

### Summary

The member countries of the EEC are obliged to pursue the aim of the EEC treaty in the form of a common transport policy. Results of an analysis of regulations within the transport sector – which have been decided by Council following the Commission's proposals, and after consultation with the Economic and Social Committees as well as the European Parliament – show that realisation of this policy has not yet been achieved.

The Commission envisaged from the outset their proposals as the setting up of an extensive integrated common traffic market; although initially Council followed this line, nearly all measures have been suspended pending effective realisation of such integration.

The writer considers that the reasons for this lie in the fact that a transport policy tailored to a form of integration superior to that of the Customs Union will only have a chance of developing when and if substantial advances are simultaneously made not only in economic but also political integration. As long as these advances are not realised claims for the common traffic policy must become more modest. This policy would have to limit itself to maintaining the degree of integration already realised, and to contributing to the solution of urgent transport problems of the members countries.

On this subject, the writer gives several suggestions.

### Résumé

Les états membres se sont engagés à poursuivre les objectifs du Traité CEE dans le cadre d'une politique commune des transports. Tel qu'il résulte d'une analyse des dispositions arrêtées par le Conseil dans le domaine des transports, sur proposition de la Commission et après consultation du Comité économique et social et du Parlement, on n'a pas réussi jusqu'ici à réaliser cette politique.

Dès le début la Commission a conçu ses propositions en vue de la création d'un marché commun des transports largement intégré. Au début le Conseil l'a suivi sur cette voie, mais par la suite les mesures sont restées en suspens avant qu'une intégration effective ait été réalisée.

L'auteur considère que les raisons de cette évolution sont dûes au fait qu'une politique des transports taillée pour des formes d'intégration dépassant la seule union douanière n'a de chances d'être réalisée qu'à condition que des progrès simultanés soient achevés non seulement sur le plan de l'Union économique mais aussi politique. Tant que ces conditions ne sont pas remplies, les exigences concernant l'avancement de la politique commune des transports doivent devenir plus modeste. Cette politique devrait se limiter à assurer le maintien du degré d'intégration déjà réalisé et à contribuer à la solution des problèmes urgents des transports dans les Etats membres. A ce sujet l'auteur présente quelques suggestions.

## Verkehrsmobilität

Meinungen — Analysen — Prognosen

VON DR. PETER KESSEL UND DR. HEINZ HAUTZINGER, BASEL

### I. Heutiges Problembewußtsein

Die tiefgreifenden Veränderungen unserer vornehmlich wirtschaftlich und gesellschaftlich geprägten Verhaltensmuster lassen sich mit besonderer Deutlichkeit an der Entwicklung der Verkehrsmobilität ablesen. Die in der Vergangenheit beobachtete starke Ausweitung der Mobilität in vielen Bereichen scheint dabei bisher weitgehend latente Grundbedürfnisse offenzulegen. Mobilität ist längst wichtige Komponente und zugleich wesentliche Voraussetzung städtischer Lebensform geworden.

Für spezifische Bereiche wie den Personenverkehr lassen sich Umfang und Intensität der Mobilitätsentwicklung verhältnismäßig genau ermitteln. Demzufolge war die Verkehrszunahme der Vergangenheit nur zum geringeren Teil auf das unmittelbare Anwachsen der verkehrsauslösenden Strukturparameter der Flächennutzung, etwa auf die Zunahme der Einwohner- oder Arbeitsplatzzahlen zurückzuführen. Entscheidend für das Ausmaß der Verkehrsentwicklung waren vielmehr interne Strukturverschiebungen im ökonomischen, soziologischen, demographischen und siedlungsstrukturellen Bereich, die die Mobilitätsbedürfnisse ebenso wie die Mobilitätschancen der Bevölkerung bestimmt und deren Verhalten inzwischen bereits nachhaltig verändert haben.

Gemessen an der Bedeutung, die dem Phänomen »Mobilität« damit für jegliche Prognose des Personenverkehrs zukommt, sind deren verhaltensbedingte Ursachen bisher nur recht unvollkommen erforscht. Auch die meisten Fragen hinsichtlich der Grenzen der Verkehrsmobilität und der Möglichkeit einer Mobilitätsbeeinflussung oder gar -steuerung sind heute noch im wesentlichen ungeklärt.

In der Tat bilden verhaltensorientierte Prognosemodelle in der Verkehrsforschung derzeit noch die Ausnahme; noch dürfte bei der Handhabung von Verkehrserzeugungsmodellen die Zielgröße »Mobilität« meist mehr »gegriffen« und als Randbedingung vorgegeben denn aus den ursächlichen Strukturentwicklungen bestimmt sein. Entsprechend unterschiedlich sind die solchermaßen abgeleiteten Verkehrsprognosen.

