel die Arbeitsaufgabe des Schreiners von der des Bastlers unterscheidet.

4. Merkmale der *Ausbildung*

- 4.1 Zugangfilter, Prüfung, Zulassung (*Zugang*)
 4.2 Ausbildungsstätte (*Ausbildungsstätte*)
 4.2.1 Fachschule, zum Beispiel für Meister, Techniker (*Fachschule*)
 4.2.2 Lehrzeit (*Lehrzeit*)
 4.2.3 Lehrgang (*Lehrgang*)
 4.2.4 Hochqualifizierte Arbeitsstätte (*Arbeitsstätte*)
 4.3 Allgemeinbildende *Schule*
 4.3.1 8 Jahre Schulzeit (*Schule 8*)
 4.3.2 10 Jahre Schulzeit (*Schule 10*)
 4.3.3 13 Jahre Schulzeit (*Schule 13*)
 4.4 Ingenieurschule, Höhere Fachschule (*Höhere Fachschule*)
 4.5 Hochschule (*Hochschule*)
 4.6 „post-graduate“-Studien (*Promotion*)
 4.7 Abgangfilter, erforderlicher *Abschluß*
 4.7.1 Praktische Prüfung, Gesellenstück (*praktische Prüfung*)
 4.7.2 Theoretische Prüfung (*theoretische Prüfung*)
 4.7.3 Titel, fachliche Graduierung (*Graduierung*)
 4.7.4 Zulassung, Approbation (*Zulassung*)

Die Merkmale unter Punkt 4 sprechen für sich. Es sind die Merkmale, für die sich am ehesten genaue Daten finden lassen. So weiß man zum Beispiel, um bei den Elektroinstallateuren zu bleiben, daß die erste praktische Gesellenprüfung 1901 in Berlin stattfand, daß es ab 1903 Elektroinstallateurmeister gibt und daß eine Fachschule für Elektroinstallateure in Köln um 1900 mit der Ausbildung begann.

5. Vorberuf, ein Grundberuf, der durchlaufen wird (*Vorberuf*)
 Dieses Merkmal dürfte bei künftigen Berufstätigkeiten häufiger auftreten, zum Beispiel bei der Stufenausbildung.
6. Der Beruf ist aus einem vorhandenen traditionellen Beruf entstanden (*traditioneller Beruf*).
 Wie bereits erwähnt, ist zum Beispiel der Elektroinstallateur aus dem Beruf des Gas- und Wasserinstallateurs oder der des Beton- und Stahlbetonbauers aus dem des Maurers bzw. Zimmermanns oder der Beruf des Elektroingenieurs aus dem des Ingenieurs des allgemeinen Maschinenbaues hervorgegangen.

7. Symptome

- 7.1 Sachkompetenz auf breitem Arbeitsgebiet (Kompetenz);
 7.2 Eigenverantwortlichkeit (*Verantwortung*)
 7.3 Freiheit von der Kontrolle durch Laien, immun gegen inkompetente Kritik (*Immunität*)
 7.4 Gesellschaftlicher Status, Selbstbewußtsein (Status; Merkmale dieser Art, wie sie unter 7.1 bis 7.4 aufgeführt wurden, findet man besonders in der Literatur, die sich mit der Professionalisierung [15] befaßt. Für eine konkrete Analyse ist bei diesen Merkmalen besonders schwierig anzugeben, ob sie für bestimmte Berufstätigkeiten erfüllt sind oder wann sie einem Beruf als Merkmal zuerkannt werden können.)
 7.5 Es existiert ein Berufsverband oder eine Interessenvereinigung (*Verband*).
 Im Gegensatz zu den vier vorhergehenden Punkten lassen sich hier wieder konkrete Angaben machen. Im Jahre 1902 wurde zum Beispiel der Verband der Elektroinstallateurfirmen gegründet. 1902 wurde das Elektroinstallateurgewerbe selbständig.

7.6 Es bildet sich ein Code beruflicher Verhaltensweisen und Normen (*Verhalten*).

Hiermit sind jene beruflichen Verhaltensweisen und Normen gemeint, deren Nichteinhaltung zwar keine wesentliche Minderung der qualitativen oder der quantitativen Leistung bringen, deren Einhaltung aber notwendig ist, will der Berufstätige nicht sein Gesicht oder sein Ansehen in der Fachwelt oder bei Kollegen verlieren. (Einige dieser Verhaltensregeln fallen heute Rationalisierungsmaßnahmen zum Opfer.)

