

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG  
BERLIN-CHARLOTTENBURG

# Technischer Bericht Nr. 133

Ein Vergleich der Prognoseverfahren  
für die Sprechstellendichte im Fernsprechverkehr

von

Dipl.-Ing. H. Schmidt

Berlin

1 9 7 1

Ein Vergleich der Prognoseverfahren für die  
Sprechstellendichte im Fernsprechverkehr

Zusammenfassung:

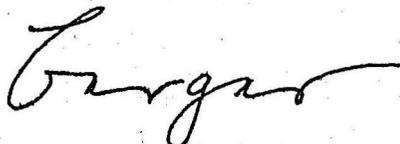
Ausgehend vom Problem, die Entwicklung der Sprechstellendichte im Fernsprechverkehr zu prognostizieren, werden grundsätzliche Fragen der Prognose in den Sozialwissenschaften behandelt. Es wird gezeigt, daß langfristige, quantifizierte Prognosen im Sozialbereich mit wissenschaftlichen Methoden nicht gestellt werden können. Die in der Prognostik verwendeten Verfahren werden aufgeführt und rationaler Kritik unterzogen. Dabei zeigt sich, daß - auch im Fernmeldewesen - neben den prinzipiellen Beschränkungen die Prognoseverfahren persönliche Urteile der jeweiligen Anwender erfordern und daher nur subjektive Schätzungen des jeweiligen Prognostikers liefern. Ein ausführliches Literaturverzeichnis schließt sich an.

Der Bearbeiter



(Dipl.-Ing. H. Schmidt)

Der Abteilungsleiter



(Prof.Dr.Ing. Erich R. Berger)

Der Institutsdirektor



(Prof.Dr.phil. P. Matthieu)

Berlin-Charlottenburg, den 31.3. 1971

## Inhaltsübersicht

	Seite
<u>I. Problemstellung und grundsätzliche Bemerkungen</u>	
1. Einführung	1
2. Problemstellung	2
<u>II. Prognoseverfahren in der Zukunftsforschung</u>	
1. Prognoseverfahren in wissenschaftlicher Sicht und in der Wirtschaftspraxis	5
1.1. Wissenschaftstheoretische Bemerkungen	5
1.2. Prognosen in der Wirtschaftspraxis	8
1.3. Fragen der Systematik	9
2. Qualitative Prognoseverfahren	11
2.1. "Scenario writing"	11
2.2. "Brainstorming"	12
2.3. Die "Delphi-Technik"	12
2.4. Morphologische Methode	13
3. Quantitative Prognoseverfahren	14
3.1. Bestimmung von Gesetzmäßigkeiten aus beobachteten Daten	14
3.1.1. Methode der gleitenden Durchschnitte	14
3.1.2. Trendfunktionen	15
3.1.3. Wachstumsnetze	16
3.1.4. "Exponential smoothing"	16
3.2. Analogiebetrachtungen	17
3.2.1. Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern	17
3.2.2. Vergleiche zwischen verschiedenen Produkten	18
3.2.3. Wachstumsanalogien	18
3.3. Systemanalytische Methoden	19
3.3.1. Gekoppelte Prognosen	19
3.3.2. Regressionsrechnung	20
3.3.3. Input-Output-Analyse	21
3.3.4. Ökonometrische Methoden	22

	Seite
3.4. Dynamische und kybernetische Prognosemodelle	24
3.4.1. Dynamisierung ökonomischer Modelle	25
3.4.2. Kybernetische Prognosemodelle	26
<u>III. Prognosen im Fernmeldewesen</u>	
1. Prognoseverfahren im Fernmeldewesen	28
1.1. Trendverfahren	
1.1.1. Exponentialtrends	28
1.1.2. Logistische Wachstumsfunktion	29
1.2. Regressionsrechnung	35
2. Stand der Prognostik im Fernmeldewesen	37
<u>IV. Zusammenfassung</u>	38
<u>V. Anhang</u>	
1. Alphabetisches Literaturverzeichnis	A 1
2. Literaturverzeichnis geordnet nach Publikations- formen	A 12
2.1. Bücher	
2.2. Buchbeiträge	
2.3. Zeitschriftenartikel, Tagungsvorträge	
2.4. Firmenschriften, Auftragsstudien	
3. Literaturverzeichnis geordnet nach Themenkreisen	
3.1. Zum Prognoseproblem allgemein	
3.2. Wirtschafts- und Sozialprognose	
3.3. Technologische Prognose und Planung	A 13
3.4. Fernmeldewesen	
3.5. Mathematische und wirtschaftsmathematische Hilfsmittel zur Prognose	
3.6. Angrenzende Probleme (Operations Research, Netzplan u.ä.)	
4. Tabelle 1	A 14
5. Diagramme	
Diagramm 1	A 15
Diagramm 2	A 16
Erläuterungen zum Diagramm 2	A 17

## Zum Forschungsvorhaben: Prognoseverfahren

### I) Problemstellung und grundsätzliche Bemerkungen

#### 1. Einführung

Das ursprünglich geplante Forschungsvorhaben "Entwicklung eines Prognoseverfahrens für die Sprechstellendichte im Fernsprechverkehr" schien von vornherein nur zu einem geringen Teil die Fragen zu berühren, die in dem vorliegenden Bericht in der Hauptsache abgehandelt werden: Methodenprobleme und wissenschaftstheoretische Auseinandersetzungen in der Zukunftsforschung.

Auf den ersten Blick steht man in der Zukunftsforschung, Prognostik, Futurologie, Prospektie, "Look-out-institution" - oder welche Namen auch immer verwendet werden - vor einer Vielzahl von Verfahren, zu Aussagen über Ereignisse und Verläufe bzw. deren "Wahrscheinlichkeiten" in der Zukunft zu gelangen. Dieser Eindruck wird von den meisten Zukunftsforschern dadurch hervorgerufen, daß sie vom "Methodenpluralismus" (/103/S.35, /104/S.21) sprechen, nach formalistischen Gesichtspunkten Verfahren unterscheiden und akribisch aneinanderreihen, mit großer Ernsthaftigkeit über Entwicklungsgesetze, Wachstumfunktionen und Sättigungswerte diskutieren, als seien dies in den Sozialwissenschaften fundierte Begriffe, die rationaler Kritik standhalten. Legt man jedoch Maßstäbe an, die dem Anspruch kritisch rationaler Wissenschaftlichkeit gerecht werden, so stellt man folgendes fest: "Methodenpluralismus" umschreibt das Fehlen einer geschlossenen Methodologie der Verfahren im obigen Sinne und kann - zumindest für quantitative Vorhersagen - auf den Dualismus von Trends und Modellen reduziert werden. Offen bleibt dann noch die Frage, was diese Methoden zu leisten imstande sind, oder anders betrachtet, welchen Prognoseanforderungen die Sozialwissenschaft im weitesten Sinne überhaupt genügen kann. Die Aktivitäten der Zukunftsforscher - gemessen an den Veröffentlichungen während des noch immer anhaltenden Zukunftsbooms -

waren bisher jedoch eher im Ausbau und der Anwendung herkömmlicher Verfahren denn in der kritischen Reflexion gebunden, wenn auch Harald Gerfin schon 1964 vorsichtig schreibt: (/28/S.17) "Natürlich lassen sich die Bedingungen so hoch schrauben, daß jede Möglichkeit der Voraussage negiert werden muß. Es erscheint jedoch legitim, einmal nachzuforschen, welchen Anforderungen die verfügbaren Prognoseverfahren wirklich genügen, wo Unsicherheiten liegen und Überraschungen auftreten können, und wie gesichert die Resultate de facto sind." Heute erscheint diese Forderung nicht nur legitim sondern notwendig, um Schaden von unserer gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklung abzuwenden.

## 2. Problemstellung

Anlaß für die vorliegenden Betrachtungen war die Frage, durch welche Gesetzmäßigkeiten die Verbreitung des Telephons beschrieben werden kann. Das Ziel der Untersuchung sollte sein, aus erkennbaren Gesetzmäßigkeiten ein Prognoseverfahren abzuleiten, das eine möglichst genaue Vorhersage der für einen Zeitraum von 20 - 30 Jahren wahrscheinlichen Entwicklung der Sprechstellendichte (Anzahl der Sprechstellen pro 100 Einwohnern) ermöglicht.

Zunächst wird die Aufgabe, ein Prognoseverfahren für die Sprechstellendichte im Fernsprechverkehr zu entwickeln, unter technischen, ökonomischen und politischen Gesichtspunkten betrachtet. Durch diese kurze Darstellung soll deutlich gemacht werden, daß mit der Prognose der scheinbar technischen Größe "Sprechstellendichte" weit mehr Probleme verbunden sind, als die Mehrzahl der Veröffentlichungen auf diesem Gebiet vermuten läßt. Die Sprechstellendichte ist eine makroökonomische Maßzahl für die Diffusion des Telephons. Die Verbreitung, die ein bestimmtes technisches Erzeugnis findet, hängt sicherlich vom Nutzen ab, den die Konsumenten aus seinem Gebrauch ziehen können. Mit

diesem ersten Erklärungsversuch ist bereits die Ebene der einzelnen Wirtschaftssubjekte erreicht, und es erhebt sich das Problem, den Nutzen einzelner oder von Gruppen aus dem Besitz von Sprechstellen zu messen, um ihn einer quantitativen Untersuchung zugänglich zu machen. Andererseits ist aber der Nutzen nicht in jedem Falle als kardinale Größe angebar, sondern nur im Vergleich mit anderen Nachrichtenträgern könnte der Nutzen der Sprechstelle erfaßt und bewertet werden. Eine Untersuchung der wirtschaftlichen und sozialen Bedeutung nur eines Nachrichtenträgers, hier des Telefons, stößt von dieser Seite auf erste Grenzen der Aussagefähigkeit.

Weiterhin wird der Gebrauchswert einer Sprechstelle sowohl durch ihre spezifischen technischen Eigenschaften als auch durch die der Vermittlungstechnik bestimmt, durch die erst verschiedene Dienstleistungen ermöglicht werden (siehe Elektronisches Wählsystem). Eine langfristige Prognose muß deshalb mögliche Änderungen in der Struktur und Technik des Fernmeldenetzes berücksichtigen. Dies ist nur möglich, wenn die jüngsten und zu erwartenden technologischen Entwicklungen auf ihre Einsatzmöglichkeit in der Fernmeldetechnik hin überprüft werden, d.h. auch der Bereich des "technological forecasting" muß zur Prognose der Sprechstellendichte herangezogen werden.

Bis jetzt wurde nur von möglichen Dienstleistungen und Einsatzmöglichkeiten neuer Techniken gesprochen. Dabei wurde davon ausgegangen, daß solche Möglichkeiten technisch gegeben oder zu erwarten sind. Ihre wirtschaftliche Realisierbarkeit muß jedoch ebenfalls z.B. durch eine Kosten-Nutzen-Analyse geprüft werden. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten sind evident, da für diese Analyse Angaben sowohl über die Preise der zu entwickelnden Anlagen als auch über die Kostenstruktur beim Betreiber benötigt werden. Geht man davon aus, daß diese Teilaufgabe etwa in Zusammenarbeit mit der Fernmeldeindustrie und -verwaltung gelöst werden kann, so bleibt die tatsächliche Entscheidung über die Realisierung neuer technischer Möglichkeiten

in den meisten Ländern einer politischen Instanz vorbehalten. Alle Anstrengungen, hier eine Prognose mit ausreichender Zutreffenswahrscheinlichkeit zu machen, müssen vergeblich bleiben, solange die politische Willensbildung als nicht determinierter Prozeß betrachtet wird.

Als Ausweg wird in einigen Veröffentlichungen die Alternativprognose angeboten, in der die Auswirkungen verschiedener Entscheidungsmöglichkeiten durchgespielt und als Entscheidungsvorbereitung angeboten werden. In einer so verstandenen Prognose müssen die zu den jeweiligen Alternativen gehörenden Rahmenbedingungen genau analysiert und angegeben werden. Vom Entscheidungsträger kann dann die seinen Zielvorstellungen entsprechende Handlungsalternative ausgewählt werden.

Auf politische Zielvorstellungen soll hier nicht näher eingegangen werden. Es muß aber noch darauf hingewiesen werden, daß die technischen, wirtschaftlichen und politischen Einflüsse nicht als voneinander unabhängig wirkend betrachtet werden können. Lineare "Kausalitätsbeziehungen" zwischen diesen Faktoren auf der einen und dem Fernsprechwesen auf der anderen Seite stellen nur eine grob vereinfachende Näherung der tatsächlich wirkenden interdependenten Beziehungen innerhalb des gesamten volkswirtschaftlichen Systems dar. Die Entwicklung des Fernsprechwesens kann deshalb nur unter Beachtung dieser Wechselwirkungen betrachtet werden. Prognosen für Teilbereiche des Wirtschaftssystems sind dadurch in gewissem Maße auch Prognosen des Gesamtsystems und müssen mit letzteren verträglich sein. Aus diesem Grunde und um einen Überblick über Prognosemethoden zu geben, wurden im folgenden die in der Zukunftsforschung verfügbaren Verfahren zusammengestellt und auf ihre Eignung als Hilfsmittel wissenschaftlichen Arbeitens hin geprüft.

## II) Prognoseverfahren in der Zukunftsforschung

### 1. Prognoseverfahren in wissenschaftlicher Sicht und in der Wirtschaftspraxis

#### 1.1. Wissenschaftstheoretische Bemerkungen

Seit O.K. Flechtheim in den vierziger Jahren das Wort "Futurologie" (History and Futurology, Meisenheim am Glan, 1966,) in der Absicht prägte, "um auf die Bedeutung einer systematischen Beschäftigung mit der Zukunft der Natur wie aber auch der Kultur hinzuweisen" (Warum Futurologie? Futurum I,1) ist eine kaum noch zu überblickende Zahl von Arbeiten erschienen, die Probleme und Ausprägungen der zukünftigen Menschheitsentwicklung wissenschaftlich abzuhandeln versuchen. (Siehe Bibliographien in /42,28,50,111,13/). Inwieweit solche Versuche unter dem Aspekt der Wissenschaftlichkeit als gelungen bezeichnet werden können, ist z.Z. noch Gegenstand einer zum Teil polemischen Auseinandersetzung zwischen Vertretern verschiedener wissenschaftstheoretischer und ideologischer Positionen. Es kann und soll hier nicht dargestellt werden, wie die Vertreter der verschiedenen Ismen - Marxismus, Positivismus, Idealismus, Determinismus, Materialismus etc. - ihre Stellung zur Prognose in den Sozialwissenschaften im einzelnen begründen. Im Rahmen dieser Untersuchung von Interesse sind die praktischen Folgerungen, die sich für das Prognoseproblem ergeben. Zu diesem Zweck ist die Differenzierung zwischen "Historizismus" auf der einen und "Rationalismus"<sup>1)</sup> auf der anderen Seite gleichermaßen ausreichend und treffend.

Historizismus, so erklärt Karl R. Popper in /76/ diesen Begriff, ist "die allgemeine Vorstellung, daß der Menschheitsgeschichte ein Plan zugrunde liegt" (/76/S.115), und er enthält die Doktrin, "nach der es Aufgabe der Sozialwissenschaften ist, historische Prophetien hervorzubringen, und nach der wir historische Prophetien brauchen, um die Politik rational zu gestalten." (op.cit. S.113). In der Erfüllung dieser Forderung muß der Historizist seine Hauptaufgabe darin sehen; langfristige Prognosen über

---

1) eigentlich "kritischer Rationalismus", siehe bei Pahlow, Popper, Urban.

soziale Systeme oder Teile derselben zu erstellen. Dies ist gleichbedeutend mit der Notwendigkeit, langfristig wirkende Gesetzmäßigkeiten oder Regelmäßigkeiten in der historischen Entwicklung des betrachteten sozialen Bereichs aufzudecken. Die Frage nach der Existenz solcher Gesetzmäßigkeiten stellt sich nicht mehr, ihr Bestand wird a priori postuliert, wenn auch, was auf dasselbe hinausläuft, möglicherweise nur die a-posteriori-Erkennbarkeit solcher Gesetzmäßigkeiten zugestanden wird. Belege für dieses Gesetzesverständnis finden sich in nahezu allen Werken über "technological forecasting" (siehe Bibliographie), aber auch zum Beispiel in /75,92,45,103,79,52,54,53,104/.

Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für das Prognoseproblem? Mit der Annahme der Existenz von Entwicklungsgesetzen im sozialen Bereich im weitesten Sinne wird es reduziert auf die Beobachtung der Ausprägungen der historischen Entwicklung, was z.B. in der Aufnahme von Zeitreihen wirtschaftlicher Kenngrößen geschehen kann, und der Zuordnung mathematischer Funktionen (deterministischer oder stochastischer Natur) zu den beobachteten Werten. Daraus folgt auch: Je besser nach mathematischen Kriterien diese Zuordnung gelingt, je genauer die Werte und eventuell gewisse Randbedingungen gemessen werden, desto relevanter sind die aus der Extrapolation, Projektion oder Trendverlängerung gewonnenen Daten für die zukünftige Entwicklung des Objektbereiches.

Auf diese Formel lassen sich alle Bemühungen bringen, die wirtschaftliche und technologische Prognosen langfristiger Natur mit Hilfe von funktionalen Zusammenhängen ohne vorherige theoretische Grundlegung zum Ziel haben. Diese Vorgehensweise kann man als "theoriefrei" (/100/) bezeichnen, da ihre prognostischen Aussagen keinen erklärenden Wert besitzen, was vice versa gerade das Ziel jeder wissenschaftlichen Prognose ist.

Wodurch zeichnet sich nun gegenüber der historizistischen die rationale Vorgehensweise aus? Eine negative Abgrenzung gegen

den oben erläuterten Gesetzesbegriff verdeutlicht in diesem Zusammenhang wohl am besten den Unterschied zwischen Historizismus und Rationalismus:

Die Beobachtung von wirtschaftlichen, sozialen und technologischen Ereignissen liefert Informationen nur über besondere, einmalige Konstellationen im historischen Ablauf des Geschehens. Ihre Aneinanderreihung zu Verlaufsformen und ihre funktionale Interpretation als Gesetze im erfahrungswissenschaftlichen Sinne muß abgelehnt werden, da sie nicht jederzeit intersubjektiv und de facto nachprüfbar sind. Dies liegt darin begründet, daß die menschliche Gesellschaft kein stationäres, zyklisches und isoliertes System ist. Voraussetzung für wissenschaftliche Vorhersagen realen Geschehens ist jedoch die reproduzierbare Ausgangsposition, die Wiederholung der Randbedingungen, deren Aufnahme in die erklärende Theorie Kennzeichen empirischer Wissenschaft ist und die sich in der Bedingtheit der Prognose niederschlagen. Die Forderung nach detaillierten, langfristigen wissenschaftlichen Prognosen im Sozialbereich kann demnach nicht erfüllt werden, da die beobachteten Ereignisse und Randbedingungen singulärer Natur sind, mit zunehmender Bedingtheit die Allgemeingültigkeit der Prognose (bzw. die Theorienbildung) eingeschränkt wird und eine Fortdauer, bzw. Wiederkehr der Ausgangssituation unwahrscheinlicher wird (siehe besonders /101/S.529).

Aus diesen Ausführungen folgt, daß Prognosen im Sozialbereich, denen "Entwicklungsgesetze" oder "Urphänomene" (/103/S.50) zugrundeliegen, als nicht-bedingte (also unwissenschaftliche) Prophetien zurückgewiesen werden müssen (siehe dazu besonders /72/, /101/S.529, /102/S.12). Ihre Aussagen über die Zukunft entbehren jeder empirischen Grundlage, d.h. auf diese Weise gewonnene quantifizierte Angaben über Ereignisse oder Ereignisräume, bzw. deren "Wahrscheinlichkeiten" (Zum Wahrscheinlichkeitsbegriff siehe /108/, /7/S.82ff.) in der Zukunft sind subjektive Erwartungen. Als wissenschaftlich vertretbar können nur Aussagen angesehen werden, denen eine erklärende Theorie zugrundeliegt. Bloße

Analogieschlüsse von astronomischen, technischen und biologischen Systemen auf soziale Systeme haben für letztere keinen erklärenden Gehalt. Auf solchen Analogiebetrachtungen beruhende Prognosen müssen also ebenfalls als nicht wissenschaftlich klassifiziert werden.

Diese Ausführungen richten sich in erster Linie gegen langfristige Prognosen, die quantifizierte Angaben über wirtschaftliche und soziale Entwicklungen enthalten. Sie sind als wissenschaftlich nicht vertretbar erkannt. Daraus folgt auch, daß Anwendungsschwierigkeiten gewisser quantitativer Prognosetechniken Scheinprobleme sind, die sich notwendigerweise aus den Verfahren selbst ergeben. Die Diskussion dieser Scheinprobleme gehört nicht in den Rahmen dieser Untersuchung, in den nachfolgenden Abschnitten wird jeweils auf die betreffenden Literaturstellen verwiesen.

## 1.2. Prognosen in der Wirtschaftspraxis

Jedem unternehmerischen Handeln muß eine Entscheidung vorausgehen, der wiederum bestimmte Vorstellungen über den erzielbaren Erfolg in der jeweils erwarteten zukünftigen Situation zugrundeliegen. Der gewünschte Erfolg wird sich in der Regel nicht einstellen, wenn die tatsächlich eintretende von der erwarteten Situation wesentlich abweicht, m.a.W., wenn die Prognose - die Voraussage, Perspektive, Schätzung, Projektion, der Ausblick oder wie man die konkrete Erwartung auch nennen mag - falsch war. Eine Steigerung der Erfolgsaussichten setzt also eine bessere Prognose notwendig voraus. In der Wirtschaftspraxis sind daher verschiedene Verfahren entwickelt worden, die die Erwartungen über zukünftige Marktsituationen, aber auch z.B. über betriebliche Vorgänge nicht allein dem subjektiven Urteil überlassen, sondern in irgendeiner Weise systematisch bilden sollen. Dies sind praktischen Erfordernissen Rechnung tragende Methoden, die nicht notwendig wissenschaftlichen Ansprüchen genügen müssen. In diesem Sinn soll im folgenden von Prognoseverfahren, -methoden und -techniken gesprochen werden, auch wenn sich aus ihrer Anwendung

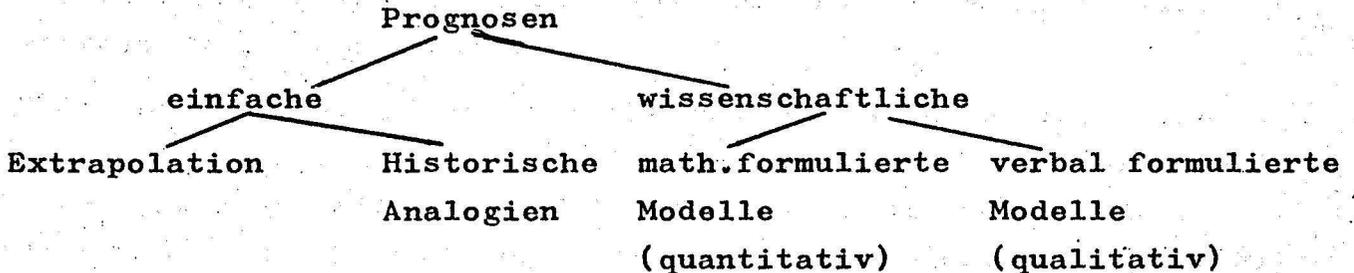
theoriefreie Prophetien, wissenschaftlich nicht begründete, unbedingte Prognosen oder Projektionen ergeben. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß es auch im unternehmerischen Bereich nicht unproblematisch sein kann, formalistische, wenn auch stark "mathematisierte" Prognoseverfahren zur alleinigen Entscheidungsvorbereitung heranzuziehen. Denn durch die ausschließliche Verwendung dieser Verfahren können u.U. nur intuitiv erfaßbare Chancen, die das Marktgeschehen bietet, verpaßt werden, wie überhaupt wegen der meist starren Strukturen der Prognosetechniken der Manager als "eine Persönlichkeit mit Initiative" (/103/S.36-) in keiner Weise ersetzt werden kann. Aus diesem Grunde kann auch keines der unten angegebenen Verfahren als das beste oder schlechteste bezeichnet werden, sie können alle nur als Instrumente betrachtet werden, die in dem Falle, daß sie den in sie gesetzten Erwartungen nicht gerecht werden, durch andere ersetzt werden müssen.

Die jeweilige Auswahl von Prognosetechniken kann ebenfalls nur nach pragmatischen Gesichtspunkten geschehen und erfordert Erfahrung und Urteilsfähigkeit. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß diese Auswahl auch so getroffen werden kann, daß beinahe alle möglichen, besonders langfristig wirkenden unternehmerischen Entscheidungen durch sie gerechtfertigt erscheinen. (Dazu siehe auch /101/S.528,/1/S.135-137).

### 1.3. Fragen der Systematik

In der Zukunftsforschung gibt es keine geschlossene Methodenlehre, dementsprechend auch keine einheitliche Systematik der Verfahren. Darstellungen der verschiedenen Prognosemethoden orientieren sich daher meist an Kriterien, die sich aus den speziellen Anforderungen, z.B. für Planungszwecke ergeben.

So trifft J. Inbergen folgende Unterscheidungen: (aus /104/)



Die erste Aufgliederung in diesem Schema in "einfache" und "wissenschaftliche" Prognosen entspricht zwar den Intentionen dieser Untersuchung, es erscheint aber nicht möglich, dies durch rein formale Trennung in verschiedene Techniken zu erreichen, da sicher auch aus mathematisch formulierten Modellen unwissenschaftliche Prognosen abgeleitet werden können.

E. Jantsch (/44/) wählt eine matrizenähnliche Darstellung, in der die beiden Spalten "explorative" (erkundende) und "normative" (richtungsweisende) Verfahren unterscheiden, die Zeilen in "objektive", "subjektive" und "systematische" Techniken gegliedert sind. Die Methode der Trendextrapolation wird dabei unter die "objektiven" Techniken eingeordnet, was u.E. eine etwas eigenartige Definition des Wortes "objektiv" voraussetzt. Zudem ist eine Aufteilung nach explorativen und normativen Verfahren (wie sie auch in /78,42,97,17,40/ gewählt wurde) aus zwei Gründen problematisch:

1. Erkundende Prognosen können durchaus richtungsweisenden Charakter haben, dann nämlich, wenn eine Koinzidenz von erkundeten Möglichkeiten und eigenen Zielvorstellungen vorliegt.
2. Normative Prognosen, die der Verfolgung eines bestimmten Zieles dienen, sind von Planung nicht zu unterscheiden.

Die im folgenden aufgeführten Prognosemethoden sind nach Art ihrer Aussage in qualitative (verbal beschreibende) und quantitative (mathematisch formulierte) Verfahren gegliedert. Die weitere Unterteilung ist so gewählt, daß formale

Zusammenhänge deutlich werden. Am Anfang stehen jeweils Verfahren, bei denen der notwendige Aufwand zur Zusammenstellung und Verarbeitung von statistischem Material oder an anderen Hilfsmitteln am geringsten ist.

Nicht berücksichtigt werden Verfahren, die sich nur für kurzfristige Voraussagen verwenden lassen, wie z.B. Saisonbereinigungsverfahren (siehe /84,85/), und solche, die vorwiegend in den USA für die Planung von "Research and Development" entwickelt wurden. Einen vergleichenden Überblick über letztere findet man in /16/ (mit einer umfangreichen Bibliographie), wo 30 verschiedene Verfahren nach 15 Kriterien geprüft wurden.

## 2. Qualitative Prognoseverfahren

Das Wort "Verfahren" bedeutet im allgemeinen eine systematisierte, vom jeweiligen konkreten Fall abstrahierte Vorgehensweise zur Lösung einer Klasse von Problemen. Eine Verwendung dieses Wortes als Überschrift über "Scenario writing" und "Brainstroming" scheint nicht gerechtfertigt, da man für sie kaum methodische Regeln angeben kann. Wenn sie hier dennoch aufgeführt werden, dann nur der Vollständigkeit wegen.

### 2.1. "Scenario writing"

Gewöhnlich wird "Scenario writing" mit "Drehbuch schreiben" übersetzt und als eine "Technik" bezeichnet, "die versucht, eine logische Abfolge von Ereignissen aufzuzeigen, wie von einer gegenwärtigen Situation ausgehend Schritt für Schritt sich ein zukünftiger Zustand entwickeln könnte" (übersetzt nach /2/S.180). Einer der führenden Vertreter unter den amerikanischen Futurologen, Herman Kahn, beschreibt in sechs Punkten die Vorteile von "Senarios", die hier gekürzt und übersetzt wiedergegeben werden:

1. "Scenarios" (S.) zwingen dazu, sich in ungewohnte und sich schnell verändernde Bereiche der gegenwärtigen und zukünftigen Welt zu versetzen.

2. S. zwingen dazu, sich mit Einzelproblemen auseinanderzusetzen, die bei einer abstrakten Betrachtung zukünftiger Entwicklungen gewöhnlich übersehen werden.
3. S. erhellen die Wechselwirkungen von psychologischen, sozialen, politischen und militärischen Einflußgrößen.
4. S. können auf Probleme hinweisen, die bei Betrachtung nur der gegenwärtigen Situation nicht erkannt werden.
5. S. können dazu benutzt werden, alternative Ergebnisse von gewissen realen Krisensituationen der Vergangenheit und Gegenwart zu betrachten (z.B. Suez, Libanon, Laos oder Berlin).
6. S. können historische Entwicklungslinien, technische Möglichkeiten oder die "Wahrscheinlichkeiten" einer Abfolge von Ereignissen aufzeigen.

Eine Kritik des "Scenario writing" erübrigt sich angesichts der nur subjektiv bewertbaren Vorteile, die Herman Kahn in dieser Methode sieht. Sein eigenes Urteil über die Anwendung von "Scenarios" ist sehr vorsichtig formuliert: "(Scenarios) are literary and pedagogical tools rather than .... /46/ S.A1-44)

Kürzer hat es Klages ausgedrückt: "Scenario ist dem Journalismus näher als der Wissenschaft." (TUB Aufbauseminar Systemtechnik, am 2.3.1971). Eine Propagierung von "Scenario writing" als Hilfsmittel der Zukunftsforschung sollte indiskutabel sein.

## 2.2. "Brainstorming"

Die Erwähnung des "Brain storming" soll hier auf die Bemerkung beschränkt bleiben, daß es als "Scenario writing" in der Gruppensituation bezeichnet werden kann. Die damit verbundenen Probleme sind vorwiegend psychologischer Natur. Eine etwas ausführlichere Diskussion findet sich in /42/S.136.