Die Unterschiedlichkeit beginnt letztlich schon bei der Definition dessen, was unter Mobilität zu verstehen ist. Überwiegend wird Verkehrsmobilität als spezifische Fahrtenzahl der Einwohner einer Stadt definiert, wobei allerdings meist offen bleibt, was als »eigenständige« Personenfahrt zu werten ist und was lediglich als Teilfahrt oder Zwischenhalt gesehen wird.

Inzwischen wird zunehmend deutlicher, daß eine nur auf das eigentliche »Fahrten-Machen« ausgerichtete Betrachtung der Verkehrsmobilität nicht ausreichend problem-

#### *Anschrift der Verfasser*

Dr. Peter Kessel und Dr. Heinz Hautzinger  
Prognos AG, Viaduktstraße 65, CH – 4011 Basel

gerecht ist, da bei der ausschließlichen Analyse realisierter Ortsveränderungen im Sinne von Fahrtenzahlen die stetige Zunahme der Reisezeiten, zum Teil auch substitutive Vorgänge vom Fußgängerverkehr her außer Ansatz bleiben<sup>1)</sup>. Will man dem Rechnung tragen, so hat man Verkehrsmobilität folgerichtig zweidimensional etwa durch Fahrtenhäufigkeit und Reiseweite zu definieren.

Die Unterschiedlichkeit der Definitionen und der Meinungen setzt sich erwartungsgemäß fort bei der gesellschaftlichen Bewertung der Verkehrsmobilität. Die Diskussion bewegt sich hierbei allerdings meist auf einem überwiegend abstrakten Niveau, allzu häufig nur geprägt von Einstellungen, Zielvorstellungen und Empfindungen, seltener durchsetzt von konkreten Zahlen, analysierten Fakten und beobachteten Trends. Abstrakt und unverbindlich wie die Diskussion selbst bleiben naturgemäß dann auch die entsprechenden Folgerungen für die Planungspraxis.

Im Grundsatz wird Verkehrsmobilität durchaus als wichtige Komponente städtischer Lebensqualität bewertet, als Möglichkeit zu verstärktem Gewinn an persönlichen Eindrücken und gesteigerter Erlebnisfähigkeit, als Chance zu einer in Ausmaß und Intensität noch nicht dagewesenen Erschließung unserer Umwelt<sup>2)</sup>.

Auf der anderen Seite wird aber auch durchaus erkannt, daß Mobilität gerade deshalb immer mehr zu einem fatalen Zwang wird, zur wesentlichen Voraussetzung der Teilhabe an der Gesellschaft. Damit wird Mobilität zur Lebensnotwendigkeit, lebensnotwendig in dem Sinne und dem Maße, daß nur »der Mobile den Arbeitsplatz wählen kann, der seinen Neigungen und Fähigkeiten am besten entspricht; unter ungünstigen Umständen findet nur er überhaupt einen Arbeitsplatz. Nur der Mobile kann sich die weichen Stellen im Preisgefüge zunutze machen; nur er kann seine freie Zeit für sportliche Aktivitäten nutzen, die einer aufwendigeren Infrastruktur bedürfen; nur er kann sich spezialisierter Fortbildungsmöglichkeiten bedienen, nur er kann sich den Freundeskreis zusammenstellen und erhalten, der ausschließlich seinen persönlichen Neigungen entspricht. Mobilität wird zum entscheidenden Faktor, der nicht nur die Zahl der möglichen Positionen und Rollen, sondern auch deren Rang und die verfügbaren Wahlmöglichkeiten bestimmt«<sup>3)</sup>.

Bei dem Wissen um die auch in Zukunft sehr ungleich verteilten Mobilitätschancen drängt sich angesichts solcher Perspektiven in der Tat die Frage auf, ob denn unsere Ansprüche an die Mobilität nicht weit überzogen sind, »ob nicht unser Liebesverhältnis zur beliebigen Ortsveränderung perverse Züge trägt und bei weiterhin ansteigender Entwicklung schließlich zur Auszehrung führen muß«<sup>4)</sup>.

Der demgemäße Wunsch nach einer Herabsetzung der Fahrtenzahl, nach mehr »Sesshaftigkeit«, nach einem »Einfrieren« der Mobilität auf einem bestimmten Niveau, scheint zu vordergründig, zu ideologisch, zu wenig real, als daß er als Antwort befriedigen könnte<sup>5)</sup>. Die weitere Diskussion ist daher nur effizient zu gestalten, wenn konkretere Kenntnisse über die Einflußgrößen und Zusammenhänge sowie aus heutiger Sicht

<sup>1)</sup> Vgl. Kutter, E., Mobilität als Determinante städtischer Lebensqualität, Vortrag gehalten auf der Industrieausstellung Berlin 1974, sowie PROGNOSE, Zukünftige Einsatzmöglichkeiten für das Automobil und neue Verkehrsmittel im Personennahverkehr, Stuttgart-Basel 1974.

