

# Schätzung der Pkw-Dichte bis zum Jahre 1995 in München

## 1. Einleitung

Die Entwicklung des Kfz-Bestandes ist von großer wirtschafts- und sozialpolitischer Bedeutung. Dies bestätigen die aufwendigen Untersuchungen und Analysen, die von staatlichen Stellen, aber auch von verschiedenen Industriebereichen, insbesondere der Mineralöl- und der Reifenindustrie, in Auftrag gegeben wurden. Eine erste Prognose der voraussichtlichen Kfz-Bestandsentwicklung in München wurde 1967 im Statistischen Amt erarbeitet und in einem Sonderheft der „Münchener Statistik“ veröffentlicht. Bei den Berechnungen für diese Prognose wurden die technischen Möglichkeiten des Statistischen Bundesamtes genutzt. Die Sorgfalt bei ihrer Erstellung hatte sich gelohnt, denn Ende der 70er Jahre konnte festgestellt werden, daß die vorausgerechneten Werte fast exakt eingetroffen waren.

In der Zwischenzeit befaßten sich zahlreiche Fachaufsätze in den an der Kfz-Entwicklung interessierten Publikationen mit dem Thema „Kfz-Prognose“. Dabei wurden neue Kenntnisse und Theorien vorgestellt, mit denen man sich auseinandersetzen sollte, wenn man an eine Vorausberechnung des Kfz-Bestandes herangeht. Aus diesem Grund soll in der folgenden Untersuchung mehr Grundsätzliches und Methodisches zum Thema „Prognose“ dargestellt werden, als sonst in kommunalstatistischen Schriftenreihen üblich.

Abgesehen von intuitiven Prognosen, die mangels erprobter Verfahren, sowie mangels entsprechenden Datenmaterials oftmals die einzigen Auswege darstellen und für diesen Fall auch ihre Daseinsberechtigung haben können, sollen Prognosen methodisch und datenmäßig fundiert sein. Jede Prognose beruht letztlich auf der Auswertung von Beobachtungen der bisherigen Entwicklung. Voraussetzung für eine Prognose ist, daß keine grundlegenden systematischen Änderungen in der betrachteten Entwicklung eintreten. Ereignisse, die durch einschneidende politische Entscheidungen oder Katastrophen verursacht werden, sind nicht prognostizierbar.

Im wesentlichen stehen zwei verschiedene Methoden zur Erstellung einer Prognose zur Verfügung:

### – Trendprognosen

Es wird ein direkter Zusammenhang der gesuchten Größe mit der Zeit ermittelt.

### – Modellprognosen

Es werden Kausalzusammenhänge zwischen der gesuchten Größe und bestimmten anderen Faktoren (exogene Einflußfaktoren) gesucht, von denen offensichtlich ein wesentlicher Einfluß auf die gesuchte Größe ausgeht oder wenigstens vermutet wird. Nach Ermittlung solcher Kausalzusammenhänge ist es notwendig, die Einflußfaktoren selbst zu prognostizieren, das heißt nunmehr unmittelbare Abhängigkeiten der Einflußfaktoren von der Zeit zu ermitteln.

## 2. Literaturlauswertung

Die nachfolgende Literaturlauswertung versucht, einen Überblick über die Entwicklung und den Stand der einschlägigen Prognosemethodik zu vermitteln, wobei sich die bereits angeführte Gliederung der Prognosemethoden in Trendprognose und

Modellprognose bestätigt. Jede der beiden Methodegruppen wird teilweise mit Nachdruck als allein gültige Methode bezeichnet, ohne daß objektive Beweise angegeben werden können.

#### **a) Prognosen von H. Zimmermann in den Jahren 1955 und 1959**

Sie gehören zu den ersten Prognosen für die Bundesrepublik und gehen von der Annahme aus, daß die jährliche relative Zunahme des Pkw-Motorisierungsgrades nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit abnimmt. Zimmermann nimmt einen linearen Regressionsansatz zwischen der relativen jährlichen Steigerungsrate des Motorisierungsgrades ( $y$ ) und seinem Absolutbetrag ( $x$ ) an. Seine berechnete Gleichung lautet:

$$y = 32,2483 - 0,5228 x$$

Dadurch wird zwar nicht explizit ein Sättigungsgrad quantifiziert, er ergäbe sich jedoch aus der angeführten Gleichung für die Beziehung, daß die Sättigungsrate Null wird, zu

$$x = 62 \text{ (Pkw + Kombi pro 1000 Einwohner)}$$

Dieser Wert wurde jedoch bereits im Jahre 1959 überschritten.