## 2.3. Die "Delphi Technik"

Die "Delphi Technik" wurde 1964 von Olaf Helmer angegeben (/34a/). Sie ist eine Weiterentwicklung des "Brainstorming", vermeidet die

Gruppensituation und hat das Ziel, einen "consensus" zwischen einer Anzahl von Experten über zukunftsorientierte Fragestellungen zu erreichen. Dies geschieht durch mehrere Rundfragen unter den Teilnehmern, in denen das Ergebnis der Vorrunde bekanntgegeben und der einzelne Teilnehmer um Begründung seiner Meinung gebeten wird, sofern sie sich von einem sich abzeichnenden "consensus" unterscheidet. Die Antworten werden statistisch ausgewertet, Verteilungen und deren "Quartilen" berechnet und in Diagrammform als Prognose dargeboten. Bei der Auswertung solcher Veröffentlichungen muß jedoch immer beachtet werden, daß es sich um Manipulationen an einer Vielzahl von Meinungen handelt. Ihre Bedeutung sollte nicht überbewertet werden, eher der von feuilletonistischen Arbeiten gleichgestellt werden. Weitere Veröffentlichungen zur "Delphi Technik": /42/S.127, /3/S.159, /24/ . -

#### 2.4. "Morphologische Methode"

Die auf Fritz Zwicky zurückgehende Methode der "morphologischen Analyse" (Untersuchung der Form oder Struktur einer Sache) versucht am wenigsten von allen bisher genannten Verfahren, ihren weltanschaulichen Hintergrund zu verbergen. Zwicky selbst hat eines seiner Werke "Entdecken, Erfinden und Forschen im morphologischen Weltbild" genannt. Er sieht das Hauptanwendungsgebiet der "morphologischen Methode" im technischen Bereich, z.B. für die Entwicklung neuer Raumfahrzeugantriebe. Fünf Schritte charakterisieren dieses Verfahren:

1. Exakte Beschreibung des Problems durch strukturelle Aufgliederung in Teilaspekte.
2. Studium der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten für die in 1. definierten Teilprobleme, Zuordnung von Parametern zu jeder Lösung und ihre Anordnung in Zeilenmatrizen für jedes Teilproblem.
3. Anordnung der Parametermatrizen zu einer "morphological box", d.h. die Zeilenmatrizen werden untereinander geschrieben, so daß von oben nach unten die verschiedenen Teilprobleme mit ihren Lösungen stehen.
4. Durch kombinatorische Verknüpfung der Teillösungen werden mehr oder weniger sinnvolle Gesamtlösungen zusammengestellt und bewertet.

5. Aus den bewerteten werden gewünschte Lösungen ausgewählt und ihre Realisierbarkeit geprüft.

Die auf diese Weise gewonnenen Lösungen von Problemen setzen sich aus bekannten Teillösungen zusammen, das Neue liegt in der Art der Verknüpfung. Ob diese Methode über den technischen Entwicklungsbereich hinaus Anwendung finden kann, darf dahingestellt bleiben. (Siehe auch /42/S.175,/3/S.211,/104/S.29,/18/)

### 3. Quantitative Prognoseverfahren

#### 3.1 Bestimmung von Gesetzmäßigkeiten aus beobachteten Daten

##### 3.1.1. Methode der gleitenden Durchschnitte

Wirtschaftliche Kenngrößen, wie z.B. Produktionsziffern und Absatzmengen in gewissen Industriebranchen, die Stromerzeugung eines Landes u.a. werden von verschiedenen Institutionen in mehr oder weniger regelmäßigen Zeitabständen veröffentlicht. Die Darstellung der Kenngrößen in einem Koordinatensystem, in dem die Abszisse einen Zeitmaßstab trägt, gestattet einen schnellen historischen Überblick. Dieser kann dadurch noch erleichtert werden, daß die eingetragenen Punkte miteinander verbunden werden. Die Verbindungslinie wird in den meisten Fällen mehrfach geknickt verlaufen. Durch Bildung gleitender Durchschnitte kann die Kurve in erster Näherung geglättet werden. Dazu wird der arithmetische Mittelwert mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Meßwerte berechnet und als neuer Wert an der Intervallmitte eingeführt. Dies wird bei fester Intervallbreite für alle Meßpunkte wiederholt, wobei das Intervall wie ein Fenster schrittweise über die Zeitreihe verschoben wird. Je größer die Intervallbreite gewählt wird, desto stärker werden Schwankungen der beobachteten Größe ausgeglichen und desto glatter verläuft die "bereinigte" Kurve. Diese wird in der Regel mit der Bezeichnung "Trend" belegt, was bereits auf ihre Verwendung zur Prognose hinweist. Denn auf der Verlängerung dieser geglätteten Kurve über den letzten Meßwert hinaus in die Zukunft beruht eine Vielzahl von Prognosen. Diese Projektion des Trends wird direkt geschätzt, und ein Streubereich zwischen optimistischer

und pessimistischer Prognose wird meist als die sogenannte Ungewißheitsbreite angegeben. Auf diese Weise erstellte Prognosen sind zweifach durch subjektive Urteile belastet:

1. durch die willkürliche Wahl der Intervallbreite zur Bildung der gleitenden Durchschnitte
2. durch die geschätzte Trendextrapolation

Die "Unsicherheit" solcher Prognosen ist leicht einzusehen. Der Wert der Methode der gleitenden Durchschnitte ist auch eher darin zu sehen, Konjunktumschwünge festzustellen, als quantifizierte Prognosen zu erstellen.

### 3.1.2. Trendfunktionen

Die Darstellung von wirtschaftlichen Kenngrößen in einem Koordinatensystem legt rein formal auch eine mathematisierte Methode, Prognosen zu stellen, nahe. Dies kann dadurch geschehen, daß dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Werte eine mathematische Funktion zugeordnet und diese über die Gegenwart hinaus in die Zukunft extrapoliert wird. Die Zuordnung eines Funktionstyps zu beobachteten wirtschaftlichen Kenngrößen ist in jedem Fall eine rein subjektive Schätzung. Die Anpassung der Funktion durch Parametervariation an den meist unregelmäßigen Verlauf der beobachteten Werte kann jedoch nach objektiven Methoden, zum Beispiel nach dem Kriterium der kleinsten Abweichungsquadrate, optimiert werden. Die Extrapolation solcher optimal angepaßter Funktionen liefert deswegen noch keine "optimalen" Prognosen, da durch die Wahl und optimale Anpassung eines anderen Funktionstyps sich notwendigerweise auch andere Prognosewerte ergeben. Schon aus diesem Grunde muß vor der mechanischen Verwendung von Trendfunktionen zur Wirtschaftsprognose gewarnt werden. "Die Schwierigkeiten und entscheidenden Mängel der Trendverfahren werden besonders deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, wie wenig eindeutig ihre Ergebnisse sind. Das zugrundeliegende Beobachtungsmaterial erlaubt so gut wie immer alternative Ausglättungsweisen, deren Extrapolationswerte u.U. so stark auseinanderklaffen, daß die Resultate für jeden Zweck unbrauchbar sind. Eine hinreichende Eingrenzung der Entwicklungsmöglichkeiten gelingt selten." (aus /28/S.31). Siehe dazu auch: /78/S.5ff., /45/S.33, /60/S.19ff., /79/S.20ff. und S.51, /13/S.752ff., /34/S.83ff., /3/S.231, /103/S.47, /10/S.189, /7/S.17, /72//100, /83/. Im übrigen sei an Abschnitt 1.1.

erinnert. Einen ausgezeichneten Überblick über Trendfunktionen, ihre Auswahl und Anpassung an Zeitreihen zum Zweck der Prognose bietet /31/. In allen anderen Veröffentlichungen werden jeweils nur einige der in /31/ behandelten Funktionen angegeben (siehe /42,71,75,35,40,45,60,28,103,79,98,5,27,34,53,54,104, 3/).

### 3.1.3. Wachstumsnetze

Lineare Zusammenhänge zwischen abhängiger und unabhängiger Variabler sind in Diagrammform am einfachsten zu erkennen, darzustellen und zu extrapolieren. Liegen kompliziertere funktionale Abhängigkeiten zwischen zwei Größen vor, so läßt sich in der Regel eine Koordinatentransformation in der Weise durchführen, daß im Schaubild wieder eine Gerade den Zusammenhang zwischen den Größen beschreibt. Beispiele sind das einfach- und doppelt-logarithmische Koordinatensystem, das logistische Wachstumsnetz (tanh-Transformation der Ordinate)(aus /92/) und andere in /34/ angegebene Koordinatensysteme. Sie können im wirtschaftlichen Bereich Hilfsmittel sein, Zeitreihen durch Schätzung zu glätten. Dabei besteht allerdings die Gefahr, daß man einen Ausgleich der Streuungen beobachteter Werte in Richtung auf den vorgegebenen Funktionszusammenhang sucht, obwohl vielleicht eine andere Funktion kleinere Abweichungen zeigen würde.

Die Verwendung von Wachstumsnetzen zur Prognose muß mit den gleichen Vorbehalten wie jede andere Extrapolationsmethode betrachtet werden. Es sei deshalb noch einmal auf die kritischen Stimmen von Gerfin, Pahlow, Urban, Popper, Albert, und Bright (letzterer besonders in /12/ S.68) verwiesen.

### 3.1.4. "Exponential smoothing"

In den bisher erwähnten Verfahren wurden alle historischen Daten gleichgewichtig zur Bestimmung funktionaler Zusammenhänge herangezogen. Aus der Annahme, daß weiter zurückliegende Ereignisse den zukünftigen Verlauf einer Entwicklung nicht in dem Maße beeinflussen wie die jüngsten beobachteten Werte, wurde eine

exponentielle Gewichtung der historischen Daten abgeleitet. Vor der eigentlichen Trendextrapolation werden die Werte der diskreten Zeitreihe  $f(t - nT) = f_n$ ,  $n = 0, 1, 2 \dots N$  ausgehend vom jüngsten gemessenen Wert  $f_0$  mit  $x(1 - x)^0$ ,  $x(1 - x)^1$ ,  $x(1 - x)^2 \dots x(1 - x)^N$  multipliziert, wobei gilt  $0 \leq x \leq 1$ . Das Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Werte der so gewichteten Zeitreihe ist

$$\frac{f_n \cdot (1 - x)^n \cdot x}{f_{n+1} \cdot (1 - x)^{n+1} \cdot x} = \frac{1}{1 - x} \cdot \frac{f_n}{f_{n+1}}$$

Je weiter die Werte in der Vergangenheit liegen und je größer  $x$  ist, desto stärker ist die so definierte exponentielle Gewichtung der Zeitreihenwerte.

Diese Methode wird besonders in /84/ und /53/ behandelt.

### 3.2. Analogiebetrachtungen

#### 3.2.1. Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern

Für die Tatsache, daß bestimmte Wirtschaftsgüter in verschiedenen Volkswirtschaften zum selben Zeitpunkt eine unterschiedliche Verbreitung gefunden haben, lassen sich zahlreiche Beispiele angeben (siehe /35,92,10,27,9/). Liegen über die Entwicklung z.B. des Pkw-Bestandes in den USA und der BRD vergleichbare Daten vor (z.B. relativiert in Bezug auf das pro-Kopf-Einkommen oder die Zahl der Einwohner) so wird die zeitliche Differenz, die zwischen gleichen Werten des Pkw-Bestandes in den beiden Ländern festgestellt wird, als "time-lag" betrachtet und der "Vorsprung" des einen Landes als Prognosewert der Entwicklung im anderen Land angegeben. "Die begrenzte Anwendungsmöglichkeit dieser Methode ergibt sich im wesentlichen daraus, daß die geographischen, wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse der verschiedenen Länder vielfach nicht vergleichbar sind." (Forsch./27/).

### 3.2.2. Vergleich zwischen verschiedenen Produkten

Vorwiegend im Bereich des "technological forecasting" werden aus dem zeitlichen Vorsprung, den die Entwicklungen z.B. in der militärischen Luftfahrt und der Raumfahrttechnik vor dem zivilen Einsatz haben, Prognosen für sekundäre (zivile) Anwendungsmöglichkeiten abgeleitet (siehe /42/S.160ff.,/60/S.54ff.).

Die Überlegungen, die zur Anwendung dieser Methode führen, gehen meist über rein historische Analogiebetrachtungen hinaus, indem Kausalitäts- und Regressionsanalysen herangezogen werden. Da jedoch die Anforderungen an unterschiedliche Produkte - z.B. an Kampf- und Transportflugzeuge innerhalb des militärischen Bereichs - sehr unterschiedlich sein können, müssen Prognosen auf dieser Basis sehr zurückhaltend beurteilt werden (siehe Prognose in /60/S.55).

### 3.2.3. Wachstumsanalogien

Die Verbreitung von Wirtschaftsgütern (siehe /9,71,57,35,92,25,93,10,21,79/), die Einführung von Fertigungstechniken in einer Branche (siehe /62/) und die historische Entwicklung z.B. der Fortbewegungsmittel (siehe /60/S.24ff.) wird analog einem biologischen Wachstums- oder Ansteckungsprozeß betrachtet. Durch Abstraktion von den wirklichen Verhältnissen und Annahme geschlossener Systeme läßt sich für letztere die sogenannte "logistische" Funktion (eine tanh-Funktion) als mathematische Beschreibung der biologischen Vorgänge herleiten (siehe /63/). Die "anschauliche" Übertragung dieser Beschreibung auf das Wirtschaftsleben ist (siehe Abschnitt 1.1.) äußerst problematisch, was sich in ausführlichen Diskussionen um Sättigungswerte und Wachstumsparameter niederschlägt (siehe o.a. Literatur). Die Verwendung der logistischen Funktion oder des logistischen Wachstumsnetzes zur Prognose unterscheidet sich in keiner Weise von anderen Trendextrapolationen. Es wird deswegen auf die in 3.1. angegebene Literatur verwiesen.

### 3.3. Systemanalytische Methoden

Das Denken in Trendfunktionen ist eine rein phänomenologische Betrachtungsweise, die sich nicht um das Verständnis der Zusammenhänge zwischen beobachteten Ereignissen bemüht, sondern sich mit der Annahme begnügt, daß historisch konstituierte Formen des Wandels existieren und in der Zukunft stabil bleiben.

In Überwindung dieses "naiven" Ansatzes (siehe /28/ S.41,/78/) wurde mit verschiedenen, im folgenden behandelten Methoden versucht, ökonomisches Geschehen in Teilbereichen einer Volkswirtschaft auf stärker aggregierte Bereiche zurückzuführen, kausaltheoretische Beziehungen herzustellen und ganze volkswirtschaftliche Systeme auf mathematische Modelle abzubilden. Dieses auf Erkenntnis von Systemzusammenhängen gerichtete Vorgehen unterscheidet sich dadurch in der Zielsetzung wesentlich von allen Trendverfahren. Damit ist aber noch nichts darüber ausgesagt, inwieweit diese Erkenntnis möglich und ausreichend ist, um Prognosen erstellen zu können.

#### 3.3.1. Gekoppelte Prognosen

Gekoppelte Prognosen sind die einfachste Form der durch Wenn-Dann-Sätze charakterisierten bedingten Prognosen. Die in diesem einfachen Verfahren berücksichtigten und in der Prognose zum Ausdruck kommenden Bedingungen sind zweifacher Natur: Das Eintreffen der Prognose ist nur dann fast sicher, wenn

1. die erkannten Zusammenhänge zwischen einer "Leit-" und der zu prognostizierenden Größe in Zukunft erhalten bleiben,
2. die "Leitgröße" richtig prognostiziert wurde.

Ein einfaches Beispiel soll dies erläutern (nach /79/). Es werde die Prognose der Zahl  $L$  der benötigten Grundschullehrer verlangt. Der hier logisch gegebene und zur Vorhersage geeignete Zusammenhang ist der, daß eine gewisse Anzahl von Schülern einen Lehrer braucht. Das zahlenmäßige Verhältnis  $k$  von Lehrern zu Schülern ist eine politischen Entscheidungen unterworfenen Größe und muß vorgegeben oder geschätzt werden. Die "Leitgröße" der Prognose

ist die zu erwartende Gesamtzahl  $S$  an Schülern, die einer demographischen Vorschau entnommen werden muß. Der Zusammenhang zwischen Leitgröße  $S$  und zu prognostizierender Größe  $L$  wird zur Zeit  $T$  also durch die Gleichung

$$L_T = k(T) \cdot S_T$$

beschrieben.