<sup>2)</sup> Vgl. Der Deutsche und sein Auto, in: Der Spiegel, Nr. 53, 1971.

<sup>3)</sup> Spiegel, E., Stadtstruktur und Gesellschaft, in: Zur Ordnung der Siedlungsstruktur (= Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung), Hannover 1974.

<sup>4)</sup> Dahl, J., Mobilität – ein fauler Zauber?, in: Die Zeit, Nr. 46, 1973.

<sup>5)</sup> Vgl. Willeke, R., Busse und Bahnen – krank durch das Auto? (= ADAC-Schriftenreihe Straßenverkehr, Heft 17), München 1975.

plausible Vorausschätzungen der weiteren Mobilitätsentwicklung vorliegen. Dabei gilt es vor allem abzuklären und zu quantifizieren, inwieweit Mobilität heute von städtebaulichen Randbedingungen »erzwungen« wird, die sie selbst hat entwickeln und fixieren helfen, inwieweit Mobilität heute zweck- und zielgerichtet genutzt wird und in welchem Maße sie nur einer diffusen, planlosen Eroberung städtischer Umwelt dient.

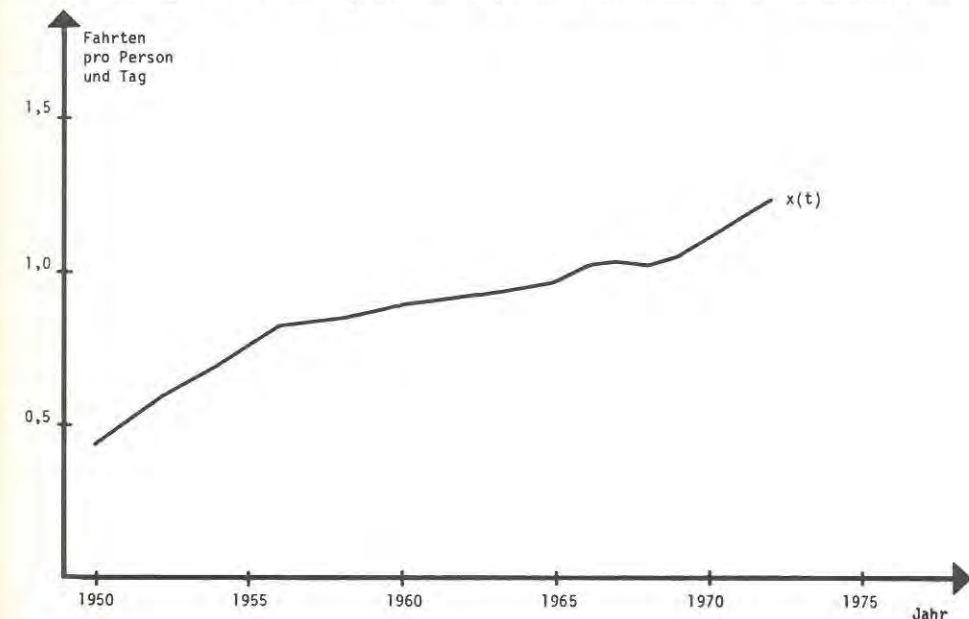
Die vorliegende Arbeit mag zu der angestrebten Klärung insoweit beitragen, als hier die bisherige Entwicklung der Verkehrsmobilität in der Bundesrepublik noch einmal nachvollzogen und der weitere Trend einzugrenzen versucht wird. Wenn hierbei die geforderte zweidimensionale Betrachtungsweise nach Fahrtenzahl und Reiseweite nicht konsequent eingehalten wird, so darf das beim derzeitigen Stand der Mobilitätsforschung noch mit der Komplexität und Vielschichtigkeit der untersuchten Materie, nicht zuletzt mit dem Fehlen einer ausreichenden Datenbasis begründet werden. Das im folgenden beschriebene Modell orientiert sich demgemäß zunächst nur an der einwohnerspezifischen Fahrtenzahl im werktäglichen Personenverkehr.

## II. Bestimmungsfaktoren der Nachfrage im Personenverkehr

Die jährlichen Statistiken zum Personenverkehr in der Bundesrepublik belegen für die letzten 25 Jahre eine Entwicklung, wie sie in der bloßen Erinnerung kaum noch bewußt sein dürfte. Gemäß diesen Statistiken hat sich die Gesamtzahl der im Individualverkehr, im öffentlichen Straßenpersonenverkehr und im Eisenbahnverkehr beförderten Personen allein in den fünfziger Jahren mehr als verdoppelt, im Zeitraum von 1950 bis 1970

Abbildung 1:

Entwicklung der einwohnerspezifischen täglichen Fahrtenzahl in der Bundesrepublik



gar verdreifacht<sup>6)</sup>. Geprägt war diese Entwicklung vom starken Aufschwung der privaten Motorisierung und der entsprechenden Zunahme des Pkw-Verkehrs, auf den derzeit über drei Viertel aller Personenfahrten entfallen.