7.7 Die Arbeitsleistung wird spezifisch entlohnt (*Lohn*).

7.8 An die Arbeit wird eine besondere, normierte Qualitäts- oder Leistungsanforderung gestellt (*Anforderung*).

7.9 Es sind Sonder- oder Spezialberufe vorhanden, die auf dem betreffenden Beruf als Grundlage aufbauen (*Verzweigung*).

Im Gegensatz zu Punkt 5, Vorberuf, der als Merkmal einen Beruf als Voraussetzung enthält, ist hier als Merkmal der Sonderberuf bzw. Spezialberuf gemeint, der auf dem zu charakterisierenden Beruf bereits aufbaut.

7.10 Der Beruf enthält verschiedene Qualifikationsstufen, die auf der Ausbildungsstufe aufbauen, zum Beispiel Geselle, Meister, Techniker (*Qualifikationsstufen*).

Dieses Merkmal ist eine Ergänzung zu dem Merkmal unter 7.9, Verzweigung. Während dort die horizontale Auffächerung des Berufes erfaßt wird, ist es hier die vertikale Gliederung.

7.11 Es gibt berufsspezifische Veröffentlichungen, Mitteilungsblätter, einen organisierten Erfahrungsaustausch, eine berufliche Fortbildung. Es werden Forschungs- und Entwicklungsergebnisse laufend veröffentlicht (*Literatur*).

4.2 Analyse des Vorganges der Berufsentstehung

Der Merkmalskatalog enthält 55 Merkmale. Anhand dieses Schemas kann man den zu untersuchenden Tätigkeiten die betreffenden Merkmale zuordnen. Ist ein Merkmal für eine Tätigkeit erfüllt, so ist die Tätigkeit einen Schritt näher auf dem Weg zur Professionalisierung. Man geht somit den Schwierigkeiten aus dem Wege, die sich aufgrund der möglichen Definitionen des Berufsbegriffes ergeben. Es stellt sich dann nicht mehr die Frage: Ist eine Tätigkeit schon ein Beruf oder noch nicht? Vielmehr hat man einen stetigen Übergang von Tätigkeiten, auf die ein, zwei, drei usw. Merkmale zutreffen, sozusagen Ein-, Zwei-, Drei-Punkte-Berufe, bis zu den Berufen, bei denen zwanzig, dreißig, vierzig und mehr Merkmale erfüllt sind. Untersucht man den zeitlichen Ablauf der Merkmalszunahme von Berufstätigen, so ist mit der bahnbrechenden Erfindung, der Erstellung des ersten Modells, dem Bau der Versuchsanlage oder eines Prototyps, also bereits während der Phase 2, der Beginn einer neuen Berufstätigkeit festzustellen. Kommen dann im Laufe der Zeit weitere Merkmale hinzu, so spricht man von einem neuentstande-