#### **b) ESSO-Prognose im Jahre 1958**

Die ESSO-Prognose geht von einem in den Jahren 1950 bis 1957 festgestellten linearen Zusammenhang zwischen der „Gesamt-Motorisierung im Personenfahrzeugbereich“ und dem Bruttosozialprodukt aus. Die Bruttosozialprodukt-Projektion basiert auf der voraussichtlichen Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen, der Arbeitszeit und der gesamtwirtschaftlichen Produktivität. Bis zum Jahre 1965 wurde ein Bestand von 5,4 Mio. im Verkehr befindlichen Pkw in der Bundesrepublik (ohne Saarland und West-Berlin) prognostiziert. Tatsächlich betrug er am 1. 7. 1965 8,8 Millionen.

#### **c) SHELL-Prognosen**

In der ersten SHELL-Prognose, die im Jahre 1959 veröffentlicht wurde, werden einleitend einige Grundsätze zur Wahl der Methodik angegeben. Es wird festgestellt, daß der Rückgang des gesamtwirtschaftlichen Wachstums seit 1956 sich bei der Pkw-Bestandsentwicklung nicht bemerkbar machte. Sie geht von folgender Theorie aus: „Die Bestandsentwicklung, die zunächst bei Null beginnt, steigt auch dann, wenn die Einkommen stagnieren, bis die Sättigungsgrenze erreicht ist. Sie vollzieht sich, wie sich aus wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen und statistischen Untersuchungen ergibt, etwa in der Form eines logistischen Trends, einer Kurve, die Ähnlichkeit mit einem liegenden ‚S‘ hat, d. h. zunächst sanft ansteigt, bis zur Hälfte des Sättigungsgrades steiler wird, dann spiegelbildlich zum bisherigen Verlauf wieder abflacht und sich asymptotisch der Sättigungsgrenze nähert.“ ... „Die die Pkw-Bestandsentwicklung verursachenden Faktoren sind Zeit (Trend) und Bruttosozialprodukt. Bisher wurde in den Prognosen angenommen, daß der Pkw-Bestand nur dann ansteigt, wenn sich das Bruttosozialprodukt erhöht. Tatsächlich bildet das Wachstum des Bruttosozialprodukts nur einen zusätzlichen Faktor.“

Soweit die einleitenden Überlegungen der SHELL-Prognose aus dem Jahre 1959.

Quantitativ wird der gesuchte Zusammenhang durch eine multiple Regressionsanalyse ermittelt. Es wurde folgende logistische Funktion verwendet:

$$y = K / (1 + \exp(a - b \cdot t - c \cdot x))$$

mit  $y$  = gleitender Zweijahresdurchschnitt des Pkw-Motorisierungsgrades

$t$  = Zeit in Jahren

$x$  = Bruttosozialprodukt je Einwohner des Jahres  $t - 1$  in den jeweiligen Preisen

Die errechnete Gleichung lautet

$$y = 190 / (1 + \exp(2,7432 - 0,1958 \cdot t - 0,2321 \cdot x))$$

Mit Hilfe der gefundenen Beziehung zwischen Pkw-Dichte einerseits und Zeit und Pro-Kopf-Einkommen andererseits wurde dann die Bestandsentwicklung vorausgeschätzt. Dabei wurde eine jährliche Zuwachsrate des nominellen Pro-Kopf-Einkommens von 5% unterstellt. Das Ergebnis ist folgendes: Das Wachstum der Pkw-Dichte steigt weiter bis 1962/1963, nimmt dann allmählich wieder ab und nähert sich nach 1975 dem Werte Null. Das bedeutet z. B. für 1970 9,6 Mio. in der Bundesrepublik. (Tatsächlich betrug der Bestand 13,9 Mio. Pkw).

1961 erschien eine zweite SHELL-Prognose, die eine Fortschreibung der ersten darstellt und in der die Prognosemethodik im wesentlichen unverändert übernommen wird. Ein eigener Abschnitt wird der Bestimmung des Sättigungswertes gewidmet. Es wird festgestellt: „Ausgangspunkt für eine autonome Schätzung kann die Hypothese sein, daß mit einem Pkw je Haushalt (300 je 1000 Einwohner) die absolute Sättigungsgrenze erreicht ist.“

Auch in den folgenden Veröffentlichungen, die vorläufig letzte erschien im September 1985, hat sich das angewandte Verfahren gegenüber den vorangegangenen Veröffentlichungen nicht geändert. In der Ausgabe 1979 wird resümierend zur Methodik festgestellt:

- Grundannahme jedes Langfristmodells zur Beschreibung des Motorisierungswachstums hat das Sättigungsphänomen zu sein.
- Zur Beschreibung des Wachstumspfades hat sich eine zeitabhängige Funktion (Trendfunktion) als stabilstes Instrument erwiesen.
- Der Weg zur Langfristprognose führt über ein Trendmodell und ein Verfahren, das aus der Information der Zeitreihe simultan Wachstumsverlauf und Sättigungsniveau schätzt.