Prognosen dieser Art können an sich nicht "falsch" sein, da die Bedingungen für ihre Gültigkeit klar gesagt werden; wohl aber können die Voraussetzungen, unter denen sie erstellt wurden, sich in der wirklich eintretenden Situation als unrealistisch erweisen. Außerdem bleibt in den meisten Fällen die Frage offen, nach welchen Methoden die Leitgröße prognostiziert werden soll, da ja die gekoppelte Prognose in keinem Fall realistischer als die Prognose der Leitgröße sein kann.

### 3.3.2. Regressionsrechnung

Sind die Zusammenhänge zwischen mehreren wirtschaftlichen Variablen nicht so einfacher, leicht zu überschauender Natur, wie in dem oben angeführten Beispiel, so kann die Regressionsanalyse der Zeitreihen u.U. die Kopplung zwischen zwei oder mehreren Variablen aufdecken. Man unterscheidet entsprechend zwischen

- a) einfacher Regression  $y = f(x)$
- b) stufenweiser Regression  $y = f_1(x_1) ; x_1 = f_2(x_2)$   
 $x_2 = f_3(x_3)$  usw.
- c) einfacher Regression nach verschiedenen Komponenten:  
 $y_1 = f_1(x_1), y_2 = f_2(x_2) \dots$   $y = \sum_i y_i$
- und d) multipler Regression:  $y = f(x_1 \dots x_n)$  ,

wobei die zu prognostizierende Größe durch  $y$ , die erklärenden Variablen durch  $x_i$  symbolisiert seien (siehe /28/). In allen Fällen (a - d) werden aus den Zeitreihen der  $y$  und  $x_i$  Korrelationskoeffizienten zwischen  $y$  und  $x_i$  mit dem Ziel berechnet, die

Parameter hypothetischer, meist linearer Strukturgleichungen zu bestimmen (dazu siehe auch 38). Diese Gleichungen können jedoch auch nur dann als Hilfsmittel zur Prognose herangezogen werden, wenn die erklärenden Variablen als Leitgrößen auf irgendeine Weise leichter oder genauer vorherzusagen sind, und wenn die durch die Gleichungen gegebenen Beziehungszusammenhänge auch in Zukunft als gültig angenommen werden können. (siehe dazu auch /28/,s.53). Die Regressionsanalyse kann also im eigentlichen Sinne nicht als Prognosetechnik bezeichnet werden. "Häufig liegt ihr einziger Vorzug darin, daß sie auf den methodisch weniger bewanderten Interessenten oder Auftraggeber durch die scheinbar vollständigere Erfassung komplizierter Zusammenhänge einen stärkeren Eindruck macht." (/28/,S.70). Weitere Literatur: /10/S.126ff., /28/S.41ff.,/103/S.74ff.,/79/S.96ff.,/98/S.208ff..

### 3.3.3. Input-Output-Analyse

Über den engen Rahmen der Regressionsanalyse, die Zusammenhänge zwischen einzelnen wirtschaftlichen Variablen aufzudecken gestattet, geht die Input-Output-Analyse hinaus, die die Gesamtheit der Wirtschaft eines Landes oder zumindest größere Teile derselben zu erfassen versucht. (Die hier nicht interessierende betriebswirtschaftliche Bedeutung der Input-Output-Analyse wird z.B. in /82/ behandelt). Ein weiterer wesentlicher Unterschied zur Regressionsanalyse besteht darin, daß mit Hilfe der Input-Output-Analyse nicht zeitlich funktionale, sondern ökonomisch funktionale Zusammenhänge zwischen den Variablen einer Volkswirtschaft hergestellt und betrachtet werden. In einer Input-Output-Tabelle werden die Käufe und Verkäufe von Gütern und Dienstleistungen einzelner Sektoren einer Volkswirtschaft innerhalb einer Periode gegenübergestellt und Koeffizienten berechnet, die Eingangs- und Ausgangsgrößen in Beziehung setzen.

Fragen der Sektoraufteilung, des Aggregationsgrades, der Formulierung des Input-Output-Modells oder der Parameterschätzung können hier nicht behandelt werden. Sie sind Gegenstand wirtschaftswissenschaftlicher Untersuchungen, die die Voraussetzungen zur Verwendung der Input-Output-Analyse als Prognosehilfsmittel sind (siehe /28/;/82/;/5/).

Zur Beurteilung der Input-Output-Analyse als Hilfsmittel der Wirtschaftsprognose sollen Zitate zweier Wirtschaftler herangezogen werden: Bassie (/5/S.547): "The primary use of the input-output analysis consists in translating an over-all forecast into the specifics of industrial segments. It is a method for distributing the totals into subsidiary parts." (Gerfin, /28/S.104/105): "Schließlich ist Vorbedingung jeglicher Antwort aus dem (Input-Output-)System eine korrekte Antizipation der langfristigen Endbedarfsentwicklung, untergliedert nach den Industrien, auf die sie sich unmittelbar erstreckt. Gerade in diesem Punkt sind wir von einem befriedigenden Lösungsansatz weit entfernt. Der Input-Output-Analyse kann daher schwerlich eine Überlegenheit gegenüber isolierenden Verfahren zugesprochen werden. In fast allen Ländern stecken die empirischen Arbeiten darüber hinaus noch so in den Anfängen, daß überhaupt kein brauchbares Fundament für eine Prognose besteht."

#### 3.3.4. Ökonometrische Methoden

In ökonomischen Modellen nach Art des Input-Output-Systems werden deterministische Beziehungen zwischen verschiedenen wirtschaftlichen Variablen aufgestellt, die deswegen auch als "Kausalmodelle" bezeichnet werden (siehe dazu besonders /105/, /110/S.37). Die Wendung vom Kausalitätsprinzip hin zum "Ätialprinzip" (dazu Menges: "(wir führen) im Falle der Ätialität mit einer Veränderung der allgemeinen Bedingungen eine Veränderung der möglichen realen Folgen und ihrer Wahrscheinlichkeiten herbei.") kennzeichnet wohl am besten die ökonometrische Betrachtungsweise.

Dies bedeutet in der ökonometrischen Praxis neben den endogenen und exogenen Variablen die Einführung von latenten (stochastischen) Variablen in die Modellstruktur. Die Aufstellung des ökonometrischen Modells selbst umfaßt sechs Schritte (nach /67/):

1. Bildung des ökonomischen Modells (dies ist "a creative process, an art" (T.Haavelmo)).
2. Formale und materiell-statistische Prüfung

3. Aufstellung des Gleichungssystems
4. Einführung von Voraussetzungen über die gemeinsame Dichtefunktion der latenten Variablen
5. Prüfung auf Vollständigkeit
6. Prüfung auf Identifizierbarkeit

- Erst wenn in einem möglicherweise iterativen Prozeß das ökonomische Modell erstellt wurde, kann seine Eignung zur Prognose z.B. durch eine "ex-post" Prognose (Prognose von Vergangenheitswerten aus weiter zurückliegenden Daten) geprüft werden. Werden dabei unbefriedigende Ergebnisse erzielt, dann bedeutet dies meist eine Revision aller sechs genannten Schritte. Führt man sich die stark verzweigte Struktur ökonomischer Modelle vor Augen (z.B. beim EXPLOR-80 II des Battelle-Institutes, Genf, werden 60 Sektoren der Volkswirtschaft betrachtet), so kann man den sehr hohen Aufwand ökonomischer Analysen ermessen. Dazu schreibt Werner Meißner (/66/S.265): "Die Parameter, welche die Verknüpfung der Variablen, d.h. die Struktur des Modells kennzeichnen, müssen durch statistische Schätzverfahren<sup>1)</sup> bestimmt werden. Geschätzte ökonomische Modelle sind teuer. Es gibt immer noch relativ wenige, besonders wenn man auf ihre Verwendung zur Prognose abstellt." Gleichwohl stellt derselbe fest (op.cit. S.274): "Ökonomische Prognosemethoden waren bisher nicht sehr erfolgreich. Das ist so, obwohl die Forschungsergebnisse, die sich auf die theoretisch-statistischen Probleme der Ökonometrie beziehen, recht eindrucksvoll sind. Aber wie D.B.Suits, ein Praktiker der ökonomischen Prognose bemerkt, liegen die Schwierigkeiten nicht hauptsächlich bei den immer raffinierter gewordenen Schätzverfahren. Sie tauchen früher auf:

Bei den Daten, die unvollständig und mit Meß- und Beobachtungsfehlern behaftet sind; bei der Konstruktion der Modellgleichungen; bei den (für die Schätzung notwendigen) Spezifikationen des stochastischen Charakters der Modelle; bei der Annahme, daß die Modellstruktur im Prognosezeitraum die gleiche bleibt wie im Zeitraum der ökonomischen Schätzung."

Als Ergänzung zur Beurteilung der Ökonometrie als Prognoseinstrument sei noch Günter Menges zitiert (/67/S.217):

---

<sup>1)</sup> (Maximum-likelihood-, auch Größte-Dichte-Schätzung genannt, oder nach der Kleinst-Quadrat-Methode)

"Jedenfalls ist es - gerade im Rahmen des Prognostizierens - verkehrt, in der Ökonometrie ein Universalmittel zu erblicken und sich der durchaus naheliegenden Gefahr eines ökonometrischen Schematismus auszusetzen. Freilich ist die Ökonometrie, richtig, nämlich kritisch angewandt, ein nützliches Instrument wirtschaftswissenschaftlicher Erkenntnis, aber der Forscher wird gut daran tun, ökonometrische Resultate - besonders im Rahmen des Prognostizierens - stets nur, wie dies von Blind formuliert wurde, als eine Instanz unter mehreren zu betrachten." (siehe auch /83/S.151)

### 3.4. Dynamische und kybernetische Prognosemodelle

Die Verwendung des Begriffs "dynamisch" als Attribut von "Prognosemodell" bedarf einer näheren Betrachtung. Jantsch weist in seinen "forecasts on forecasting" (/42/S.131) darauf hin, daß "Techniques will use dynamic formulations (not "snapshots")", ohne näher auf eine Begriffsbestimmung einzugehen. Eine indirekte Beschreibung gibt Lenz (/60/S.63) "The title "Dynamic Forecasting" is derived from the term "Industrial Dynamics," used by Professor Jay W. Forrester to connote a method of decision making for industrial managers in which complex business operations are simulated on a digital computer. By varying the information fed into the computer, the effect of management decisions on future operations may be determined. A similar method may be used for technological forecasting by the effect of various policies on technical progress may be estimated."

Roberts (78/S.8) erklärt "dynamic causally-oriented forecasting" nur durch die Erwähnung von "dynamic computer simulation" der Modelle und beruft sich im übrigen auf Lenz, Jantsch u.a.. Zwicker gibt eine Erklärung des dynamischen Systembegriffs in den Wirtschaftswissenschaften, der ohne weiteres auf das das System beschreibende Modell übertragen werden kann (/110/S.9): "Der Einfluß der Vergangenheitsausprägungen bestimmter Variabler auf die gegenwärtigen Ausprägungen derselben oder auch anderer Variabler ist das entscheidende Kennzeichen eines dynamischen Systems." In diesem Sinne sind sicher ökonometrische auch dynamische Modelle, ebenso, wie die dynamischen Input-Output-Modelle. Demgegenüber muß das "dynamische Prognosemodell" abgegrenzt werden, da sonst

alle historischen Prognosen auch dynamisch genannt werden könnten. Deshalb sollen im folgenden unter dynamischen Prognosemodellen solche Modelle verstanden werden, die den Einfluß der Vergangenheitsausprägungen bestimmter Variabler auf die Modellstruktur im Zeitverlauf berücksichtigen (siehe dazu /7/S.180 und mit Einschränkungen: "Learning curves" in /42/S.168).

### 3.4.1. Dynamisierung ökonomischer Modelle

Einer der wesentlichen Gründe für die relativ bescheidenen Prognoseerfolge ökonomischer Modelle lag in ihrer Strukturkonstanz begründet. Die Überwindung dieser Grundannahme klassischer ökonomischer Modelle kann nur dann gelingen, wenn eine einmal gefundene Struktur ständig anhand neuer Außeninformationen überprüft und gegebenenfalls verändert wird (siehe /66/S.278). Dies würde für die Prognose selbst nur eine Aktualisierung der Ausgangssituation bedeuten, wenn für den Prognosezeitraum weiterhin die Konstanz der Struktur angenommen würde. Erst das Durchspielen verschiedener zu erwartender Modellstrukturen und ein Vergleich ihrer Prognoseergebnisse könnte das Prinzip der Dynamisierung auf die Vorausschau selbst ausdehnen. Hier scheint aber die Grenze sinnvoller Prognostik erreicht zu sein, da die hypothetische Strukturänderung für alternative Prognoserechnungen entweder subjektive Schätzungen bleiben, oder eine Theorie der Strukturänderung im Wirtschaftsgeschehen aufgestellt werden müßte. An dieser Stelle wird deutlich, was Peter Urban (/101/S.529) mit folgenden Worten beschreibt: "Wissenschaftliche Prognosen sind immer bedingte Prognosen..Will man nun ein in weiter Zukunft liegendes Ereignis mit Hilfe einer Theorie (T 1) prognostizieren, dann ist klar, daß man dafür auch deren Bedingungen (B 1) für den gleichen zukünftigen Zeitpunkt vorhersagen muß. Denn wenn die Bedingungen eines Gesetzes nicht realisiert sind, so treten auch seine Wirkungen nicht auf.

Sollen die Bedingungen zu dem betreffenden Zeitpunkt aber nicht einfach prophezeit werden, dann muß man sie ihrerseits mit Hilfe einer Theorie (T 2) prognostizieren, deren Bedingungen (B 2) jedoch wiederum langfristig vorherzusagen wären. Das gilt ebenso für die Bedingungen der neuen Theorie (T 3) usw. ad infinitum.

Der Versuch langfristiger wissenschaftlicher Prognosen führt also in einen unendlichen Regreß und ist prinzipiell zum Scheitern verurteilt. Man steht vor der Wahl, das Unterfangen oder die Spielregeln der Wissenschaft aufzugeben und zu spekulativen Methoden Zuflucht zu nehmen."

### 3.4.2. Kybernetische Prognosemodelle

Hinweise auf kybernetische Modelle als Prognoseinstrument finden sich bei Jantsch (/42/S.241), der sie als "feedback systems" beschreibt, Zwicker (/110/S.6) und Biermann (/7/), die beide ebenfalls den regelungstechnischen Aspekt in den Vordergrund stellen. Wie Zwicker richtig bemerkt, können je nach Weite bzw. Enge der Definition von "Kybernetik" alle dynamischen Systeme als kybernetische interpretiert werden. Eine ausführliche Diskussion der Anwendbarkeit kybernetischer Begriffe und Methoden in der Volkswirtschaftslehre gibt Biermann (/7/S.57ff.). Er geht dabei von der Couffignal'schen Definition der Kybernetik aus als der Kunst, die Wirksamkeit der Aktion zu gewährleisten. (Im Abschnitt 1.2. wurde bereits auf die Bedeutung der Prognose für den unternehmerischen Erfolg hingewiesen).