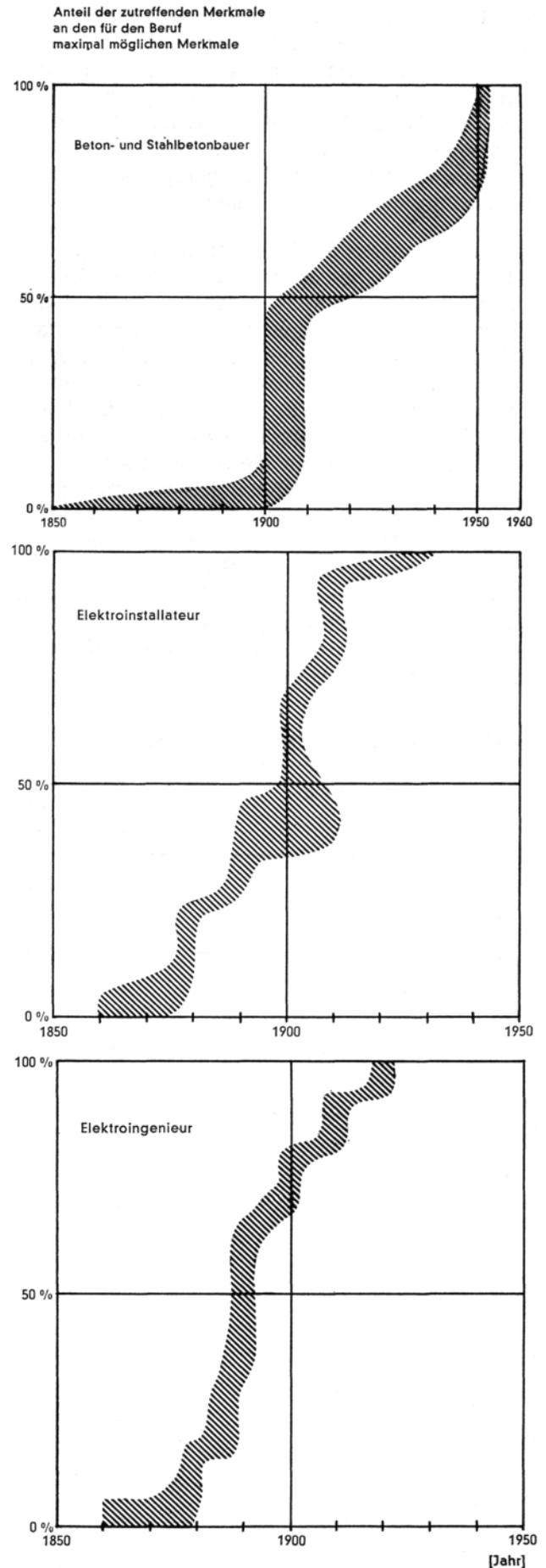


Bild 12: Zunahme der Berufsmerkmale mit der Zeit (Berufsentstehung)

nen Beruf. Die Festsetzung einer Grenze, wieviel Merkmale eine Tätigkeit benötigt, um gerade noch als Beruf anerkannt zu werden, wäre gegen den Grundgedanken dieses Systems. Das System soll bei der Analyse gerade die binäre Entscheidung „Beruf ja oder nein“ vermeiden und eine Hilfe bei der Festlegung eines Entstehungszeitraumes für Berufe sein.

Die so angelegte Analyse der Berufstätigkeiten führt zu S-förmigen Kurven. Nach einer Anlaufzeit erfolgt ein starkes Ansteigen der Zahl der Merkmale, eine Verlangsamung und dann ein allmähliches Erreichen eines Plateaus. Man kann mit einer maximal möglichen Anzahl zutreffender Merkmale für jeden Beruf rechnen, die kaum überschritten wird. Normierte Kurven, denen auf der Ordinate nicht mehr die absolute Anzahl der Merkmale, sondern der Anteil der maximal möglichen Merkmale aufgetragen ist, zeigt das Bild 12 für den Elektroingenieur, den Elektroinstallateur und den Beton- und Stahlbetonbauer. Im weiteren Verlauf kann es wiederum zum Abbau von Merkmalen kommen. Einzelne Merkmale entfallen. Berufe können im Merkmalskatalog absinken (Entprofessionalisierung).

5. Zusammenhänge zwischen technischen Entwicklungen und der Entstehung von Berufen

Aus einer Reihe der unter Tabelle 1 angeführten Erfindungen sind nun in der 4. Phase der Entwicklung Berufe entstanden, die, auch wenn sie von älteren Erfindungen abgeleitet wurden, überwiegend auch noch heute ausgeübt werden.

In diesem Abschnitt soll nun versucht werden, auch bei der Entstehung von Berufen Gesetzmäßigkeiten und Entwicklungsrichtungen aufzuzeigen und im Zusammenhang mit den Kriterien für die Entstehung eines Berufes, wie sie im Abschnitt (4.1) angeführt sind, die zeitabhängige Komponente dieses Vorgangs zu untersuchen.

Als erstes stellt sich die Frage: Aus welchen Entwicklungen entstanden eigentlich Berufe und welche Berufe sollen untersucht werden? Es ist klar, daß sich die Untersuchung auf typisch entwicklungsabhängige, weit verbreitete, heute noch in der Industrie ausgeübte Berufe beschränken muß. Als Ausgangsbasis der Untersuchung für die Entstehung von Berufen dienen die bereits in der Tabelle 1 beschriebenen 40 Entwicklungen. Die aus diesen Neuerungen entstandenen Berufe werden in der Tabelle 7 erfaßt.