Wie wir heute wissen, war diese Verkehrsentwicklung in erster Linie Ausdruck sich ändernder Verhaltensweisen der Bevölkerung und nur zu einem geringeren Teil Konsequenz einer absoluten Bevölkerungszunahme. Dieser Sachverhalt wird durch die in Abbildung 1 dargestellte Entwicklung der einwohnerspezifischen Fahrtenzahlen sehr anschaulich wiedergegeben. Diese Zahl stieg in der Bundesrepublik von 0,45 Personenfahrten je Einwohner und Tag im Jahre 1950 bis auf 1,25 Personenfahrten im Jahre 1972 an.

Ganz ohne Frage kann bei einer solch langen Zeitreihe nicht ausgeschlossen werden, daß zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Definitionen des Begriffes Personenfahrt zugrunde lagen. Möglicherweise kann der bisher registrierte starke Zuwachs zu einem (allerdings geringen) Teil hierdurch erklärt werden. An der Grundaussage über den Verlauf und das Ausmaß der bisherigen Mobilitätsentwicklung ändert sich hierdurch allerdings nichts.

Entsprechend dem heutigen Verständnis und Sprachgebrauch sollen im weiteren Verlauf unter Personenfahrten alle auf eine eigenständige Aktivität wie Wohnen, Arbeiten, Ausbilden, Besorgen, Einkaufen und Erholen ausgerichteten Verkehrsvorgänge mit individuellen (Pkw-Selbstfahrer, Pkw-Mitfahrer, Motorrad) und öffentlichen Reisemitteln (Bus, Straßenbahn, U-Bahn, S-Bahn, Eisenbahn) verstanden werden. Zwischenhalte am Weg etwa zum Tanken, zum Besorgen von Zigaretten, zur Aufnahme weiterer Passagiere u. a. m., stellen kein solches eigenständiges Fahrtenziel dar. Die genannten Schwierigkeiten einer eindeutigen Abgrenzung des Begriffes Personenfahrt sind allerdings auch mit dieser Definition noch keineswegs ganz ausgeräumt.

Es ist hinlänglich bekannt, daß die Entwicklung der Verkehrsmobilität ganz überwiegend vom Automobil geprägt ist. Die Motorisierung einer immer breiteren Bevölkerungsschicht, die vom Pkw-Besitz induzierte Flexibilität und Unabhängigkeit, darüber hinaus wachsender Wohlstand und vermehrte Freizeit, all dies hat ganz offensichtlich die Bereitschaft und die Notwendigkeit verstärkt, Fahrten mit dem Auto oder einem öffentlichen Verkehrsmittel zu unternehmen.

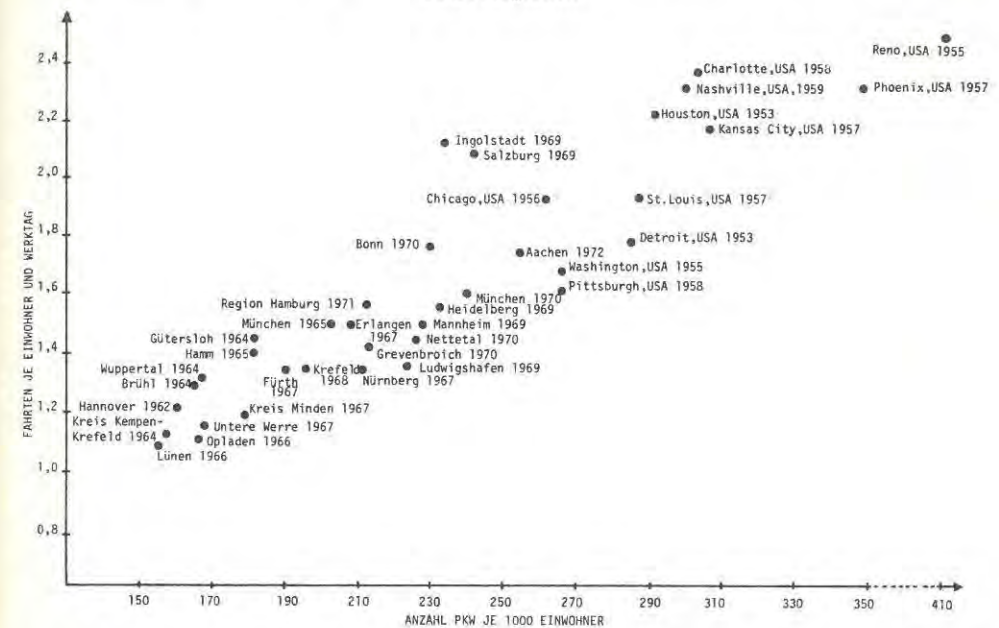
In der Tat läßt sich anhand von Beobachtungen in zahlreichen Städten ein enger Zusammenhang zwischen der Fahrtenmobilität von Stadtbewohnern und der jeweils vorhandenen Pkw-Dichte aufzeigen. Demnach werden derzeit bei einem Motorisierungsgrad von ca. 280 Pkw je 1000 Einwohner in der Bundesrepublik an einem »normalen« Werktag im Mittel etwa 1,8 bis 1,9 Personenfahrten je Einwohner mit den insgesamt verfügbaren Reisemitteln durchgeführt<sup>7)</sup>. Wie Abbildung 2 erkennen läßt, ist eine starke positive lineare Abhängigkeit zwischen Fahrtenhäufigkeit und Motorisierungsgrad feststellbar. Es bietet sich also geradezu an, diese Abhängigkeit im Rahmen einer Regressionsanalyse näher zu untersuchen und deren Ergebnisse für eine Mobilitätsprognose auf der Grundlage einer exogenen Vorausschätzung des Motorisierungsgrades zu nutzen.