Die Methoden, mit denen dieses Ziel erreicht werden soll, sind für Biermann die der Regelungs- und Nachrichtentechnik, die "Methoden der Eingangsmanipulation und Ausgangsklassifikation, nicht hingegen Methoden der Analyse von Ursachen und Wirkungen." (/7/S.68). Notwendige Bedingungen dafür, daß diese Methoden zu einer Beschreibung eines Systems, etwa durch eine Übertragungsfunktion führen, sind die Abgeschlossenheit und das stationäre Verhalten der Systeme. Diese Voraussetzungen sind jedoch (siehe Abschnitt II.1.1.) im wirtschaftlichen Geschehen nicht erfüllt, ihre willkürliche Annahme würde diese "kybernetische" Methode des Prognostizierens wieder in die Nähe der naiven, historizistischen Verfahren rücken. Deshalb muß Biermann widersprochen werden, wenn er schreibt, es "läßt sich (bei genügender Häufigkeit der tatsächlichen Ereignisse - Beispiel: Bergwerksstilllegungen) eine Wahrscheinlichkeit ständig "verbessern" (/7/S.69). Damit

setzt Biermann voraus, daß Ensemblemittelwert und zeitliches Mittel von Ereignissen im Wirtschaftsleben vertauschbar sind. Es liegen jedoch keine Anhaltspunkte dafür vor, daß Prozesse im sozialen Bereich ergodisch sind, sie sind wahrscheinlich nicht einmal stationär.

Praktische Erfahrungen mit Prognosemodellen nach einem kybernetischen Konzept sind bisher nicht bekanntgeworden. Wenn, wie in /112/S.1468, unter Kybernetik die Anwendung der Vorstellungen der Regelung, der Nachrichtenverarbeitung und Nachrichtenübertragung auf biologische Vorgänge und allgemein auf Automaten verstanden wird, dann darf bezweifelt werden, daß ein kybernetischer Ansatz die grundsätzlichen Beschränkungen für wirtschaftswissenschaftliche Prognosen (siehe Abschnitt II.1.1.) überwinden kann. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Glaube an eine erfolgreiche Verwendung der Konzeption von sich selbst korrigierenden kybernetischen Systemen zur Prognose nur eine andere Ausprägung der historizistischen Annahme ist, dem wirtschaftlichen Geschehen lägen irgendwie geartete Entwicklungsgesetze zugrunde, deren Entdeckung man Automaten überlassen kann.

### III) Prognosen im Fernmeldewesen

Alle Betrachtungen über mögliche zukünftige Entwicklungen im Fernmeldewesen gehen von den historischen und gegenwärtigen Daten der Verkehrsmenge und der Verbreitung des Telephons aus. Die verschiedenen untersuchten Kenngrößen des Verkehrs sind die Gespräche pro Kopf und Jahr (/10/ und /35/), die jährlich hergestellten Orts- und Fernverbindungen pro Person als Funktion der Fernsprechstellendichte (/21/), die Fernverkehrsdichte (/107/) und die Zahl der Fern- und Überseegespräche (in den USA und der Welt insgesamt in AT&T-Prognosen). Als Kenngrößen der Verbreitung des Telephons werden die Zahl der Hauptanschlüsse pro Kopf der Volkswirtschaft (Hauptanschlußdichte in /8,9,10,14,21,25,57,71,87/), die Zahl der Hauptanschlüsse (/8,9,25/), die Zahl der Sprechstellen pro Teilnehmeranschlußleitung (/10,87/), die Gesamtzahl aller Sprechstellen und ihr Verhältnis zur Bevölkerungszahl (AT&T) betrachtet.

Im Rahmen dieser Untersuchung können die Kenngrößen des Verkehrsaufkommens ausgeklammert werden. Unter den Kenngrößen der Verbreitung des Telephons existieren für die Hauptanschlußdichte

in den einzelnen Ländern die meisten Veröffentlichungen, was eine vergleichende Betrachtung erleichtert, wenn auch festgestellt werden muß, daß dieser Vergleich nur die verwendeten Prognoseverfahren einschließen kann, da die Prognosewerte selbst nur für das jeweilige Land von Bedeutung sind. Wenn in allen Ländern dasselbe Prognoseverfahren verwendet würde, könnten darüber hinaus weitere internationale Vergleiche gezogen werden (siehe Vorschlag in /25/S.46).

Die bekanntgewordenen langfristigen Prognosen im Fernmeldewesen beruhen auf Trendextrapolationen, Analogiebetrachtungen und Regressionsrechnungen. Am häufigsten bildet die logistische (tanh-) Funktion die Grundlage der Prognose. Im Kapitel II.1.1. wurde diese Funktion unter den Trendverfahren und den Analogieschlüssen aufgeführt, und es wurde gezeigt, daß ihre Verwendung in beiden Fällen zu wissenschaftlich nicht begründeten Vorhersagen führt. Deshalb werden alle Prognosen, die durch Extrapolation der tanh-Funktion zustande gekommen sind, ohne Rücksicht auf die "Herleitung" dieses funktionalen Zusammenhangs im Abschnitt 1.1.2. behandelt. Dort werden auch die aus Vergleichen zwischen verschiedenen Ländern gewonnenen Prognosen aufgeführt, da Analogiebetrachtungen letztlich auf Trendverfahren hinauslaufen.

## 1. Prognoseverfahren im Fernmeldewesen

### 1.1. Trendverfahren

#### 1.1.1. Exponentialtrends

Von der AT&T wurde die Entwicklung des Weltbestandes an Telefonen seit 1920 verfolgt und in ein einfachlogarithmisches Koordinatensystem eingetragen (siehe Diagramm 1). Deutlich sind Wirkungen der Weltwirtschaftskrise und des zweiten Weltkrieges zu unterscheiden. Alle anderen Schwankungen sind wegen des hohen Aggregationsgrades nicht mehr interpretierbar. Die Extrapolation selbst dürfte auf Schätzung beruhen (siehe II.3.1.). Aus einem Vergleich der Telefonentwicklung von 23 Ländern versucht Bogaerts (/10/) ein allgemeines Entwicklungsgesetz für die Hauptanschlußdichte  $d$  herzuleiten und kommt neben der tanh-Kurve auf ein

### Exponentialgesetz

$$d = 1,05^{(T - 1974,4 + c)},$$

wobei für T die Zeit in Jahren n. Chr. eingesetzt wird und die Konstante c für jedes Land verschieden ist. Diese Arbeit wird in Abschnitt 1.1.2. ausführlicher erwähnt. Allgemeine Hinweise auf die Verwendung von Exponentialtrends im Fernmeldewesen finden sich auch in /87/ und /20/.

#### 1.1.2. Logistische Wachstumsfunktion

Die Arbeiten von C. Lancoud, M. Ducommun und R. Trachsel (/57/) sind Grundlage einiger weiterer Veröffentlichungen (/9,71,35/) geworden. Die "Neue Studie über die wahrscheinliche Entwicklung des Telephons in der Schweiz" soll deswegen etwas ausführlicher diskutiert werden. Sieben Jahre nach der ersten Prognose der Hauptanschlußdichte mit Hilfe der tanh-Funktion stellen die Autoren Lancoud und Trachsel fest, daß bei einem Gesamtbestand von 1.228.274 Hauptanschlüssen (HA) 163.274 HA zu wenig für diesen Zeitraum vorhergesagt wurden. Die Gründe für "diese verhältnismäßig große Differenz" (op.cit.S.425) sehen sie darin, daß die Prognosefunktion nicht mit mathematischen, sondern graphischen Methoden an die Zeitreihe der Telephonentwicklung angepaßt worden war. Lancoud und Trachsel sehen jedoch auch die prinzipiellen Beschränkungen, die einer rein mathematischen Behandlung der Telephonprognose entgegenstehen: "Wir werden bald erkennen, daß es unmöglich ist, alle Faktoren, welche die Entwicklung des Telephons beeinflussen, in der Rechnung zu berücksichtigen...

Diese Studie muß daher mit kritischem Geist aufgenommen werden, was besonders auch dann gilt, wenn die Gesetze für andere Länder Verwendung finden sollen;". Bei der Ableitung der erwähnten Gesetze werden zwei fundamentale Bedingungen benutzt, deren Gültigkeit in der Realität vorausgesetzt werden muß (siehe dazu Zitat von Peter Urban aus /101/ in II.3.4.):

1. Der Anreiz für die Beschaffung eines Telephons ist dem Prozentsatz der Telephonbesitzer an der Gesamtbevölkerung proportional.
2. Die Zunahme der Telephondichte ist der Zeit proportional.

Dies sind die "Axiome" der Überlegungen von Lancoud und Trachsel; alle weiteren, induktiv aufgestellten Gesetze (tanh-Prognosefunktion) sind Tautologien und besitzen höchstens dieselbe Realitätsnähe wie die Grundannahmen.

Es muß allerdings noch auf einen formalen Fehler hingewiesen werden. Bei der Anwendung der tanh-Funktion werden aus drei Werten (aus den Jahren 1900, 1931, 1962) der tatsächlich vorliegenden Zeitreihe der Telephonentwicklung die Kurvenparameter bestimmt. Dieses Vorgehen setzt jedoch voraus, daß gerade die ausgewählten Werte den historischen Verlauf bestimmen. Oehme (/71/) hat jedoch nachgewiesen, daß sich je nach Auswahl der Zeitreihenwerte verschiedene Kurvenparameter ergeben (siehe dazu auch Zitat von H. Gerfin aus /28/ in II.3.1.).

Lancoud und Trachsel diskutieren die Prognose nach der tanh-Funktion außerdem anhand eines Vergleiches mit der Entwicklung in Schweden, der ebenfalls eine tanh-Funktion angepaßt wird, und stellen einen zeitlichen Vorsprung Schwedens von neun Jahren gegenüber der Schweiz fest (siehe dazu II.S.2.). Eine Bestätigung der Prognose der Gesamtentwicklung des Telephons sehen die Autoren von /57/ darin, daß die nach drei Teilnehmergruppen aufgliederten Einzelentwicklungen extrapoliert und wieder überlagert werden. Schon bei dieser relativ geringen Disaggregation werden Einflußgrößen deutlich, die für die Zukunft nur noch geschätzt werden können: durchschnittliche Personenzahl je Haushalt, Bevölkerungsentwicklung, Entwicklung der Telephonanschlüsse für Handel, Industrie, Gewerbe, Behörden, Vereine etc.. Bei der Aufgliederung nach geographischen Regionen treten analoge Probleme auf (siehe /57/, Abschnitt 4), die bei einer globalen Betrachtung nicht erkannt und deswegen leicht vernachlässigt werden.

An dieser Stelle sei noch vermerkt, daß von verschiedenen Prognostikern der Einfluß von Krisenzeiten auf die Trendbestimmung unterschiedlich beurteilt wird. Philippi meint: Die Anwendung der

Grenztrendlinie "setzt im allgemeinen lange Zeitreihen voraus, die mindestens über eine Krisenzeit, besser über mehrere Krisenzeiten hinwegreichen sollten". (/75/S.6). Lancoud und Trachsel dagegen: "Die Schweiz ist diesbezüglich in einer glücklichen Lage, weil außerordentliche Ereignisse, wie Wirtschaftskrisen oder Kriege, keine sehr große Einwirkung auf die Entwicklung des Telephons ausgeübt haben." (op.cit.S.427). Dies ist ein weiteres Beispiel für die in Abschnitt II.1.1. erwähnten, mit historischen Prophetien notwendigerweise verbundenen Probleme.

E. Böhm versucht in /9/ eine der eben behandelten Arbeit analoge Untersuchung der Telephonentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland (BRD). Gegenüber der Schweiz steht von vornherein eine wesentlich kürzere Zeitreihe zur Verfügung, entsprechend unsicher ist auch die Festlegung einer tanh-Funktion. Diese Tatsache findet bei Oehme (/71/) ihren Ausdruck darin, daß der aus der Zeitreihe berechenbare Sättigungswert  $G$  zwischen 1950 und 1960 für die BRD gegenüber der Schweiz doppelt so großen Schwankungen unterworfen ist. Auch aus dem logistischen Wachstumsnetz (das E. Böhm verwendet) ist zu erkennen, daß die Entwicklung in der BRD nicht genau der tanh-Funktion gefolgt ist. Böhm schätzt deswegen einen Sättigungswert von 50 HA je 100 Einwohnern (den er allerdings in einer späteren Arbeit /8/ bereits für 1990 als möglicherweise erreichbaren Zwischenwert ansetzt). Ebenfalls nur geschätzt werden kann die künftige Bevölkerungsentwicklung für die BRD, die in jeder Prognose der Verbreitung des Telephons entweder implizit, z.B. in der Sprechstellendichte oder explizit, nämlich bei der Prognose der absoluten Zahl der Telephone berücksichtigt werden muß. Wegen dieser erkennbaren Unsicherheiten gibt Böhm in seiner Prognose bis zum Jahr 2.000 "vermutliche obere und untere Grenzen" an, die zwischen 72 % und 90 % der HA-Dichte von 50 HA je 100 Einwohnern liegen. Diese und weitere Prognosen werden in Tabelle 1 verglichen.

H.-J. Heymann und G. Herzog vergleichen die Arbeiten von Böhm und Lancoud und Trachsel in ihrer Veröffentlichung /35/ und kommen zu dem Schluß:

"Der Aussageinhalt der auf Länder bezogenen Werte für die Fernsprechdichte und für die absolute Zahl der Fernsprechanschlüsse kann bei der komplexen Struktur des Fernsprechverkehrs nicht erschöpfend sein. Praktische Bedeutung für die Hersteller und die Betreiber von Fernsprechvermittlungsanlagen bekommen diese Werte erst dann, wenn sie durch Verkehrswerte (Verkehrsdichte, absoluter Verkehrswert) ergänzt und vervollständigt sowie darüber hinaus auch nach Orts- und Fernverkehr unterschieden werden."

Heymann und Herzog verfolgen demnach mit ihrer Untersuchung über die Prognose der Hauptanschlußdichte (HAD) (die sie selbst mit "Fernsprechdichte" bezeichnen) hinaus das Ziel, Unterlagen für die Planung einzelner Vermittlungsstellen zu liefern. Zu diesem Zweck unterstellen sie sowohl der Entwicklung der HAD als auch des Fernsprechverkehrs eine logistische Wachstumsfunktion in Analogie zur Entwicklung in Schweden und in der Schweiz. In ihren Ausführungen fehlt allerdings die Begründung, warum trotz der von ihnen hervorgehobenen Sonderstellung der beiden Länder (op. cit. S. 7) dieser Analogieschluß zu brauchbaren Ergebnissen führen soll. (Lancould und Trachsel warnen gerade vor einer Übertragung ihrer Ergebnisse auf andere Länder!) In der "Vorbemerkung des Fachreferates des Fernmeldetechnischen Zentralamtes" wird ebenfalls auf die mangelnde Realitätsbezogenheit der Verwendung der tanh-Funktion zur Prognose des Fernverkehrs hingewiesen und bemerkt: "Nach Meinung des Fachreferates des FTZ kann in diesem Stadium nicht angenommen werden, daß die Entwicklung der Ferngespräche je Hauptanschluß nach einer Hyperbeltangen~~s~~kurve verlaufen wird. Voraussichtlich wird sie noch einige Jahre ansteigen und dann leicht rückläufig werden."

Entsprechendes muß zur Prognose der HAD gesagt werden. Heymann und Herzog leiten aus vier Werten der HAD (aus den Jahren 1950, 1955, 1960, 1965) eine Prognose (siehe auch Tabelle 1) bis zum Jahre 2020 ab. Sie verwenden dazu das logistische Koordinatensystem und kommentieren: "Im Koordinatensystem wird nämlich bei richtiger Abschätzung der Annahme (wahrscheinlich des Sättigungswertes, H.S.) die Wachstumskurve zu einer Geraden, so daß die Vorausschauwerte durch Verlängerung der Geraden in einfacher Weise zu ermitteln sind (graphische Methode). Stark streuende Werte können mit hinreichender Genauigkeit visuell linearisiert werden." (op.cit.S.11). Es fehlen Angaben darüber, nach welchen Verfahren

die erwähnte Streuung berechnet wurde und nach welchen Kriterien die linearisierten Werte "hinreichend" genau sind. Da außerdem die Auswahl von nur vier Werten aus der Zeitreihe der HAD willkürlich erscheinen muß, kann eine auf diese Weise erstellte Prognose nur abgelehnt und wiederum auf die Beurteilung in den Abschnitten II.1.1. und II.3.1. verwiesen werden.