Es bleibt festzustellen, daß die SHELL-Prognosen eine weite Verbreitung und auch Anerkennung durch die Öffentlichkeit gefunden haben. Sie wurden z. B. auch als Grundlage für den Ausbauplan der Bundesfernstraßen herangezogen.

#### **d) Prognose von M. Lenk im Jahre 1962, herausgegeben von den Phoenix-Gummiwerken**

M. Lenk stellt einleitend in seinem Aufsatz fest, daß im Rahmen jeder Prognose drei Grundfragen beantwortet werden müssen:

- Welche Faktoren waren für die Entwicklung der Fahrzeugproduktion und des Fahrzeugbestandes maßgebend?
- Welchen voraussichtlichen Wandlungen werden die Faktoren selbst und ihr wechselseitiges Zusammenspiel in der näheren und fernerer Zukunft unterliegen?
- Welche neuen, bisher nicht vorhandenen oder nicht wirksamen Faktoren können in Zukunft auftreten?

Die folgenden wissenschaftlichen Methoden stehen nach seiner Meinung zur Verfügung:

#### *Intuitive Methode*

Die Allgemeingültigkeit solcher Voraussagen muß in Frage gestellt werden, weil der persönliche Erfahrungskreis viel zu eng ist, um daraus generelle Erkenntnisse erzielen zu können.

#### *Extrapolation von Zeitreihen*

Es handelt sich um die Fortsetzung einer für die Vergangenheit festgestellten Entwicklungstendenz. Die Wahrscheinlichkeit einer zutreffenden Prognose hängt stark von der Länge der zur Verfügung stehenden Zeitreihe ab.

#### *Interpolation von Zeitreihen.*

Man macht Vorausschätzungen in Anlehnung an die Entwicklung in Ländern, in denen die Motorisierung bereits weiter fortgeschritten ist. Die Schwäche dieser Gegenüberstellung beruht darin, daß die ökonomischen Verhältnisse in den einzelnen Ländern häufig sehr unterschiedlich sind und die Vergleiche daher hinken.

#### *Empirische Nachfrageanalyse und ökonomische Verhaltensforschung*

Die deduktiv erfaßten – makroökonomischen und/oder mikroökonomischen – Zusammenhänge werden an Hand der Wirklichkeit (induktiv) überprüft, und zwar vornehmlich auf ihre Quantifizierbarkeit. Die Zusammenhänge zwischen der Nachfrage nach Kraftfahrzeugen und ihren Bestimmungsgründen werden in einer „operativen“ Fassung formuliert und anschließend die Konstanten (Parameter) der Nachfragegleichung numerisch bestimmt.

M. Lenk entscheidet sich selbst für das dritte Verfahren, wobei er hauptsächlich die Entwicklung in den USA zur Grundlage seiner Vorausschätzungen machte.

In zahlreichen weiteren Aufsätzen werden zusätzliche bemerkenswerte Aspekte zur Prognose der Pkw-Dichte aufgezeigt. Nicht unerwähnt soll die von J. C. Trenner in seinen Untersuchungen zur Entwicklung des Motorisierungsgrades in Großbritannien von 1962 bis 1967 vertretene Auffassung bleiben, daß nach Erreichen eines bestimmten Wohlstandsgrades der Motorisierungsgrad nicht mehr hinreichend aus wirtschaftlichen Determinanten erklärt werden kann.

Für denjenigen, der sich mit der Materie der Kfz-Prognose näher beschäftigen will, kann ganz besonders die Dissertation von P. Cerwenka mit dem Titel „Langfristige Pkw-Motorisierungsprognosen“ empfohlen werden, in der nicht nur die erwähnten Untersuchungen, sondern auch Aufsätze von zahlreichen anderen Autoren (siehe Literaturverzeichnis am Ende des Artikels) ausführlich diskutiert und kommentiert werden.

Seine Dissertation beschränkt sich jedoch nicht nur auf eine Zusammenfassung vorhandener Theorien. Vielmehr entwickelt er im zweiten Teil seiner Arbeit eine Methodik und Modelle für eigene Untersuchungen, wobei agglomerativ die Erfahrungen der erwähnten Aufsätze berücksichtigt werden.

Zum Thema „Trendprognose“ contra „Modellprognose“ äußert er sich wie folgt: „Zunächst muß ein häufig vorgebrachtes Argument gegen die Anwendung der Trendprognose entkräftet werden, wonach eine Trendprognose die Bestimmungsfaktoren nicht berücksichtigt, welche die untersuchte Entwicklung doch offensichtlich nachhaltig beeinflussen, da nur die Zeit allein als erklärende Variable zugelast-

sen ist. Dagegen ist einzuwenden, daß eine Trendprognose weder die Mißachtung dieser Determinanten noch die Forderung impliziert, daß sich diese nicht ändern dürfen. Im Falle einer Motorisierungsprognose waren alle genannten und noch andere Einflüsse auch bisher wirksam und haben sich auch bisher gewandelt. Die Einflüsse werden jedoch nicht einzeln und explizit nach Art einer Ursachenanalyse erfaßt, sondern in unmittelbarer Zeitabhängigkeit und pauschal überlagert." . . . „Die Allmählichkeit des Wandels und die Vielzahl sich überlagernder und getrennt oft kaum erfaßbarer Einflüsse sind Argumente für die Wahl einer Trendprognose." . . .