<sup>6)</sup> Vgl. *Der Bundesminister für Verkehr* (Hrsg.), *Verkehr in Zahlen 1973*, Bonn 1974.

<sup>7)</sup> Vgl. *Kessel, P.*, *Verhaltensweisen im werktäglichen Personenverkehr* (= Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, H. 132), Bonn 1972; ferner: *Kessel, P.*, *Mobilität und Reisemittelwahl*, in: *Verkehrsannalen*, 21. Jg. (1974), S. 167 ff., sowie: *Schächterle, K. H.*, *Verkehrssysteme als Elemente der Siedlungsstruktur*, in: *Zur Ordnung der Siedlungsstruktur* (= Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung), Hannover 1974.

Abbildung 2:

Mittlere werktägliche Fahrtenzahl und Motorisierungsgrad in 37 Städten bzw. Regionen



Es mag von vornherein keineswegs plausibel und zwingend logisch erscheinen, daß sich gerade der Motorisierungsgrad als signifikante Bestimmungsgröße für die Summe der realisierten Personenfahrten über die Gesamtheit der individuellen und öffentlichen Verkehrsmittel hinweg erweist. Dies gilt um so mehr, wenn in einer Stadt wie Hamburg nur etwa die Hälfte der werktäglichen Personenfahrten mit dem Pkw durchgeführt wird.

Tatsächlich ist der Zusammenhang zwischen dem Grad der Motorisierung und der Verkehrsmobilität denn auch nicht ausschließlich kausaler Art. Wie einleitend bereits dargelegt, wird man die Ursachen der Mobilitätsentwicklung zum Teil auch in den sozialen, ökonomischen, demographischen und städtebaulichen Strukturgegebenheiten und -veränderungen der jeweils betrachteten Region zu suchen haben. Für die weitere Argumentation und den hier entwickelten Prognoseansatz war es von ausschlaggebender Bedeutung, daß diese letztgenannten Größen gleichermaßen die Mobilitäts- wie die Motorisierungsentwicklung beeinflussen. Hierbei ist insbesondere die Bedeutung des allgemeinen wirtschaftlichen Standards als Einflußgröße für eine gekoppelt auftretende Nachfrage nach mehr Verkehrsleistungen und nach entsprechend mehr Verkehrsmitteln hervorzuheben.

Nicht zuletzt aufgrund der in den hochmotorisierten USA beobachteten Verhaltensmuster kann man davon ausgehen, daß sich die Wirkungsweise der obengenannten Größen auf Mobilität und Motorisierungsgrad nicht (wesentlich) ändert, daß also der lineare Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen im Zeitverlauf stabil bleibt.

Damit gründet der bereits skizzierte Prognoseansatz zunächst einmal auf der Annahme, daß sich die in den USA beobachteten Verhaltensmuster mit einer gewissen Phasenverschiebung – nämlich nach Erreichen des amerikanischen Motorisierungsstandards – auch bei uns einstellen werden.