In der schon mehrfach zitierten Arbeit /71/ von F. Oehme werden Abweichungen der tatsächlichen Entwicklung der HAD von der logistischen Wachstumskurve untersucht, eine Prognose wird jedoch nicht gegeben. Die logistische Kurve ist durch die Parameter G (Sättigungswert) und k ("Ansteckungsparameter"), der die Zeitabhängigkeit bestimmt, charakterisiert:

$$y = \frac{1}{2}G(1 + \tanh\frac{1}{2}kT)$$

Oehme berechnet aus den Zeitreihen der Telefonentwicklung in den USA, in Schweden, in der Schweiz und der BRD für verschiedene k die Schwankungen des Parameters G, indem er die Werte eines schrittweise über die Zeitreihe gleitenden Intervalles in die oben angegebene Gleichung einsetzt. "Die Untersuchungsergebnisse der betrachteten Zeitreihen der Telephondichte machen sowohl einen Trend als auch Schwankungen des Parameters G mit der Zeit sichtbar.... Es wäre jedoch übereilt, darin die Lösung des Wachstumsproblems zu sehen." (op.cit.S.587). U.E. muß auch der abschließende Vorschlag Oehme's, den Trend des Sättigungswertes zur Grundlage der Prognosen zu machen, mit den gleichen Vorbehalten betrachtet werden.

Bogaerts stellt in /10/ aus einem Vergleich von 23 Ländern (Argentina, Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, Luxemburg, Netherlands, Norway, Portugal, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom, United States) ein "allgemeines Gesetz der HAD" (General law of line density) auf. Die Problematik eines solchen Vorgehens wurde in II. 3.2. diskutiert. Hier sollen die Ergebnisse betrachtet werden. Bogaerts hat über einem absoluten Zeitmaßstab die 23 Zeitreihen der HAD so aufgetragen, daß das Bild eines möglichst geschlossenen Kurvenzuges entsteht. Länder, deren

Telephonentwicklung nicht in dieses Bild paßt, werden ausgeklammert. Durch Bildung eines Mittelwertes (offensichtlich nach der graphischen Methode) und Angabe von oberen und unteren Grenzen, zwischen denen die Zeitreihen der meisten Länder verlaufen, wird ein "experimentelles Entwicklungsgesetz" (experimental law of evolution) aufgestellt. Als mathematische Form dieses "Gesetzes" schlägt Bogaerts eine Exponential - (siehe Abschnitt III.1.1.1.) und eine tanh-Funktion vor, die beide innerhalb der angegebenen Grenzen verlaufen. Der Grenzwert der logistischen Kurve für sehr große Zeiten liegt bei 232 HA je 100 Einwohnern. Einer Prognose mit dem "experimentellen Wachstumsgesetz" sind von daher schon Grenzen gesetzt. Für die Entwicklung in der BRD kann es rein formal bis etwa zum Jahre 2.000 verwendet werden, da erst nach diesem Zeitpunkt der Wendepunkt der tanh-Funktion für die BRD (nach Bogaerts) erreicht wird. Danach errechnete Prognosen liefern für die BRD für das Jahr 1990 niedrigere Werte als alle anderen Funktionen (siehe Tabelle 1).

Die "Prospektive Studie für den Zeithorizont 1985" /25/ der FITCE (Föderation der Hochschulingenieure des Fernmeldewesens der Europäischen Gemeinschaft) enthält im wesentlichen eine Diskussion der von der Fernmeldetechnik zu leistenden Dienste, wobei sowohl die zu erwartende Nachfrage als auch die technischen Mittel zur Bedarfsdeckung betrachtet werden. Im Kapitel "Quantitative Untersuchung" wird kurz auf die Prognostik im Fernmeldewesen eingegangen. Es wird eine modifizierte Wachstumskurve mit zeitabhängigem "Sättigungsparameter" vorgeschlagen. Als Vorteil dieser Funktion wird hervorgehoben, daß sie im Laufe der Zeit an die tatsächliche Entwicklung angepaßt werden kann (siehe auch /71/). "Mithin läßt sich diese "natürliche" Vorausschätzung, soll sie brauchbar sein, nicht ein für allemal anstellen. Vielmehr sind in regelmäßigen Abständen und im Licht der zurückliegenden Erfahrung, für die einzelnen Parameter des "natürlichen" Gesetzes neue und besser angepaßte Werte zu finden." (op.cit.S.23). Da langfristige Prognosen im Zeitverlauf also immer wieder modifiziert werden müssen, bedeutet dies nichts anderes, als daß die Prognosewerte für den fernen Zeithorizont in der Gegenwart nur von sehr

beschränktem Wert sind.

## 1.2. Regressionsrechnung

G. Dal Monte untersucht in seiner Studie /21/ Zusammenhänge zwischen der Einkommensentwicklung und dem Verkehrsaufkommen bei der Beförderung von Nachrichten, Personen und Gütern. Zur Bestimmung eines "natürlichen Gesetzes" der Einkommensentwicklung geht er analog der Methode von Bogaerts vor (siehe "allgemeines Entwicklungsgesetz der HAD"), paßt aber den Zeitreihen der verschiedenen Länder anstelle der tanh- eine zweifach potenzierte e-Funktion (Gompertz-Funktion) an, die auch S-förmige Gestalt hat. Dal Monte stellt fest, daß ein proportionales Verhältnis zwischen Gesamtverkehrsnachfrage und Pro-Kopf-Einkommen besteht, jede einzelne Verkehrseinrichtung (z.B. Briefpost und Telephon) an der Gesamtnachfrage beteiligt ist und von Land zu Land die Korrelation zwischen Pro-Kopf-Einkommen und den Kenngrößen der Telephonentwicklung verschieden ist.

Die Herleitung des "natürlichen" Gompertz-Gesetzes für die internationale Einkommensentwicklung ist ebenso problematisch wie das Bogaerts'sche Verfahren zur Ermittlung des "experimentellen" Wachstumsgesetzes (siehe III.1.1.2.). Auf nationaler Ebene durchgeführte Untersuchungen in dieser Richtung könnten für praktische Erfordernisse der Netzplanung sicher relevantere Zusammenhänge zwischen Pro-Kopf-Einkommen und HAD liefern. Zur Ermittlung von Prognosen der HAD hat die Methode von Dal Monte zudem den Nachteil, daß sie nicht durch direkte Korrelation mit der Einkommensentwicklung aufgestellt werden können, sondern in stufenweiser Regression (siehe II.3.3.2.) über die Gesamtzahl der Nachrichtenverbindungen pro Kopf und Jahr und dem Fernsprech-Anteil an den Gesamtverbindungen aus der Prognose des Pro-Kopf-Einkommens abgeleitet werden müssen.

Von Dal Monte werden nur für Italien Korrelationen angegeben, ein Vergleich von Prognosewerten in Tabelle 1 ist daher nicht möglich.

Eine Untersuchung in der oben angedeuteten Richtung liegt in den "Economic studies at the national level in the field of telecommunications" der CCITT /14/ vor. Neben einer verbalen Analyse der Nachfrage nach Telephonanschlüssen und der historischen Entwicklung der HAD in verschiedenen Ländern wird die HAD-GDP-Korrelationsmethode ("telephone density-GDP" correlation method) zur Prognose vorgeschlagen (GDP = Gross Domestic Product). Diese Methode beruht auf der Annahme, daß eine international geltende Korrelation zwischen HAD und GDP existiert und für 10 - 15 Jahre weiterhin existieren wird. (Der Prognosezeitraum wird dadurch ausdrücklich auf maximal 15 Jahre festgelegt). Diese Korrelation zwischen GDP (per capita)  $x$  und HAD  $q$  wurde aus einem Vergleich von 30 Ländern berechnet und lautet für 1965

$$\log q = -3,1329 + 1,405 \log x .$$

Diese doppelt-logarithmische Korrelation unterscheidet sich in der Berechnung der Korrelationskoeffizienten von der linearen Korrelation nur dadurch, daß anstelle der Werte  $q_i$  und  $x_i$  deren Logarithmen benutzt werden. In Diagramm 2 ist diese Regressionsgerade und eine Anleitung wiedergegeben, nach der eine Prognose für ein bestimmtes Land aufgestellt werden kann (aus /14/). In der HAD-GDP-Methode wird die unbefriedigte Nachfrage nach Telefonen berücksichtigt. Zu ihrer Bestimmung werden meist Wartelisten herangezogen, die jedoch nach B. Wellenius (/107/) keine echte Aussage über die potentiellen Teilnehmer am Fernspreverkehr liefern. Eine Verbesserung der mit dieser Methode erzielbaren Prognoseergebnisse könnte bei Berücksichtigung dieser Arbeit /107/ erzielt werden.

Erfahrungen mit der HAD-GDP-Korrelationsmethode liegen nicht vor; in Tabelle 1 konnte sie nicht aufgenommen werden, da verlässliche Prognosen des GDP für die BRD bis zum Jahre 1990 nicht bekanntgeworden sind. Diese Tatsache verweist auf die Beurteilung der Regressionsrechnung als Prognosehilfsmittel in Abschnitt II.3.3. .

E. Böhm verwendet in /8/ eine etwas modifizierte Korrelation zwischen Bruttosozialprodukt (BSP) und Anzahl der privaten Telephonanschlüsse zur Prognose der HAD. Ausgehend von einer logarithmischen Normalverteilung der Einkommen in der BRD entwickelt Böhm ein "continuous model for residence telephones", in dem die Telephonbesitzer normalverteilt sind über alle Einkommensklassen. In dem Modell werden auch noch die Zahl der Personen je Haushalt, der jährliche Anstieg des BSP und das Verhältnis Privatkonsum/BSP als exogene Größen berücksichtigt, die für die Prognose der HAD als Leitgrößen vorgegeben werden müssen. In der in /8/ veröffentlichten Prognose der HAD werden die nicht-privaten HA nach der logistischen Wachstumskurve, die privaten HA nach dem eben beschriebenen Modell berechnet und überlagert. Das Ergebnis für das Jahr 1990 ist in Tabelle 1 aufgenommen worden.

Eine ausführliche Darstellung der "Modelle für Entwicklungsprognosen im Fernsprechwesen" wird in /8/ angekündigt, konnte aber bis zum Abschluß dieser Arbeit nicht beschafft werden.

## 2. Stand der Prognostik im Fernmeldewesen

Die immer wieder erhobene Forderung nach langfristigen Prognosen der Verbreitung des Telephons hat zu Untersuchungen geführt, deren Ergebnisse deutlicher noch als die wissenschaftstheoretischen Betrachtungen (im Abschnitt II.1.1.) zeigen, daß damit die Grenzen sinnvollen Forschens überschritten werden (siehe auch Tabelle 1).

Fragt man einmal nach der Anwendung solcher Prognosen, so wird man feststellen, daß wissenschaftliche Genauigkeit auch eigentlich nicht am Platze ist. In der langfristigen Planung von fernmeldetechnischen Firmen und Postverwaltung spielen subjektive Entscheidungen eine dominierende Rolle. Dies kann sich nicht ändern, sofern unsere Marktwirtschaft nicht durch eine zentralisierte Planwirtschaft ersetzt wird. In unserer Wirtschaftsform liegt auch letztlich der Grund, warum Prognosen über einen Zeitraum

von 20 - 30 Jahren in Spekulationen münden müssen (siehe dazu auch /55/). Angaben von "Eintreffenswahrscheinlichkeiten", von "Ereignisräumen" oder "Ungewißheitsbreiten" können diese Tatsache nur unvollkommen verdecken.

Dennoch werden auch im Fernmeldewesen derart langfristige Prognosen gestellt. Die dabei verwendeten simplen Verfahren (Trendverfolgung, Regressionsrechnung) stehen im krassen Gegensatz zur komplexen Struktur des Prognoseproblems im Sozialbereich. Dieses Problem kann nicht dadurch umgangen oder gelöst werden, daß naturwissenschaftliches Modelldenken auf soziale Entwicklungen übertragen wird. Letztere setzen sich aus singulären Ereignissen im Zeitablauf zusammen und schließen damit die experimentelle Überprüfung des Modells in der Wirklichkeit aus.

Langfristige, quantifizierte Prognosen der HAD sind, unabhängig davon, nach welchen der genannten Methoden sie erstellt wurden, persönliche Schätzungen, die richtig oder falsch sein können. Dies stellt sich jedoch erst dann heraus, wenn sich niemandmehr für sie interessiert.

#### IV. Zusammenfassung

Die Entwicklung der Fernmeldetechnik ist mit der wirtschaftlichen, politischen und sozialen Entwicklung unserer Volkswirtschaft eng verflochten. Einer Prognose der Verbreitung des Telephons, die wissenschaftlichen Kriterien genügen soll, muß eine Theorie zugrundeliegen, die die Wechselwirkungen mit dem gesamtwirtschaftlichen System zumindest näherungsweise berücksichtigt. Die in der Zukunftsforschung bekannten qualitativen und quantitativen Prognoseverfahren wurden daraufhin untersucht, mit welchen Annahmen oder Theorien über die historische und zukünftige Entwicklung sie verknüpft sind und inwieweit sie für Prognosen über einen Zeitraum von 20 - 30 Jahren geeignet sind.

Als Ergebnis einer wissenschaftstheoretischen Betrachtung wurde festgestellt, daß derart langfristige, quantifizierte Prognosen von den Sozialwissenschaften nicht gestellt werden können, ohne "die Spielregeln der Wissenschaft aufzugeben und zu spekulativen Methoden Zuflucht zu nehmen". Den Anforderungen der Wirtschaftspraxis können solche Verfahren durchaus genügen, sie bleiben jedoch ein vorsichtig zu handhabendes Hilfsmittel zur Vorbereitung subjektiver Entscheidungen.

Die im Fernmeldewesen veröffentlichten, langfristigen Prognosen der Verbreitung des Telephons beruhen auf Trendverfahren und Regressionsrechnung und gehören damit zu den historizistischen, wissenschaftlich nicht begründeten Methoden. Die prognostizierten Zahlen der Verbreitung des Telephons sind wegen der Art der benutzten Verfahren nur als Ergebnisse subjektiver Schätzung zu bewerten.