Tabelle 7 Technische Entwicklungen und Berufe

Nr.	Berufsbezeichnung	Entstanden aus Erfindung		Ende der Phase III	Auftreten des Berufes *)	Zeitdifferenz [Jahre]
		Nr.	Typ			
1	Photograph	6	S	1840	1860	20
2	Kfz-Mechaniker	9	S	1894	1900	6
3	Kfz-Elektriker	9	S	1894	1910	16
4	Lokomotivführer	12	S	1828	1840	12
5	Programmierer	15	S	1951	1955	4
6	Systemanalytiker	15	S	1951	1955	4
7	Filmvorführer	18	S	1895	1910	15
8	Elektroinstallateur	19	S	1867	1890	23
9	Elektromaschinenbauer	19	S	1867	1880	13
10	Elektrowickler	19	S	1867	1885	18
11	Starkstrommonteur	19	S	1867	1890	23
12	Motorschlosser	20	S	1883	1905	22
13	Rundfunkmechaniker	21	S	1921	1925	4
14	Glühlampenhersteller	22	E	1881	1900	19
15	Beton- und Stahlbetonbauer	23	M	1902	1910	8
16	Fernmeldemonteur **)	24	S	1877	1890	13
17	Holzflugzeugbauer	28	S	1908	1915	7
18	Flugzeugführer	28	S	1908	1910	2
19	Flugplatzmeteorologe	28	S	1908	1912	4
20	Kunststoffschlosser	31	M	1910	1942	32
21	Fernsehmechaniker	32	S	1936	1950	14

*) Etwa zu diesem Zeitpunkt waren die wesentlichen und vorherrschenden Merkmale nach Abschnitt 4.1 erfüllt

**) ursprünglich Telegraphenbauhandwerker

heute: Fernmeldemonteur (Ind.), Fernmeldemechaniker (Handwerk), Fernmeldehandwerker (Bundespost)

Leider besteht keine Möglichkeit, sämtliche Erfindungen und die daraus entstehenden Berufe zu analysieren. Für diese Arbeit wurden wichtig erscheinende Entwicklungen ausgewählt, besonders solche, für die ausreichendes und genügend gesichertes Material vorliegt. Die Tabellen 1 und 7 umfassen zwar ein weites Gebiet der technischen Entwicklung und der daraus entstandenen Berufe, sie könnten aber noch weiter ausgebaut werden. Ohne von den ausgewählten Entwicklungen zu verlangen, daß sie repräsentativ sind, kann man doch annehmen, daß die Entwicklungen, die auf Systemerfindungen bauen, in Wirklichkeit ebenso überwiegen wie in der Tabelle.

Bei einer Klassifizierung dieser Neuerungen nach Material-, Element-, System- und Verfahrenserfindungen nach Abschnitt 1.5, wie sie in Tabelle 1 durchgeführt ist, ergab sich, daß von den dabei entstehenden 21 Berufen

18 Berufe aus 14 Systemerfindungen (insgesamt 19 Systemerfindungen erfaßt)

2 Berufe aus 2 Materialerfindungen (insgesamt 14 Materialerfindungen erfaßt)

1 Beruf aus einer Elementerfindung (Insgesamt 3 Elementerfindungen erfaßt)

kein Beruf aus Verfahrenserfindungen (insgesamt 4 Verfahrenserfindungen erfaßt)

entstanden sind (siehe auch Tabelle 7).

Der aus der Elemententwicklung entstandene Beruf Glüh- und Glimmlampenhersteller tritt jedoch im Gegensatz zu den meisten anderen Berufen in dieser Tabelle nicht als Lehrberuf auf. Er wird auch nicht mehr in seiner Komplexität ausgeübt, sondern fiel in der Industrie dem Prozeß der Arbeitsteilung zum Opfer.

Betrachtet man die Tabelle 1, so bemerkt man, daß außer den beiden Berufen Kunststoffschlossler und Stahlbetonbauer keine weiteren Berufe aus Materialentwicklungen entstanden sind. Die Herstellung und Entwicklung neuer Materialien ist meist mit großtechnischen Prozessen verbunden, in die der Mensch nur noch bedingt eingreift und bei denen ein Beruf nur auf hohem Ausbildungsniveau entsteht. Die beiden aus Materialentwicklungen entstandenen Berufe, Kunststoffschlossler und Stahlbetonbauer, scheinen hier eine Sonderstellung einzunehmen.