Der Einwand, daß sich die in Amerika gesammelten Erfahrungen aufgrund stark unterschiedlicher städtebaulicher und raumstruktureller Gegebenheiten nicht uneingeschränkt auf europäische Verhältnisse übertragen lassen, ist ernst zu nehmen und durch entsprechende weitere Untersuchungen noch zu stützen bzw. zu entkräften. Dessen eingedenk bieten die amerikanischen Erfahrungen aber vorerst die einmalige Chance, eine für die Bundesrepublik zunächst nur extrapolierte Tendenz der Mobilitätsentwicklung bereits heute zu überprüfen.

Damit ist der im folgenden zu erläuternde Prognoseansatz bereits angesprochen und in groben Umrissen vorgezeichnet. Das Modell greift den beschriebenen Zusammenhang zwischen der Verkehrsmobilität und der Pkw-Dichte unmittelbar auf; die Hypothesen und Überlegungen, welche die Notwendigkeit und Berechtigung eines solchen Ansatzes begründen, seien hier noch einmal in Kürze wiedergegeben:

Im Optimalfall sollte eine Mobilitätsprognose möglichst alle signifikanten Bestimmungsfaktoren der individuellen Fahrtenhäufigkeit einbeziehen. Eine solche Prognose aufgrund der vielfältigen Einzeleinflüsse wie etwa der Entwicklung der Erwerbsstruktur, der Änderungen im Altersaufbau, der Arbeitszeitentwicklung, des sozialen Status oder des wirtschaftlichen Standards ist aber – von der Datenverfügbarkeit einmal ganz abgesehen – heute noch sehr problematisch und zum Teil noch gar nicht durchführbar. Zwar liegt für zahlreiche Variable der Nachweis eines Einflusses auf Art und Umfang des Personenverkehrs in mehr oder minder quantifizierter Form vor, dennoch ist es derzeit noch nicht möglich, diese Variablen in einem globalen Prognosemodell zu berücksichtigen, da einmal die zwischen ihnen selbst bestehenden Wechselwirkungen zum Teil noch nicht bekannt und zum anderen diese Größen nur schwer prognostizierbar sind<sup>8)</sup>.

Da bei aller Problematik aber auch in der Zwischenzeit auf Verkehrsprognosen nicht verzichtet werden kann, bietet es sich vorerst geradezu an, die zukünftige Verkehrsmobilität über eine geeignete »Ersatzgröße« zu ermitteln, deren Entwicklung selbst bereits mit relativ großer Zuverlässigkeit prognostiziert werden kann. Eine solche Größe ist nachgewiesenermaßen die Motorisierung, die z. T. von den gleichen Faktoren bestimmt wird wie die Mobilität selbst und somit die zuvor angesprochenen Einzeleinflüsse auf die Mobilität weitgehend mit einschließt.

Die Ableitung der weiteren Mobilitätsentwicklung aus Prognosen der Pkw-Bestandentwicklung geht weiterhin von der Hypothese aus, daß der enge lineare Zusammenhang zwischen der Pkw-Dichte und der Verkehrsmobilität über die Zeit hinweg stabil bleibt. Die Richtigkeit dieser Annahme wird durch die Erfahrungswerte aus amerikanischen Städten mit weitgehend abgessättigter Motorisierung heute bereits in hohem Maße bestätigt.

Es leuchtet unmittelbar ein, daß der Verkehrsmobilität genau wie der Motorisierung »natürliche« Grenzen gesetzt sind, die sich aus den bereits genannten demographischen

<sup>8)</sup> Vgl. PROGNOSE, Zukünftige Einsatzmöglichkeiten für das Automobil und neue Verkehrsmittel im Personennahverkehr, Stuttgart-Basel 1974.

und sozio-ökonomischen Kenngrößen, aus einem nur begrenzt vermehrbaren spezifischen Zeitbudget und einer zwangsläufig nie ganz abzubauenen Resistenz gegen Entfernungswiderstände herleiten; die verkehrs- und energiepolitischen Einflüsse sind hierbei als stabil unterstellt. Verkehrsmobilität ist nach alledem ebenso wie die Motorisierung als ein Sättigungsphänomen zu sehen, dessen Grenzen bestimmbar sind. Der Modellansatz, der auf diesen Grundannahmen basiert, wird im folgenden Abschnitt formal dargestellt.

### III. Grundzüge des Prognosemodells

Von den zahlreichen Einflußgrößen, welche die Verkehrsmobilität und deren Entwicklung bestimmen, sind nur sehr wenige als erklärende Variable eines Prognosemodells geeignet. Das liegt zum geringeren Teil an mangelnder, räumlich disaggregierter Verfügbarkeit und Quantifizierbarkeit, vielmehr vor allem an der Schwierigkeit, die Einflußgrößen ihrerseits hinreichend exakt zu prognostizieren.