1. Alphabetisches Literaturverzeichnis

- /1/ ALBERT, H.: Theorie und Prognose in den Sozialwissenschaften aus: E. Topitsch, Logik der Sozialwissenschaften, Köln, 1966 S. 126 ff
- /2/ APARO, E.L.: Spectral Decomposition of Matrices and z-transforms aus /58/
- /3/ ARNFIELD, R.V.: Technological Forecasting, Edinburgh, 1969 (ed)
- /4/ AYRES, R.U.: Technological Forecasting and Long-Range Planning, McGraw Hill, 1969
- /5/ BASSIE, L.V.: Economic Forecasting, McGraw Hill, New York, Toronto, London, 1958, 702 p.
- /6/ BATTELLE-Inst. Explor 80-II (Einführung), Genf, 1970 (Genf)
- /7/ BIERMANN, H.: Kybernetische Prognosemodelle in der Regionalplanung, Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse, Bd. 2, Duncker u. Humblot, Bln, Nov. 1970
- /8/ BÖHM, E.: Analytical Models for Forecasting the Demand for Telephone Connections, Paper presented at the 5<sup>th</sup> intern. Teletraffic Congress, Münch. 1970
- /9/ BÖHM, E.: Vorausschätzung des langfristigen Bedarfs an Fernsprechhauptanschlüssen mit Hilfe eines logistischen Koordinatennetzes, NTZ, 1966, Heft 10, S. 605 - 613
- /10/ BOGAERTS, R.F.: Probable Evolution of Telephony, Electrical Communication, Vol. 38, No. 2, 1963, p. 184-195
- /11/ BORCHARDT, K.: Diagnose und Prognose als wirtschaftswissenschaftliche Methodenprobleme, Berlin, 1962

- /12/ BRIGHT, J.R.: Research, Development and Technological  
(ed.) Innovation, Richard D. Irwin, Homewood, III, 64
- /13/ BRIGHT, J.R.: Technological Forecasting for Industry and  
(ed.) Government, Prentice-Hall-Inc., Englewood  
Cliffs, New Jersey, 1968
- /14/ CCITT, GAS 5: Economic Studies at the national level in the  
field of Telecommunications (1964 - 1968)  
Published by the International Telecommuni-  
cations Union, Genf 1968
- /15/ CETRON, M.J.: QUEST Status Report, IEEE Trans.o.Engineerg.  
Management, Vol.EM-14,No.1, March 1967
- /16/ CETRON,M.J.: The Selection of R&D Program-Content  
MARTINO ,J. Survey of Quantitative Methods, IEEE Trans-  
ROEPCKE,L. actions on Engineering Management, Vol. EM-14,  
No.1 March 1967
- /17/ CHEANEY, E.S.: Technical Forecasting as a Basis for Planning  
American Society of Mechanical Engineers,  
United Engineering Center, New York, March 1966
- /18/ CHEANEY, E.S.: Technological Forecasting by Simulation of  
Design, Battelle Technical Review, Sept. 1966
- /19/ CHURCHMAN : Operations Research (Deutsch),  
ACKOFF Verlag R. Oldenbourg, Wien, Münch. 4.Aufl.1968  
ARNOFF
- /20/ DELORAINÉ, E.M.: Fernmeldeverkehr, Elektr. Nachrichtenwesen,  
44 (1969) Nr.1, S. 3 - 13
- /21/ DAL MONTE, G.: Leggi naturali di sviluppo delle comunicazioni  
traffici ed utenze, Telecomunicazioni,  
faccicolo n. 13, dic. 1963, S. 3 ff.

- /22/ DUNCAN, J.W.: A Framework for Forecasting Socio-Economic Change, Battelle Technical Review, Sept. 1966
- /23/ ERHARD, Prof. Der Markt, wie ich ihn sehe  
Dr. Ludwig: Industrie u. Nachwuchs, Wintersemester 1970/71
- /24/ EURATOM (Informationsbulletin der Europi.Atomgem.)  
Das hinweisende Programm von Euratom, von  
Dr. Hans Michaelis, 1965, Heft 3, S. 91
- /25/ FITCE Fernmeldewesen - Weiterentwicklung und Forschung  
(Prospektive Studie für den Zeithorizont 1985)  
EUR 4461 d,f, Bericht abgefaßt von der FITCE,  
Kommis. der Europ. Gemeinschaften
- /26/ FONTELA, E.: Forecasting socio-economic change  
GABUS, A. Science Journal, Sept. 1965, p. 81  
VELAY, C.
- /27/ FORSCH, P.: Long Range Forecasting of Consumer Goods  
Market Trends, Konjunkturpolitik, Zeitschrift  
für angewandte Konjunkturforschung, 15. Jg.,  
1969, Heft 5/6, Berlin
- /28/ GERFIN, H.: Langfristige Wirtschaftsprognose,  
Polygraphischer Verlag Zürich 1964
- /29/ GIANNESI, F.: On the Minimization of a Linear Function  
with Linear Constraints, aus 58
- /30/ GILOI, W.: Der Computer und die Rechte des einzelnen  
Datascope 2 (1970) S. 1 - 10
- /31/ GREGG, J.V.: Mathematical Trend Curves: An Aid to Fore-  
HOSSELL, C.H. casting, Imperial Chemical Industries L. by  
RICHARDSON, J.T. Oliver & Boyd, published 1964

- /32/ HALL, P.D.: Computer Systems (The Forecast Future) aus 109
- /33/ HARTMANN, L.M.:The Prospect of Forecasting Technology, aus:  
Steiner, G.A.; Cannon, W.M.(ed.) Multinational  
Corporate Planning, 1966, chapt. 15, p. 237
- /34/ HAUSTEIN, H.-D.:Wirtschaftsprognose (Grundlagen, Elemente,  
Modelle),Verlag der Wissenschaft Berlin, 1969
- /34a/HELMER, O.: Social Technology, New York, Basic Books, 1966
- /35/ HERZOG, G.: Methoden zur Ermittlung von Vorausschauwerten  
HEYMANN, H.-J. für die Fernvermittlungstechnik, Der Fernmelde-  
Ingenieur, 23.Jg., 1969, Heft 10 (Oktober)
- /36/ HESS, S.W.: A Dynamic Programming Approach to R&D Budgeting  
and Project Selection, IRE Transactions on  
Engineering Management, 1962, 7,(Dez,p 170-179)
- /37/ HETRICK, J.C.: The Impact of Techn. Forec. on Long-Range  
Planning, aus /109/
- /38/ HUND, W.D.: Die Nachrichtenrevolution (S.123), aus: Modelle  
für eine neue Welt: Herausforderung an die Zu-  
kunft, Verlag Kurt Desch, München, Wien,Basel1970
- /39/ HEYDER, G.: Der Kampf um die Zukunft, Gewerkschaftliche  
Monatshefte, 21.Jg.,Okt.1970, Heft 10, S. 622
- /40/ HOFFMANN,H.-J.:Methoden der technischen Prognose, Vortrag ge-  
halten innerhalb des VDI-Seminars "Systemtechnik"  
am 16.11.1970, TU Berlin
- /41/ JACOB, H.: Zum Problem der Unsicherheit bei Investitions-  
entscheidungen,aus Zeitschr. f. Betriebsw.,  
37 Jg., März 1967, Nr. 3, S. 153

- /42/ JANTSCH, E.: Technological Forecasting in Perspective, OECD Publications, Paris, July 1967
- /43/ JANTSCH, E.: Technological Forecasting in Corporate Planning, aus 109
- /44/ JANTSCH, E.: Future, Vision Research Planning, The Alpbach  
OZBEKHAN, H. European Forum, 25<sup>th</sup> Intern. Summer Seminar, Alpbach/Tyrol, August 23 to Sept. 8, 1969
- /45/ JIPP, A.: Berechenbare Größen in der Volks- und Betriebswirtschaft, R. Oldenbourg, München, 1962
- /46/ KAHN, H.: The Alternative World Futures Approach, Hudson Institute, New York, Nov. 1966
- /47/ KAISER, R.: Zur Methodologie der langfristigen Vorausschau  
Revue F.ITC.E., 8 (1969) Nr. 5, S. 31 - 34
- /48/ KARASYK, L.: A Stochastic Model for Planning Maintenance of  
REINITZ, R.C. of Multipart Systems, aus 109
- /49/ KOCH, C.: Kritik der Futurologie, aus Kursbuch 14, 1968
- /50/ KOHLER, B.: Die Zukunft Europas, Europa-Union-Verlag, Köln,  
NAGEL, R. 1968
- /51/ KOLMOGOROFF, A.: Interpolation und Extrapolation von stationären zufälligen Folgen, Akademiia Nauk SSR, Izvestiia Seriia Matematicheskaiia, Jg.5, 1941, S. 11, (Deutsche Zusammenfassung)
- /52/ KÖNIG, H.: Probleme der langfristigen Strukturprognose und der Branchenprognosen, in /11/

- /53/ KRAUSE, M.: Prognoseverfahren und ihre Fehler, Der Marktforscher, Heft 1, Febr. 1970
- /54/ KRELLE, W.: Bevölkerungsentwicklung und Wirtschaftswachstum, in: Theorien des einzel- und gesamtwirtschaftlichen Wachstums, Berlin 1965
- /55/ KUCZYNSKI, J.: Propheten der Wirtschaft, Dietz Verlag, Berlin, 1970
- /56/ KUHLÖ, K.C.: Die Wachstumsprognose, insbesondere auch die Prognose der Produktivitätsentwicklung, in/11/
- /57/ LANCOUD, Ch.: Neue Studie über die wahrscheinliche Entwicklung des Telefons in der Schweiz, TRACHSEL, R. Vorläufer: Technische Mitteilungen PTT, Nr.12-Bern, 1963 Lancoud, C. u. Jg. XLI S.425-446, Beitrag zum Studium der Ducommun, M. wahrscheinlichen Entwicklung des Telefons in der Schweiz, TM PTT, 35, 1957, 4, S.121-137
- /58/ LAWRENCE, J. (ed.) OR 69 Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Operational Research, Tavistock Publications, London, 1969
- /59/ LENNERTZ, J.: Einfluß des Ausbaugrades und Benutzungsgrades nachrichtentechnischer Einrichtungen auf die Gesamtwirtschaft, Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, Nr.535, 1956, Westdeutscher Verlag Köln u. Opladen
- /60/ LENZ, R.C. Technological Forecasting, Air Force Base, Ohio, 1962, AD 408085
- /61/ LÖSCH, E.G.: Long-Range Planning of the Distribution System of a Brewery, aus /58/

- /62/ MANSFIELD, E.: Technical Change and the Rate of IMITATION, Econometrica, Vol. 29, No. 4 (October 1961)
- /63/ MANSFIELD, E.: The Logistic Process: Tables of the Stochastic Epidemic Curve and Application, Journal of the HENSLEY, C. Royal Statistic Society, Vol.22, No.2, 1960, p. 332 - 337
- /64/ MATT, G.: Ein lernfähiges Modell zur Bestimmung von Zusammenhängen anhand beobacht. Daten, Vortrag gehalten auf der 4. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung, Mannheim, Oktober 1965
- /65/ MATT, G.: Die schrittweise Regressionsanalyse und ihre Anwendungsmöglichkeit im kaufmännischen Bereich (AKOR) Ablauf- und Planungsforschung, Bd. 4, 1963, Heft 4, S. 254
- /66/ MEISSNER, W.: Die Rolle der Ökonometrie bei der Wirtschaftsprognose, Konjunkturpolitik, Zeitschrift für angewandte Konjunkturforschung, 15. Jg., 5./6. Heft 1969, Berlin
- /67/ MENGES, G.: Ökonometrie, Wiesbaden, 1961
- /68/ MERTON, R.K.: Die Eigendynamik gesellschaftlicher Voraussagen Logik der Sozialwissenschaften, hrg. von E. Topitsch, Köln, Berlin 1965, S. 144
- /69/ MOSSOTTO, C.: Parameters for the evaluation of extension policies for local central offices, Rome 1970 (Vortrag gehalten auf dem Teletraffic-Congress, 1970, München)
- /70/ MOSSOTTO, C.: The Quality of Telephone Service in a Problem of Planning the Expansion of Facilities aus /58/ OBERTO, P.

- /71/ OEHME, F.: Ein Beitrag zu Wachstumsuntersuchungen an der Ausbreitung des Telefons, NTZ 1969, Heft 10, S. 585 - 587
- /72/ PAHLOW, W.: Wirtschaftliche Entwicklungsgesetze ?, Duncker u. Humblot, Berlin, 1968, Nürnberger Abhandlungen zu den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Heft 26
- /73/ PAINE, T.O.: The City as an Information Network, General Electric, TEMPO-Center, No 66TMP-32, 22 Mar 66
- /74/ PFEIFFER, W.: Überlegungen zu einer allgem. Theorie der technischen Entwicklung, aus: Zeitg.f. Betriebswirtschaft, 1967
- /75/ PHILIPPI, G.: Die Grenztrendlinie und ihre Verwendung zur Prognose, 15.Jg. (1967) Karlsruhe/München Heft 1/2 Mai 1967
- /76/ POPPER, K.R.: Prognose und Prophetie in den Sozialwissenschaften aus E. Topitsch (Hsg.) Logik der Sozialwissenschaften, Köln, 1966, S. 113 ff.
- /77/ PREHODA, R.W.: Designing the Future, Chilton Book Company, 1967, Philadelphia, New York, London
- /78/ ROBERTS, E.B.: Exploratory and normative technological forecasting: A critical appraisal (Alfred P. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, March 1969
- /79/ ROTHSCHILD, K.: Wirtschaftsprognose, Berlin, Heidelberg, New York, 1969
- /80/ SCHLITT, H.: Systemtheorie für regellose Vorgänge, Berlin, Heidelberg, New York, 1960

- /81/ SCHNYDER                    Prospektive Haltung, Industrielle Organi-  
V. WARTENSEE, R.: sation 1965, Jg. 34, Nr.8 S. 295 - 300
- /82/ SCHUMANN, J.:            Input-Output-Analyse, Berlin, Heidelberg,  
New York, 1968
- /83/ SIEGEL, I.:              Technological Change and Long-Range Fore-  
                                 casting, aus The Journal of Business of the  
                                 Univ. of Chic., Vol XXVI, No. 3, July 1953,  
                                 p 141 - 156
- /84/ SIEMENS                    SAVOY 1 - ein Programmsystem zur Bedarfs-  
                                 datapraxis                    prognose - Schriftenreihe data praxis  
                                 Best.-Nr. 2-2600-708
- /85/ SIEMENS                    Saisonbereinigungsverfahren der Wirtschafts-  
                                 datapraxis                    forschungsinstitute (Hatzold, O., Miliczek,H.)  
                                 Siemens Schriftenreihe datapraxis  
                                 Best.-Nr. 2-2600652
- /86/ SIEMENS                    Informationen - Fernsprechvermittlungstechnik  
                                 1/2 - 70
- /87/ STANDARD                   Technische Mitteilungen, Telephonteilnehmer-  
TELEPHON WIEN                entwicklung der Welt, 12Jg.Heft20,März 1965
- /88/ SIGFORD, J.V.:            Project PATTERN: A Methodology for Determining  
PARVIN, H.                    Relevance in Complex Decision-Making, IEEE  
                                 Trans.o.Engineering Management Vol-EM12/13,  
                                 March 1965
- /89/ STEINER, G.A.:            Managerial Long-Range Planning  
                                 (ed.)                            New York, 1963, 334 p.
- /90/ STEINER, G.A.:            Multinational Corporate Planning, New York,  
CANNON, W.M.                London 1966

- /91/ STEINER, G.A.: Industrial Project Management, The Macmillan  
RYAN, W.G. Comp., 1968,
- /92/ STÖRMER, H.: Das Wachstumsnetz, ein graphisches Hilfsmittel  
BRAND, R. für Entwicklungsprognose, Unternehmensfor-  
schung, 10, 1966, S. 237 - 246
- /93/ STÖRMER, H.: Das Anwachsen des Verbrauchs von Wirtschafts-  
gütern als stochastischer Prozeß, Zeitschr.  
f. angew. Math+Mechanik, Sonderheft Bd.44(1964)  
S.T72-T73
- /94/ STÖRMER, H.: Verkehrstheorie, R. Oldenbourg, Mün.-Wien, 1966
- /95/ SWAGER, W.L.: Industrial implications of technological  
forecasting, Illinois Institute of Technology,  
1965
- /96/ SWAGER, W.L.: Technological Forecasting for Practical  
Planning, Petroleum Management, July, 1966
- /97/ SWAGER, W.L.: Technological Forecasting in R&D, Chemical  
engineering progress (Vol 65, No. 12)  
December 1969
- /98/ THEIL, H.: Economic Forecasts and Policy, Amsterdam,  
1958 (pp.562)
- /99/ THOMAS, D.L.: Communications (The Forecast Future) aus 109
- /100/ URBAN, P.: Zurück zu den Babyloniern ? aus: Der Volks-  
wirt Nr. 37 vom 11.9.1970 S.63
- /101/ URBAN, P.: Wissenschaftstheoretische Bemerkungen zum  
Prognoseproblem, aus: Monatsblätter für frei-  
heitliche Wirtschaftspolitik, 16J.Nr.9, Sept.70