Die Leistung und das Können des Ausgebildeten kommen bei der Einzelfertigung des Stahlbetonbaus, die erst in jüngerer Zeit durch Serienfertigung bei Fertigbausystemen abgelöst wird, noch voll zur Geltung.

Die Sonderstellung des Kunststoffschlosslers rührt daher, daß er nicht direkt mit der Herstellung und Erzeugung des neuen Materials zu tun hat, sondern nur als Weiterverarbeiter und Bearbeiter von Rohmaterial und Halbzeugen auftritt.

Obwohl bereits im ersten Viertel des Jahrhunderts Kunststoffe auf dem Markt waren, ergab sich erst zu einem relativ späten Zeitpunkt der Beruf des Kunststoffschlosslers. Aus der breiten Anwendung von Kunststoffen, besonders gefördert durch Autarkiebestrebungen der 30er und 40er Jahre, ergab sich sein Arbeitsgebiet, das bis dahin von anderen Berufen mit wahrgenommen wurde.

Der überwiegende Teil der aus Neuerungen entstandenen Berufe hat, wie aus der Tabelle 7 zu ersehen ist, eine Systemerfindung zur Grundlage. 86 v. H. der untersuchten Berufe entstanden aus Systemerfindungen, die mit 47 v. H. an den untersuchten Erfindungen beteiligt sind.

Damit kann im Hinblick auf die Entstehung neuer industrieller Berufe, aus bisher unvollendeten Entwicklungen, bereits eine Eingrenzung der Möglichkeiten einer Berufsentstehung vorgenommen werden.

Ohne zahlenmäßige Angaben machen zu können, kann die Aussage dahin gehen, daß aus Material-, Element- und Verfahrensentwicklungen mit wesentlich geringerer Wahrscheinlichkeit Berufe entstehen als aus Neuerungen, die dem Systemtyp angehören. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß damit nicht ausgesagt ist, daß aus jeder Systemerfindung ein Beruf entstehen muß (5 Systemerfindungen war kein Beruf zuzuordnen). Vielmehr wird die Entstehung eines Berufes, neben den aus dem Entwicklungstyp resultierenden Bedingungen, wesentlich von wirtschaftlichen, sozialen und weiteren technischen Faktoren beeinflusst, die zum Teil durch die im Abschnitt 4.1 dargestellten Merkmale erfaßt werden können.

Aus Tabelle 7 errechnet sich der Mittelwert der Zeit zwischen der Beendigung der Phase 3, der Innovationsphase und der Entstehung eines Berufes zu etwa 13 Jahren.

Ohne Berücksichtigung des Berufes Kunststoffschlossler (Nr. 20 der Tabelle 7), der etwas außerhalb des Hauptfeldes der Phase in Bild 13 liegt, errechnet sich der zeitliche Abstand auf etwa 12 Jahre.

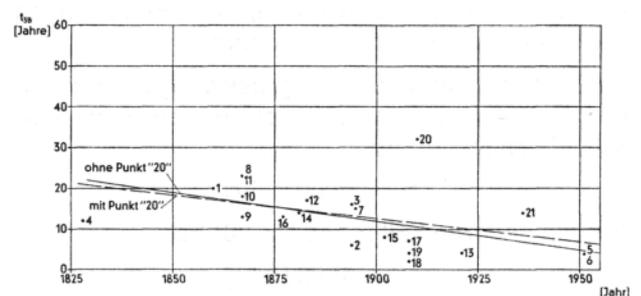


Bild 13: Abnahme des Zeitabschnittes t_{3B} vom Ende der Innovationsphase bis zur Entstehung eines Berufes in Abhängigkeit der Zeit

Im Bild 13 ist der Zeitabstand t_{3B} zwischen der Beendigung der Innovationsphase (Phase 3) und der Entstehung eines Berufes über dem Jahr der Beendigung der Phase 3 aufgetragen.

Die aus diesen Werten errechneten Regressionsgeraden ergeben mit den Werten des Berufes Kunststoffschlossler (Nr. 20) die Gleichung

$$t_{3B} = 240,8 - 0,120 t$$

ohne Berücksichtigung dieses Berufes die Gleichung

$$t_{3B} = 274,05 - 0,138 t$$

Es bedeuten darin:

t_{3B} die Zeit zwischen Ende der Innovationsphase und dem Zeitpunkt der Berufsentstehung

t das Jahr der Beendigung der Innovationsphase.