Unter diesen Prämissen scheint der Motorisierungsgrad aufgrund seines hohen Erklärungswertes besonders geeignet, in einen Prognoseansatz der Verkehrsmobilität einzugehen. Eine Prognoserechnung, die hierauf aufbaut, wird sich zweckmäßigerweise in den drei folgenden Schritten vollziehen:

1. Entwicklung eines Regressionsmodells der Verkehrsmobilität mit dem Motorisierungsgrad als erklärender Variabler;
2. Prognose des Motorisierungsgrades auf der Basis eines Sättigungsmodells;
3. Prognose der Verkehrsmobilität durch Kombination der beiden Teilmodelle.

Die in Abbildung 2 dargestellten empirischen Beobachtungen legen es nahe, die mittlere Verkehrsmobilität  $Y$ , gemessen in Fahrten je Einwohner und Werktag, als eine Zufallsvariable aufzufassen, deren Erwartungswert eine lineare Funktion des Motorisierungsgrades  $x$  ist, den wir der Einfachheit halber zunächst als fest vorgegeben betrachten:

$$(1) \quad E(Y|x) = \eta(x) = \beta_0 + \beta_1 x$$

Unter den weiteren Annahmen des klassischen linearen Regressionsmodells lassen sich die Parameter  $\beta_0$  und  $\beta_1$  aufgrund von Beobachtungen  $(x_i, y_i)$ , wobei  $i = 1, \dots, n$ , mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate erwartungstreu schätzen. Die Schätzfunktion für  $\eta(x)$  wird dabei mit

$$(2) \quad Y(x) = B_0 + B_1 x$$

bezeichnet.

Setzt man weiter voraus, daß  $Y(x)$  normalverteilt ist, so ist<sup>9)</sup>

$$(3) \quad \left[ Y(x) - t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}^{d(x)} s ; Y(x) + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}^{d(x)} s \right]$$

ein Vertrauensintervall für  $\eta(x)$  zum Sicherheitsgrad  $1-\alpha$ .

Dabei ist

$$s^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n [Y_i - Y(x_i)]^2 \quad \text{eine erwartungstreu Schätzfunktion für } \text{var}(Y|x) = \sigma^2,$$

<sup>9)</sup> Schneberger, H., Punkt-, Intervallprognose und Test auf Strukturbruch mit Hilfe der Regressionsanalyse, in: Mertens, P. (Hrsg.), Prognoserechnung, Würzburg-Wien, 1973.

$$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$$

$$d^2(x) = \frac{1}{n} + \frac{(x-\bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

der kritische Wert der t-Verteilung mit n-2 Freiheitsgraden und ein Faktor, der aus der Beziehung  $\text{var}[Y(x)] = d^2(x) \sigma^2$  herrührt.

Nach der Schätzung der Parameter  $\beta_0$  und  $\beta_1$  ist es für eine Mobilitätsprognose notwendig, zunächst die Entwicklung des Motorisierungsgrades im Zeitverlauf zu prognostizieren. Zu diesem Problem liegt bereits eine ganze Reihe spezieller Untersuchungen vor<sup>10)</sup>. An dieser Stelle soll daher der Hinweis genügen, daß die meisten dieser Prognosen auf sogenannten Sättigungsmodellen, wie etwa dem logistischen Modell

$$(4) \quad x(t) = \xi / [1 + \exp(\alpha_0 + \alpha_1 t)]$$

oder dem GOMPERTZ-Modell

$$(5) \quad x(t) = \xi \exp(-\alpha_0 \alpha_1^t)$$

basieren<sup>11)</sup>. Dabei bezeichnet t die Zeit, x(t) den Motorisierungsgrad zur Zeit t und  $\xi$  die Sättigungsgrenze, d.h. den maximalen Motorisierungsgrad. Die Parameter  $\alpha_0$  und  $\alpha_1$  können (gegebenenfalls nach exogener Vorgabe von  $\xi$ ) mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate geschätzt werden.

Hat man aufgrund empirischer Beobachtungen den Schätzwert

$$(6) \quad y(x) = b_0 + b_1 x$$

für  $\eta(x)$  berechnet und hat man darüber hinaus eine Prognose  $\hat{x}(t)$  für die zeitliche Entwicklung des Motorisierungsgrades, so beschreibt die Funktion

$$(7) \quad \hat{y}(t) = y[\hat{x}(t)] = b_0 + b_1 \hat{x}(t)$$

die prognostizierte Entwicklung der zu erwartenden Verkehrsmobilität im Zeitverlauf. Da für wachsendes t der Motorisierungsgrad  $\hat{x}(t)$  gegen den endlichen Sättigungswert  $\xi$  strebt, gilt

$$(8) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \hat{y}(t) = b_0 + b_1 \xi$$

d. h. auch die prognostizierte Verkehrsmobilität  $\hat{y}(t)$  nähert sich einem Sättigungswert.