„Zeitreihenmodelle werden benutzt, wenn die Bedarfsgröße von einer Vielzahl von Einflußgrößen abhängt, von denen keiner ein besonderes Gewicht beigemessen werden kann." . . . „Die Tatsache, daß es sich um eine Vielzahl solcher Einflüsse handelt, erschwert übrigens in hohem Maße die praktische Durchführbarkeit einer Modellprognose, denn je mehr Einflußfaktoren berücksichtigt werden,

- desto mehr Einflußgrößen müssen ihrerseits prognostiziert werden
- desto größer wird die Gefahr der Autokorellation
- desto stärker wirkt sich das Fehlerfortpflanzungsgesetz auf Prognosewerte aus
- desto aufwendiger und schwieriger wird die Beschaffung der Daten.

Gegen eine Überbetonung wirtschaftlicher Einflußgrößen bei Pkw-Motorisierungsprognosen spricht zudem die in der Literatur in zunehmendem Maß sich durchsetzende Erkenntnis (siehe Tanner), daß die Pkw-Motorisierung einer Gesellschaft dann nicht mehr durch wirtschaftliche Kenngrößen erklärt werden kann, wenn breite Bevölkerungsschichten einen gewissen Wohlstand erreicht haben.

### **3. Verwendete Prognosemethode**

Die vorliegende Prognose, bei der die Entwicklung der Pkw-Dichte (Pkw je 1 000 Einwohner) geschätzt wird, lehnt sich an die von P. Cerwenka favorisierte Methode an. Sie erfolgt in einem isolierten Schätzansatz ohne Berücksichtigung von ökonomischen Indikatoren. Eine Rechtfertigung hierfür wird aus den in Fachkreisen vertretenen Meinungen abgeleitet, daß in hochindustrialisierten Ländern, in denen ein bestimmtes Einkommen erreicht ist, die Pkw-Bestandsentwicklung als weitgehend unabhängig vom verfügbaren Einkommen, vom privaten Verbrauch und anderen potentiellen makroökonomischen Einflußgrößen eingeschätzt wird. Im übrigen wird auf die Argumente verwiesen, die auch P. Cerwenka für die Wahl der Trendprognose als das für die Pkw-Dichte-Schätzung geeignete Verfahren anführt.

Die Anwendung dieser Methode auf dem Sektor der Pkw-Motorisierung kann allerdings erst seit einigen Jahren zu gut abgesicherten Ergebnissen führen. Aus numerischen und statistischen Gründen ist nämlich eine Zeitreihe von mindestens etwa 20 Beobachtungen erforderlich.

Bezüglich des Verlaufes der Pkw-Bestandsentwicklung wird eine logistische (S-förmige) Wachstumskurve angenommen, mit einem zunächst progressiven, danach degressiv verlaufenden Wachstumsgrad, der sich einer Sättigungsgrenze annähert. Die Auffassung, daß es eine Sättigung geben muß, die dann auch in der ausgewählten Prognosemethode zu berücksichtigen ist, wird in allen einschlägigen Untersuchungen nicht widersprochen. Daß viele der früheren Pkw-Bestandsprognosen bereits einige Jahre später von der Realität überholt wurden, lag unter anderem daran, daß den dabei benutzten Sättigungsfunktionen die Sättigungsgrenze exogen

und dabei zu niedrig vorgegeben wurde. Die vorliegende Projektion verwendet als Schätzansatz die bekannte „Gompertz-Funktion“:

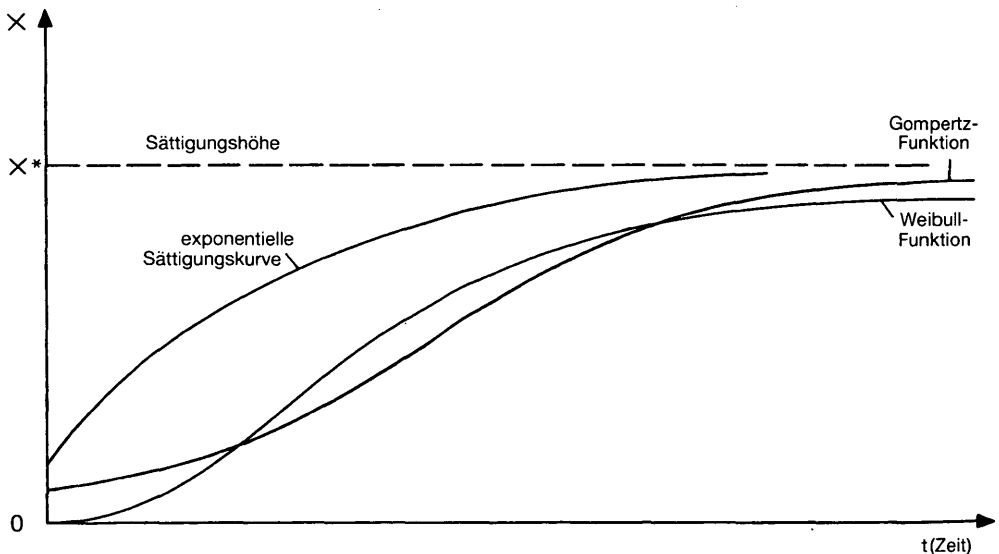
$$D_t = D_s \cdot \exp(-a \cdot b^t)$$

mit  $D_t$  = Dichte im Jahre  $t$   
 $D_s$  = Sättigungsgrenze der Funktion  
 $t$  = Zeitvariable  
 $a, b$  = Funktionsparameter

In der Literatur sind (mit Modifikationen) einige hundert Sättigungs- und Prognosefunktionen entwickelt worden. Viele derartige Funktionen passen auf wirtschaftlich prognostische Aufgabenstellungen. Eine theoretische Begründung für die Wahl der Gompertz-Funktion ergibt sich aus Überlegungen, die im Zusammenhang mit dem gleitenden Sättigungsgrad stehen. Näheres kann der bereits zitierten Dissertation von P. Cerwenka entnommen werden. In der Abbildung 1 sind einige Prognosefunktionen mit ihrem typischen Verlauf dargestellt.

### Typische Wachstumsprognosefunktionen

Abbildung 1



Bei der Prognose mit Hilfe dieser dreiparametrischen Gompertz-Funktion wird das Sättigungsniveau  $D_s$  nicht exogen vorgegeben, sondern endogen aus dem Ex-Post Verlauf geschätzt. Dabei wird die nichtlineare Regression so lange mit allen alternativ möglichen Werten für  $D_s$  durchgerechnet, bis eine optimale Anpassung erreicht ist, d. h. eine Verbesserung der statistischen Prüfmaße in erster Linie der Fehlerquadratsumme, innerhalb bestimmter Genauigkeitstoleranzen nicht mehr möglich ist.

Bei der Wahl der für die Pkw-Dichte theoretisch möglichen Bezugsgröße

- Bevölkerung insgesamt
- fahrfähige Bevölkerung
- Privathaushalte

fiel die Entscheidung auf die „Bevölkerung insgesamt“. Jede der genannten Gruppen besitzt Vor- und Nachteile. Zum Beispiel könnte man die Wahl der Haushalte als Bezugsgröße damit begründen, daß es für die Motorisierungsentwicklung von erheblicher Bedeutung ist, auf wieviele Haushalte sich eine bestimmte Einwohnerzahl verteilt. (Ein Pkw pro Haushalt!) Gegen die Wahl der Haushalte spricht jedoch, daß bei der Datengewinnung erhebliche Probleme entstehen, die notwendigerweise zu unsicheren Ergebnissen führen. Näheres zur Problematik der Haushalts- und Familienstatistik siehe Heft 4, S. 147 ff., Jahrgang 1985 der vorliegenden Schriftenreihe „Münchener Statistik“.

Bei Zugrundelegung der motorisierungsfähigen Bevölkerung wird in verschiedenen Prognosen eine obere Altersgrenze angenommen. So definieren das DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) die fahrfähige Bevölkerung als die Altersgruppe von 18 bis 70 Jahren, PROGROS dagegen wegen des zunehmenden „Hineinwachsens“ der Bevölkerung in die Motorisierung die Jahrgänge bis 74 Jahre.

Außerdem liegt der vorliegenden Prognose als Prämisse zu Grunde, daß die Herausforderungen des technischen Fortschrittes, der ökologischen Anforderungen und der demographischen Entwicklung ohne Systemkrisen bewältigt werden.

#### 4. Durchführung der Prognose

Bei der Schätzung der Parameter für die Gompertz-Funktion wurden die Einwohner- und Pkw + Kombi-Zahlen seit 1950 berücksichtigt. Die Berechnungen selbst wurden auf dem amtseigenen Personal-Computer durchgeführt. Dabei wurden für die erwähnte mathematische Prognosefunktion folgende Parameterwerte ermittelt:

- Sättigungsgrenze  $D_s$  = 532
- $\ln(a)$  = 133,07651
- $\ln(b)$  = - 0,06769

Es ergeben sich die in der Tabelle aufgeführten theoretischen Pkw-Dichteziffern. Sie determinieren zu 99% die empirischen Zahlen von 1950 bis 1984.