Die Differenz der Neigungen der beiden Regressionsgeraden, hervorgerufen durch den abseits liegenden Punkt 20, beträgt nur etwa 2 v. H. und ist somit ohne weitere Bedeutung.

Die Korrelationskoeffizienten lassen im ersten Fall mit

$$r = 0,475$$

einen etwas schwächeren Zusammenhang der Variablen erkennen, als es bei der zweiten Gleichung der Fall ist. Hier ergibt sich aus der Größe des Korrelationskoeffizienten

$$r = 0,64$$

ein praktisch verwertbarer Zusammenhang.

Der nach [14] errechnete Wert für die Signifikanzgrenze liegt für diese Untersuchung bei

$$r = 0,43$$

Es ist am Verlauf der Regressionsgeraden deutlich zu erkennen, daß sich die Zeit zwischen dem Abschluß der Innovationsphase und dem Zeitpunkt der Entstehung eines neuen Berufes verkürzt.

Dieser Zeitraum betrug nach Bild 13 im Jahre 1900 durchschnittlich etwa zwölf Jahre und verkürzte sich auf etwa fünf bis sechs Jahre.

Diese Angaben sollten selbstverständlich nur als Richtwerte aufgefaßt werden, da die einzelnen Werte beträchtlich streuen können.

Der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Zeit-Achse liegt für den ersten Fall (einschließlich Nr. 20) bei

$$t = 2000 \text{ [Jahr]}$$

für den anderen Fall (ohne Nr. 20) bei

$$t = 1985 \text{ [Jahr]}$$

Das würde bedeuten, daß zwischen diesen beiden Punkten der Zeitabschnitt zwischen Fertigungsbeginn und Berufsentstehung Null wird

und über diese Punkte hinaus negative Werte annehmen könnte. Zunächst wird man das nicht für möglich halten und eine Abweichung von der linearen Abnahme erwarten. Es ergäbe sich dann ein Grenzwert des Zeitraumes, der nicht unterschritten werden kann. Aber auch die lineare Abnahme mit der Konsequenz, daß negative Werte auftreten, könnte wie folgt interpretiert werden: mit konsequenter Anwendung von Planungs- und Entwicklungsmethoden wird, neben der Produktentwicklung während der Innovationsphase, auch der Komplex „Beruf“ entwickelt. Spätestens mit dem Einsetzen der Produktion würde der neue Beruf entwickelt und würden entsprechende Fachkräfte vorhanden sein.

6. Resümee

Abschließend seien noch einmal einige Feststellungen, die sich aus der analytischen Betrachtung des Vorgangs der technischen Entwicklung und des Vorgangs der Entstehung von Berufen ergaben, thesenartig herausgestellt.

1. Es erscheint möglich, daß sich historische Vorgänge auch in anderer Weise als nur verbal beschreibend analysieren lassen. Die Anwendung von Methoden der exakten Wissenschaften auf das Gebiet der Geschichte, wozu hier auch die Geschichte der Technik gehört, ist nicht allzu verbreitet, erscheint aber notwendig, will man zu Ergebnissen kommen, die quantifizierbar sind und die Möglichkeiten einer numerischen Prognose eröffnen.
2. Die Analyse der Vorgänge in der Vergangenheit und die funktionsmäßige Darstellung ist für prognostische Zwecke nur von Bedeutung, wenn vorausgesetzt wird, daß sich Entwicklungstrends stetig über die Gegenwart hinaus in die Zukunft fortsetzen.
3. Bedingt durch die Vielfalt der Einflüsse auf die technische Entwicklung sind jedoch keine so exakten Aussagen, wie sie zum Beispiel in der Naturwissenschaft üblich sind, zu erwarten. Die sich ergebenden Aussagen zeigen vielmehr die Beziehungen, Größenordnungen, Richtungen und Tendenzen technischer Entwicklungen auf. Die Sicherheit der Aussage ist um so geringer, je mehr die Aussage individuelle Tatbestände betrifft. Es ist wichtig, die Voraussetzungen und Einschränkungen der folgenden Aussagen und deren Streubreite zu kennen, wenn man aus den Ergebnissen weitreichende Schlüsse ziehen will.
4. Bei allen Feststellungen über eine Verkürzung von Entwicklungsabschnitten, zum Beispiel von Innovationszeiten, ist zu beachten,