- /102/ URBAN, P.: "Rosa Zeiten" für Propheten, Industrie und Nachwuchs, Wintersemester 1970/71
- /103/ WAGENFÜHR, H.: Industrielle Zukunftsforschung, München, 1970
- /104/ WAGENFÜHR, H.: Wirtschaftliche Zukunftsforschung, Tübingen, 1969
- /105/ WEEDE, E.: Zur Methodik der kausalen Abhängigkeitsanalyse (Pfadanalyse) in der nicht-experimentellen Forschung, Kölner Zeitschr. f. Soziologie und Sozialpsychologie, Hrsg. R. König, 22Jg. 1970 Heft 3
- /106/ WEISS, D.: Evaluierung eines Energiesystems in Tunesien Sonderdruck aus: Theorie und Praxis der Infrastrukturpolitik, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Neue Folge, Band 54, 1970
- /107/ WELLENIUS, B.: Hidden Residential Telephone Connections Demand in the Presence of Severe Supply Shortage IEEE Transact. on Communic. Technology, June 1969 p. 413-414
- /108/ WILD, J.: Unternehmerische Entscheidungen, Prognosen und und Wahrscheinlichk., aus: Zeitsch. f. Betriebswirtsch. 1969, Ergänzungsheft 2
- /109/ WILLS, G.: Technological Forecasting and corporate strategy,  
ASHTON, D. Bradford University Press in association with  
TAYLOR, B. Crosby Lockwood & Son Ltd., London
- /110/ ZWICKER, E.: Dynamisch deterministische Erklärungsmodelle und ihre Verwendung zur Kalkülisierung betriebswirtschaftlicher Beziehungszusammenhänge, Berlin 1969, D83, Dissert. a. d. Fak. f. Wirtsch. der TUB
- /111/ Abt. Assoc. Inc.: Selected Bibliography of Futures Research
- /112/ Steinbuch (Hrsg.) Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung

## 2. Literaturverzeichnis geordnet nach Publikationsformen

### 2.1. Bücher

3, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 19, 28, 31, 34, 42, 45, 46, 50,  
55, 58, 59, 67, 72, 77, 79, 80, 82, 89, 90, 91, 94, 98, 103,  
104, 109, 110

### 2.2. Buchbeiträge

2, 29, 32, 37, 38, 43, 48, 49, 56, 61, 68, 70, 76, 99

### 2.3. Zeitschriftenartikel, Tagungsvorträge

1, 8, 9, 10, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 33,  
35, 36, 39, 40, 41, 44, 47, 51, 52, 53, 54, 57, 62, 63, 64,  
65, 66, 69, 71, 74, 75, 81, 83, 88, 92, 93, 95, 97, 100, 101,  
102, 105, 106, 107, 108

### 2.4. Firmenschriften, Auftragsstudien

6, 14, 17, 18, 25, 59, 60, 73, 78, 84, 85, 86, 87, 96, 111

## 3. Literaturverzeichnis geordnet nach Themenkreisen

### 3.1. Zum Prognoseproblem allgemein

1, 5, 11, 28, 38, 39, 40, 42, 44, 46, 47, 49, 50, 52, 55,  
66, 68, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 81, 98, 100, 101, 102, 103, 108,  
110, 111

### 3.2. Wirtschafts- und Sozialprognose

5, 7, 22, 24, 26, 27, 28, 34, 38, 42, 44, 45, 46, 52, 54,  
56, 62, 75, 79, 90, 93, 98, 103, 104, 105, 106, 108

3.3. Technologische Prognose und Planung

3, 4, 12, 13, 17, 18, 32, 33, 37, 42, 43, 60, 62, 83, 91,  
95, 96, 97, 103, 104, 109

3.4. Fernmeldewesen

8, 9, 10, 14, 20, 21, 25, 35, 45, 47, 57, 59, 70, 71, 86,  
87, 94, 99, 107

3.5. Mathematische und wirtschaftsmathematische Hilfsmittel zur  
Prognose

2, 6, 7, 28, 29, 31, 34, 40, 42, 45, 47, 48, 51, 53, 63,  
64, 65, 66, 67, 78, 82, 92, 98, 103, 104, 105, 110

3.6. Angrenzende Probleme (Operations Research, Netzplan u.a.)

12, 15, 16, 19, 23, 30, 36, 41, 51, 58, 61, 64, 65, 73, 80,  
84, 85, 88, 89, 90, 91, 94

Tabelle 1:

## Prognosen für die Entwicklung des Telefons in der BRD für 1990

Die untereinanderstehenden Werte in der Tabelle sind in dieser Reihenfolge die höchste, mittlere und unterste Schätzung des jeweiligen Verfassers

Autor/Jahr	HA in Mio	HAD in %	Prognoseverfahren
Bogaerts/1963	17,42	26,1	"Experimentelles Wachstumsgesetz" aus 23-Länderdurchschnitt, logistische Funktion
	16,75	25	
	15,75	23,5	
Böhm/1966	25,6	37,6	Logistische Funktion mit einer Sättigung von 50 HA je 100 Einwohnern
	22,4	32,6	
	18,4	28,0	
FITCE/1969 (Für '85:	23,2	34,5	Modifizierte logistische Wachstumsfunktion, aus der in Klammern angegebenen Prognose für 1985 berechnet
	21,0	31,1)	
Herzog.../1969	22,8	34,3	Logistische Funktion mit verschiedenen Sättigungswerten: 50, 60, 70 HA je 100 Einwohnern
	22,4	33,6	
	21,28	31,9	
Böhm/1970	33,5	50	"Kontinuierliches analytisches Modell" für die Haushaltsanschlüsse, logistische Wachstumsfunktion für Geschäftsanschlüsse

Die absolute Zahl der HA wurde zum Teil aus der Prognose der HAD berechnet, wobei für 1990 eine Einwohnerzahl von 67 Millionen für die BRD zugrundegelegt wurde.

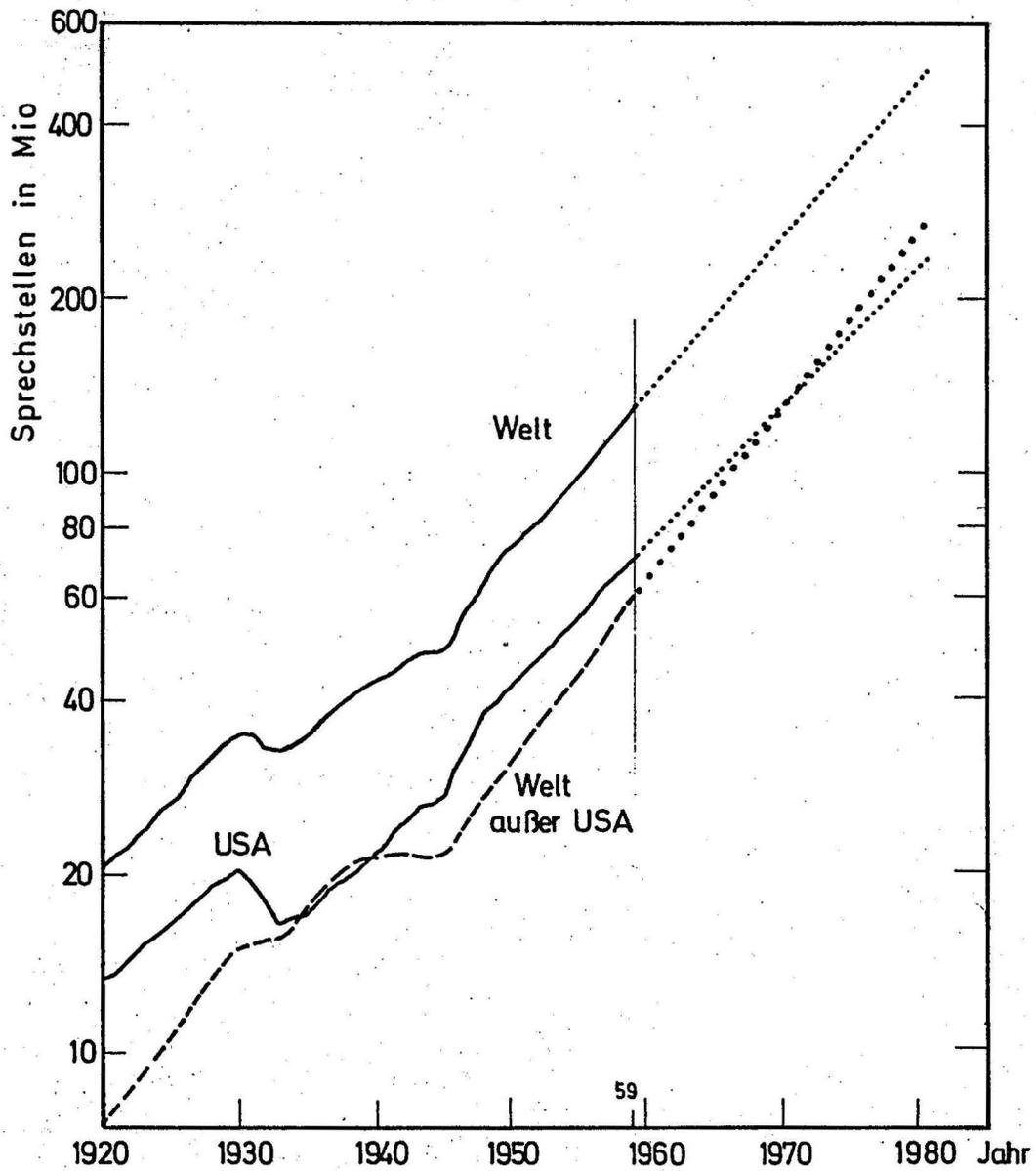


Diagramm 1: Beispiel einer Trendprognose für die Anzahl der Sprechstellen nach einem Exponentialgesetz (nach AT & T)

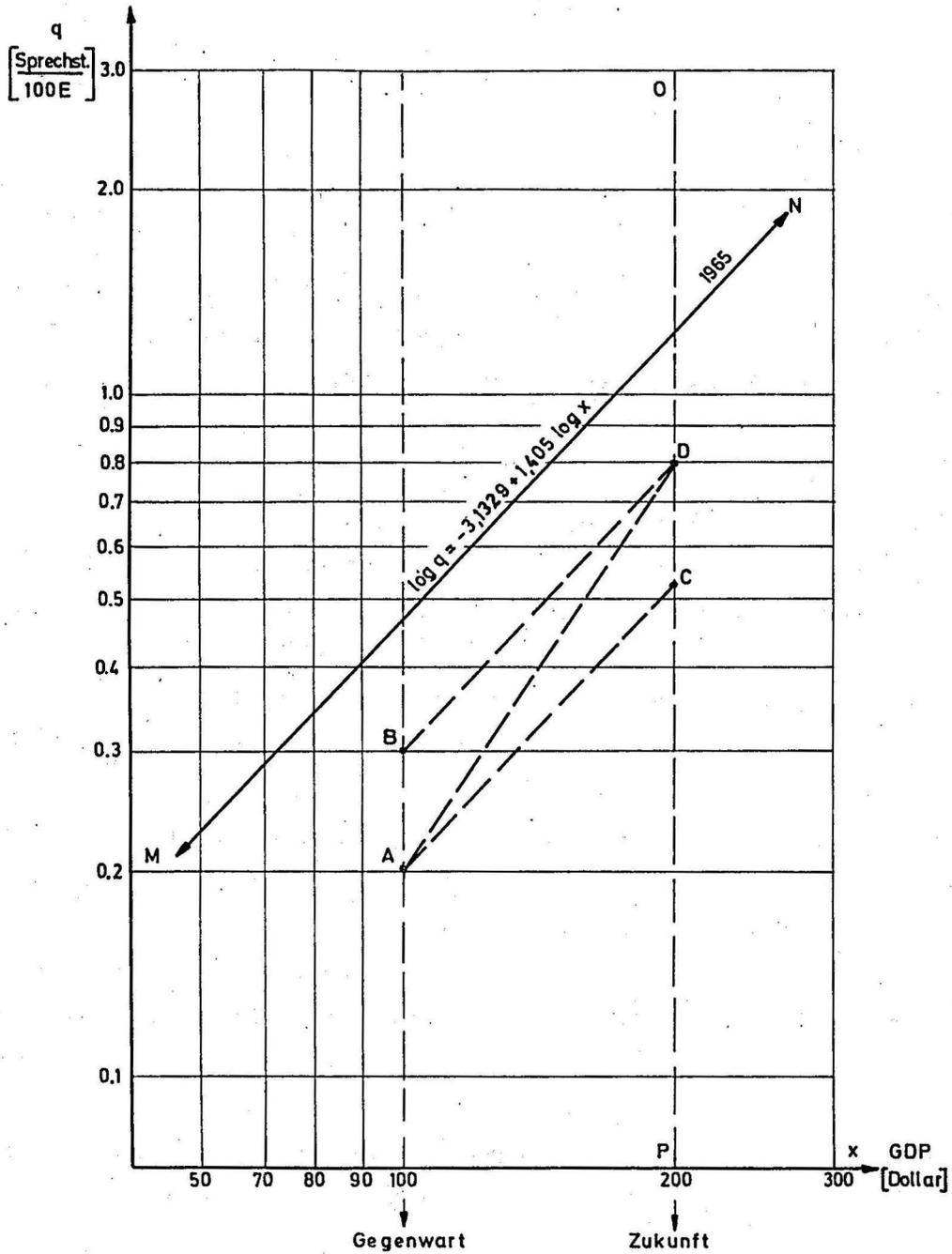


Diagramm 2: Beispiel für eine Prognose der FSD nach einem Regressionsverfahren

$\overline{MN}$ : Über alle Länder gemittelte Regressionsgerade

A: Gegenwärtige FSD

B: Gegenwärtige FSD + unbefriedigter Bedarf

C: Zukünftige FSD bei noch existierendem unbefriedigtem Bedarf

D: Zukünftige FSD bei vollständiger Bedarfsdeckung

AC und

AD: Anstieg der FSD mit der Zeit, je nach erwarteter Bedarfsdeckung

Erläuterung zu Diagramm 2

Die Prognose wird mit Hilfe des Diagrammes 2 aufgestellt, das die Regressionsgerade für die Korrelation zwischen Sprechstellendichte (FSD)  $q$  und Bruttoinlandprodukt (GDP)  $x$  zeigt. Man geht folgendermaßen vor:

- 1) In ein doppelt-logarithmisches Koordinatensystem werden die Werte der FSD über dem GDP aufgetragen, und der gegenwärtige Zustand wird markiert (Punkt A im Beispiel).
- 2) Zum Wert der FSD im Punkt A wird der unbefriedigte Bedarf an Sprechstellen je 100 Einwohner addiert (Punkt B).
- 3) Die über alle Länder gemittelte Regressionsgerade wird gezeichnet (Linie MN).
- 4) Der für einen bestimmten zukünftigen Zeitpunkt erwartete Wert des GDP wird durch eine senkrechte Linie markiert (Linie OP).
- 5) Parallel zur Linie MN werden durch A und B Geraden gelegt, die OP in C und D schneiden.
- 6) AC gibt den Anstieg der FSD mit dem GDP bei unbefriedigtem Bedarf, AD den Anstieg der FSD bei allmählich gedecktem Bedarf an.