Die hohe Anpassungsgüte der errechneten Funktion kann auch aus Abbildung 2 abgeleitet werden, in der die Lage der roten Sternchen die beobachteten Werte markiert. Deutlich erkennbar ist der treppenförmige Anstieg der empirischen Werte, der darauf hinweist, daß das tatsächliche Pkw-Wachstum nicht stetig, sondern schubweise erfolgt. Der prognostizierte Kurvenverlauf, bzw. die in der Tabelle geschätzten Zukunftswerte stellen demzufolge eine idealisierte Größe dar, bei der saisonelle und/oder konjunkturelle Schwankungen gemittelt wurden.

Es zeigt sich, daß die Benzinkrise zu Beginn der 70er Jahre und andere wirtschaftliche Flauten Anfang der 80er Jahre zwar den Anstieg der Pkw-Dichte vorübergehend eindämmen, jedoch in den darauffolgenden Jahren der Stabilisation eine umso raschere Entwicklung provozieren.

Während zum gegenwärtigen Zeitpunkt von 1 000 Einwohnern der Landeshauptstadt München statistisch gesehen 399 Besitzer eines Pkws sind, wird sich bis zum

### Pkw-Dichte\*) in München bis 1995

Jahr	Geschätzte Pkw-Dichte	Veränderung zum Vorjahr in %	Tatsächliche Pkw-Dichte	Veränderung zum Vorjahr in %
1950	28,4	.	17,1	.
1951	34,5	21,1	28,8	68,2
1952	41,2	19,6	37,3	29,9
1953	48,7	18,2	44,5	19,1
1954	57,0	16,9	53,6	20,5
1955	66,0	15,7	60,9	13,6
1956	75,6	14,6	71,8	17,9
1957	85,9	13,6	83,9	16,9
1958	96,8	12,7	94,6	12,8
1959	108,2	11,8	108,8	15,0
1960	120,1	11,0	125,8	15,6
1961	132,4	10,2	142,6	13,4
1962	145,0	9,5	157,6	10,5
1963	157,9	8,9	175,5	11,4
1964	171,0	8,3	190,3	8,4
1965	184,1	7,7	201,7	6,0
1966	197,4	7,2	214,1	6,1
1967	210,6	6,7	226,2	5,7
1968	223,8	6,3	230,5	1,9
1969	236,8	5,8	235,9	2,3
1970	249,7	5,4	264,2	12,0
1971	262,4	5,1	275,1	4,1
1972	274,8	4,7	279,8	1,7
1973	287,0	4,4	285,6	2,1
1974	298,8	4,1	285,9	0,1
1975	310,3	3,8	286,6	0,2
1976	321,4	3,6	297,3	3,7
1977	332,2	3,4	312,2	5,0
1978	342,6	3,1	333,2	6,7
1979	352,6	2,9	351,0	5,3
1980	362,2	2,7	359,9	2,5
1981	371,5	2,5	366,0	1,7
1982	380,3	2,4	367,1	0,3
1983	388,7	2,2	374,0	1,9
1984	396,8	2,1	387,0	3,5
1985	404,5	1,9		
1986	411,8	1,8		
1987	418,8	1,7		
1988	425,4	1,6		
1989	431,7	1,5		
1990	437,6	1,4		
1991	443,2	1,3		
1992	448,6	1,2		
1993	453,6	1,1		
1994	458,4	1,0		
1995	462,8	1,0		