daß eine scheinbare Verkürzung immer dann auftritt, wenn Zeitabschnitte betrachtet werden, deren Anfangszeitpunkt aus der weiteren Vergangenheit immer mehr in die Gegenwart rückt. Da keine Endpunkte der Zeitabschnitte, die in der Zukunft liegen, erfaßt werden — oder erfaßt werden können — ergibt sich daraus zwangsläufig und logischerweise eine Verkürzung der Zeitabschnitte, wenn man diese über der Zeitachse aufträgt. Eine Erfindung, die 1960 gemacht wurde, kann gar keine längere Innovationszeit als 8 bzw. 9 Jahre haben. Länger dauernde Entwicklungen, die sich dann in die Zukunft erstrecken, werden ja nicht erfaßt oder können nicht erfaßt werden.

5. Die tägliche Erfahrung zeigt, daß abgeschlossene Innovationen wieder neue Innovationen zeugen. Man beobachtet eine Aufächerung der Entwicklungen. Die Zahl der Innovationen nimmt zu. Setzt man voraus, daß sich kurzlebige Innovationen genauso stark vermehren wie langlebige, so wird die durchschnittliche Innovationsperiode immer kürzer. Dieser Effekt überlagert sich mit der echten Abnahme von Innovationszeiten durch die perfekteren Möglichkeiten der modernen Technik. Daraus ergibt sich eine resultierende Abnahme der Innovationsperioden, die jedoch geringer sein wird als allgemein angenommen wird.
6. Untersucht man die Gesamtzeit vom Ursprung einer technischen Neuerung bis zum wirtschaftlichen Durchbruch und dem Beginn der Markteroberung durch diese Neuerung, so entfallen 70 v. H. dieser gesamten Zeit auf die Grundlagenphase, die beendet ist, wenn man einen verheißungsvollen Weg zur Realisierung der Idee beschreitet. Die zweite Phase, die mit der planmäßigen Verwirklichung der Neuerung beginnt und mit der Herstellung eines Prototyps beendet ist, benötigt ungefähr 25 v. H. der Gesamtzeit. Der Rest von etwa 5 v. H. der Gesamtzeit entfällt auf die Innovationsphase, die endet, wenn der wirtschaftliche Durchbruch der Neuerung erfolgt ist. Der Zusammenhang

zwischen der Gesamtentwicklungszeit und der Innovationsphase ist sehr gering. Man kann daher auch annehmen, daß die Innovationsphase relativ unabhängig von der Dauer der Gesamtentwicklungszeit ist.

7. Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem Auftreten technischer Neuerungen und der Entstehung von Berufen ergab folgendes: Neue Berufe entstehen vorwiegend aus sogenannten Systemerfindungen. Erfindungen, die Elemente eines Systems oder Materialien als Erfindungsgegenstände haben, führen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zur Bildung neuer Berufe, da Material- und Elementerfindungen meist auch zu Produkten führen, die in Massenfertigung hergestellt werden (siehe hierzu auch Punkt 8).
8. Einen wesentlichen Einfluß auf das Entstehen von Berufen üben die jeweiligen Produktionsmethoden aus. Durch die zunehmende Massenproduktion wird die Entstehung von neuen Berufen im Fertigungsbereich weniger wahrscheinlich.
9. Die Entstehung eines Berufes ist ein stetiger Vorgang, der durch eine Kurve, die meist S-förmig ist, dargestellt werden kann. Der Vorgang zieht sich über einen gewissen Zeitraum hin. Für jeden Beruf lassen sich charakteristische Merkmale definieren, die im Laufe der Zeit Punkt für Punkt zutreffen und so die Entstehung des Berufes schrittweise aufzeigen.
10. Betrachtet man die Zeit vom Ende des wirtschaftlichen Durchbruchs einer Neuerung bis zur Entstehung wesentlicher Merkmale eines Berufes, so stellt man fest: Der Zeitabschnitt zwischen den beiden Zeitpunkten nimmt um etwa 1,2 Jahre je 10 Jahre ab.