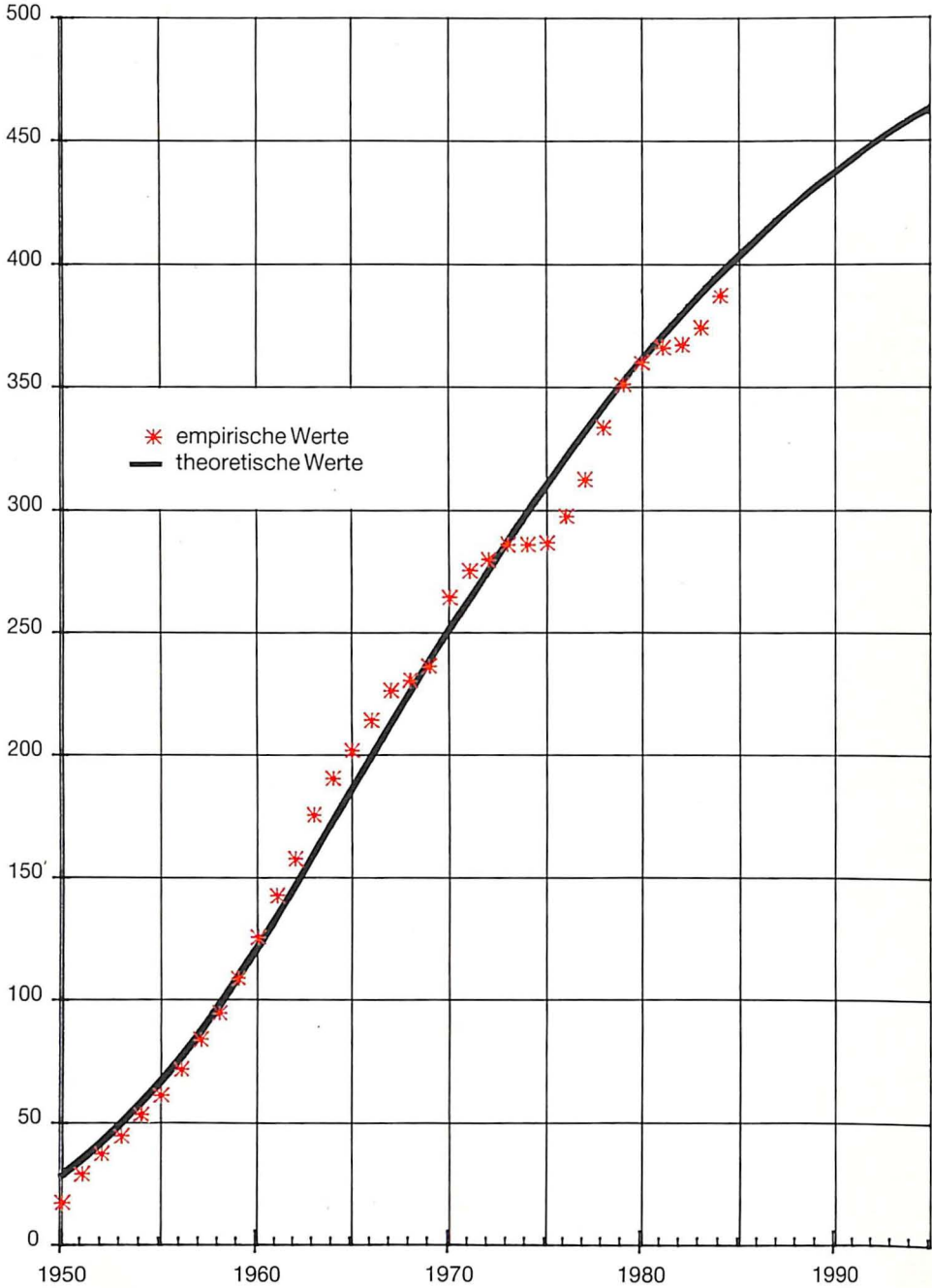
\*) Anzahl der Pkw + Kombi pro 1000 Einwohner.



## Entwicklung der Pkw-Dichte 1950 bis 1995 in München

Abbildung 2

Pkw + Kombi  
pro 1000 Einwohner



Jahre 1995 diese Quote um 14,4% erhöhen. Die jährlichen Zuwachsraten reduzieren sich von 1,8% im Jahre 1985 auf etwa 1,0% im Jahre 1995.

Um die absolute Anzahl der zugelassenen Pkw + Kombi im Jahre 1995 zu ermitteln, muß lediglich die Pkw-Dichte mit der Einwohnerzahl multipliziert und anschließend durch 1 000 dividiert werden. Nach einer aktuellen Prognosevariante wären das ca. 540 500 Pkw + Kombi.

Das geschilderte Prognoseverfahren zur Schätzung der Pkw-Dichte ist für die Vorhersage der Einwohnerentwicklung nicht geeignet. Dies beweist allein die Tatsache, daß die Bevölkerungszahl einer Kommune keinesfalls streng monoton wächst, was bei Zugrundelegung der genannten Prognosefunktion postuliert wird. Es ist in der Literatur keine Funktion bekannt, die zur Vorhersage der kommunalen Bevölkerungsentwicklung angewandt werden könnte. Man fährt sicherlich besser, wenn man zum Zwecke der Einwohnerschätzung ein Computermodell entwickelt, in dem die verschiedenen Einflußgrößen simuliert werden können, wie dies vom Statistischen Amt der Landeshauptstadt München auch beabsichtigt ist.

Da derzeit keine offiziellen Schätzwerte über den Einwohnerstand Münchens im Jahre 1995 vorliegen, ist es nicht möglich, eine fundierte Kfz-Bestandsschätzung für diesen Zeitpunkt abzugeben. Geht man allerdings davon aus, daß der derzeitige Einwohnerstand von 1 278 068 (Stichtag 1. 7. 1985) sich bis zum Jahre 1995 auf ca. 1,2 Millionen Einwohner reduziert, so errechnet sich eine absolute Zunahme der Pkw + Kombi-Bestandszahlen um ca. 27 000 bis zu diesem Zeitpunkt.