Zwischen 1985 und dem Jahre 2000 wäre der Zeitabschnitt Null. Entweder biegt die lineare Funktion ab und strebt einem Grenzwert zu oder der Beruf besteht bereits im Ende der Innovationsphase, da man ihn wie das Produkt, das Verfahren oder den Fertigungsprozeß plant und entwickelt.

Literatur

- [1] *W. R. MacLaurin*: Quarterly Journal of Economics 67 (53), S. 98 f.
- [2] *W. W. Rostow*: The Process of Economic Growth. Oxford 1953.
- [3] *J. A. Schumpeter*: Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. 5. Aufl. Berlin 1952.
- [4] *J. R. Bright*: Research, Development and Technological Innovation. Homewood 1964.
- [5] *H. Willer*: Technischer Fortschritt und Landwirtschaft. Hamburg 1967.
- [6] *F. Machlup*: Erfindung und technischer Fortschritt. In: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften. 3. Bd. Göttingen 1961.
- [7] *Rogers, Havens, Cartano*: The Construction of Innovativeness Scales. Mimeo Bulletin AE 330, Columbus, Ohio, Feb. 62.
- [8] *J. B. Quinn*: Technological Forecasting. Harvard Business Review, März/April 1967, 89—106.
- [9] *S. G. Gilfillan*: The Prediction of Technical Change. In: The Review of Economics and Statistics, Vol. 34, Nov. 52, S. 368—385.

- [10] The Rate of Development and Diffusion of Technology. In: The Employment Impact of Technological Change. (National Commission on Technology, Automation and Economic Progress.) Vol. II, Washington Feb. 66, S. 31—85.
- [11] J. L. Enos: Invention and Innovation in the Petroleum Refining Industry. In: The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton 1962, S. 299—321.
- [12] H. Dreier, E. Strickle: Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen. Ingenieur Digest, 7. Jg., H. 2, S. 67/68.
- [13] E. Jantsch: Technological Forecasting in Perspective. Paris 1967.
- [14] E. Weber: Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart 1967. S. 373 u. Tab. 11 (Anhang).
- [15] H. A. Hesse: Berufe im Wandel. Stuttgart 1968.
- [16] F. Molle: über die Vorausschaubarkeit der Berufsentwicklung. In: Wirtschaft und Berufserziehung Nr. 7, Juli 1967, S. 132—136.
- Sonstige Literatur, die hauptsächlich für die Tabellen ausgewertet wurde:
- [17] P. Supf: Das Buch der deutschen Fluggeschichte. Bd. 1. Stuttgart 1956.
- [18] H. G. Barnett: Innovation: The Basis of Cultural Change. New York 1953.
- [19] E. M. Rogers: Diffusion of Innovations. New York 1962.
- [20] Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. 10 Bd. Leipzig 1896—1901.
- [21] K. Steinbuch: Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Berlin, Heidelberg, New York 1967.
- [22] W. Jünger: Kautschuk. München, Wien 1952.
- [23] F. M. Feldhaus: Lexikon der Erfindungen und Entdeckungen. Heidelberg 1904.
- [24] H. Saechtling, I. Saechtling: Die Kunststoffwirtschaft. Düsseldorf 1953.
- [25] A. A. Sworykin, N. I. Osmowa, W. I. Tschernyschew; S. W. Schuchardin: Geschichte der Technik. Leipzig 1967.
- [26] Handbuch für das Berufs- und Fachschulwesen. 2. Aufl. Leipzig 1929.
- [27] W. Treue, H. Pönicke, K. H. Manegold: Quellen zur Geschichte der industriellen Revolution. Göttingen 1966.
- [28] Der Große Brockhaus. Bd. 1—14, 1. Aufl. Wiesbaden 1952—1964.
- [29] Handbuch der Berufe. Leipzig 1927—1935.
- [30] Moderne deutsche Wirtschaftsgeschichte. Hrsg.: K. E. Born. Köln 1966.
- [31] A History of Technology. Hrsg.: Singer, Holmyard, Hall, William. Oxford 1958.
- [32] Ludwig Darmstädters Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin 1908.
- [33] H. Rohde: Die geschichtliche Entwicklung des Stahlbetons. In: Der deutsche Baumeister 21 (1960), S. 121—127.
- [34] Das Zeitalter der Elektrizität. Frankfurt/M. 1967.
- [35] A. T/mm: Kleine Geschichte der Technologie. Stuttgart 1964.