Nicht nur die Einwohnerentwicklung bildet allerdings bei dieser Vorausschätzung einen Unsicherheitsfaktor, auch die Prognose für die Pkw-Dichte ist mit einem gewissen Risiko behaftet. P. Cerwenka stellt in seiner Dissertation fest, daß jede Prognose, die mittels statistischer Verfahren erstellt worden ist, nur dann Anspruch auf Seriosität erheben kann, wenn für den prognostizierten Schätzwert ein Konfidenzintervall angegeben wird. Zur Berechnung dieses Intervalls entwickelt er ein relativ aufwendiges Verfahren, das letztlich auf die Bestimmung von Lagrange'schen Multiplikatoren zur Errechnung von optimalen Parameterwerten für die Gompertz-Funktion aufbaut. Erwartungsgemäß ist der Prognosefehler um so größer, je größer der Prognosehorizont ist und je mehr die beobachteten Dichtewerte von dem idealisierten Dichteverlauf abweichen.

Für München errechnet sich bis 1995 eine zur Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% obere und untere Abweichung von 32 Pkw + Kombi auf 1 000 Einwohner.

## **5. Vergleich mit Bayern und der Bundesrepublik**

Zur Vorbereitung der dritten Fortschreibung des Gesamtverkehrsplanes „Bayern 1985“ hat das Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Verkehr im Jahre 1984 Prognosen zur Verkehrsdichte für Bayern erstellt. Die Ergebnisse dieses Berichtes lassen erkennen, daß das Sättigungsniveau der Pkw-Dichte, das für die Landeshauptstadt München nach amtseigenen Berechnungen den Wert von 532 Pkw pro 1 000 Einwohner nicht übersteigen dürfte, deutlich unter dem bayerischen Niveau liegt.

Auf regionale Unterschiede innerhalb Bayerns wird auch im Ifo-Bericht hingewiesen. Es heißt: „Aus den Bestandsanalysen der Ballungsräume läßt sich erkennen, daß die dortigen Pkw-Dichten signifikant unter denen der ländlichen Räume lie-

gen." Mit der Erwartung, daß die von der Wirtschaftsentwicklung ausgehenden Einflüsse gegenüber den aus der Siedlungsstruktur resultierenden Impulsen an Bedeutung verlieren, stimmt man mit der in der Literatur vertretenen Meinung überein. Diese Entwicklung, die bereits seit einigen Jahren zu beobachten ist, kann vor allem darauf zurückgeführt werden, daß in urban strukturierten Regionen das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln bedeutend attraktiver ist. Da bei einem Mehr-Personen-Haushalt der Weg zum Arbeitsplatz eines erwerbstätigen Haushaltsmitgliedes häufig ohne Zeit- und Komfortnachteile mit öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt werden kann, kommt hier der Anstoß zum Kauf eines Zweitwagens angesichts der mit dem Kauf und Unterhalt eines Autos verbundenen Kosten nicht so häufig zum Tragen.

Der Druck der Individualmotorisierung und hier auch zum Zweitwagen, z. B. bei Erwerbstätigkeit zweier Haushaltsmitglieder, ist in ländlichen Gebieten besonders hoch. Dieser Bedarf kann trotz tendenziell niedrigeren Einkommenniveaus zunehmend in Nachfrage umgesetzt werden, da das frei disponierbare Einkommen erkennbar gewachsen ist. Allein durch relativ geringe Ausgabe für Miete oder auch infolge einer höheren Wohneigentumsquote wird bei vielen Haushalten die Anschaffung und Unterhaltung eines Erst- und Zweitwagens möglich.

Beim Vergleich der langfristigen Entwicklung der Pkw-Dichte in Bayern und im gesamten Bundesgebiet prognostiziert das Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung einen nahezu identischen Verlauf. Es geht davon aus, daß die in Bayern, gemessen am Bundesdurchschnitt, unterschiedlichen Ausprägungen bestimmter Strukturmerkmale, die das Niveau der Pkw-Dichte mitbestimmen, sich insgesamt in der Wirkung aufheben. Der siedlungsstrukturelle Einfluß, der aus der Eigenschaft Bayerns als Flächenstaat resultiert, wird durch die in Bayern überproportional große Bedeutung der Ballungsräume München und Nürnberg kompensiert.

*Dipl.-Math. Herbert Grosser*

### **Literaturverzeichnis**

Cerwenka P.: „Langfristige Pkw-Motorisierungsprognosen“ Sonderdruck aus Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn.

Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.),  
„Verkehrsprognose Bayern 2000“, München 1984.