In (7) wird  $\hat{x}(t)$  exogen vorgegeben. Das bedeutet, daß  $\hat{y}(t)$  den Charakter einer bedingten Punktprognose für  $\eta_t = \eta[x(t)]$  hat. Diese kann durch eine bedingte Intervallprognose ergänzt werden.

Nach Berechnung des Schätzwertes  $s^2$  für die Varianz  $\sigma^2$  kann man zu vorgegebenem Sicherheitsgrad  $1-\alpha$  die Realisation des Intervalls (3) angeben. Die Unter- bzw. Obergrenzen dieses Intervalls werden abkürzend mit

$$(9) \quad f^-(x) = y(x) - t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} d(x) s$$

<sup>10)</sup> Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Integrierte Langfristprognose für die Verkehrsnachfrage im Güter- und Personenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland, noch nicht veröffentlicht; Deutsche Shell AG, Prognose des Pkw-Bestandes, Aktuelle Wirtschaftsanalysen (6), 1973; Diekmann, A., Der Motorisierungstrend bleibt weiter aufwärts gerichtet, in: Internationales Verkehrswesen, 26. Jg., H. 6, 1974.

<sup>11)</sup> Mertens, P., Mittel- und langfristige Absatzprognose auf der Basis von Sättigungsmodellen, in: Mertens, P. (Hrsg.), Prognoserechnung, Würzburg-Wien 1973.

bzw.

$$(10) \quad f^+(x) = y(x) + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} d(x) s$$

bezeichnet.

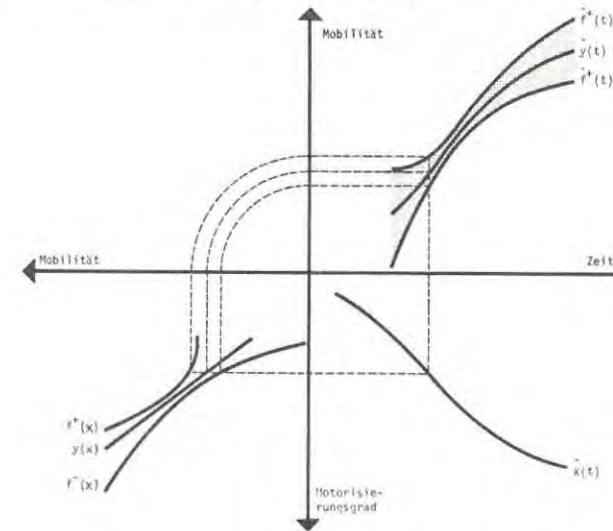
Ersetzt man x in (9) und (10) durch den Prognosewert  $\hat{x}(t)$ , so erhält man die Intervallgrenzen

$$(11) \quad \hat{f}^-(t) = f^-[\hat{x}(t)] \quad \text{bzw.} \quad \hat{f}^+(t) = f^+[\hat{x}(t)]$$

Durch  $\hat{f}^-(t)$  bzw.  $\hat{f}^+(t)$  wird also die Unter- bzw. Obergrenze des Vertrauensintervalls für die im Zeitpunkt t zu erwartende Verkehrsmobilität  $\eta_t$  bezeichnet, vorausgesetzt, daß zu diesem Zeitpunkt der Motorisierungsgrad  $\hat{x}(t)$  herrscht. Das Intervall  $[\hat{f}^-(t); \hat{f}^+(t)]$  ist in diesem Sinne also ein bedingtes Prognoseintervall für  $\eta_t$ .

Die beschriebene Modellstruktur ist in Abbildung 3 nochmals im Zusammenhang dargestellt.

Abbildung 3: Struktur des Mobilitätsprognosemodells



#### IV. Ergebnisse der Prognoserechnung

Aus den in Abbildung 2 wiedergegebenen Beobachtungen aus n = 37 Städten bzw. Regionen errechnen sich die folgenden für die Regressionsanalyse wichtigen Hilfsgrößen:

$$\begin{aligned} \sum x_i &= 8.563,8 & \sum y_i &= 60,13 & \sum x_i y_i &= 14.676,164 \\ \sum x_i^2 &= 2.104.372,82 & \sum y_i^2 &= 103,5037 \\ \bar{x} &= 231,45405 & \bar{y} &= 1,62514 \end{aligned}$$

Für die Regressionskoeffizienten erhält man somit die Schätzwerte  $b_0 = 0,18841$  bzw.  $b_1 = 0,00621$ , so daß also

$$(12) \quad y(x) = 0,18841 + 0,00621x$$

die Schätzung für die wahre Regressionslinie darstellt.

Als Schätzwert für die Varianz  $\sigma^2$  ergibt sich

$$(13) \quad s^2 = 0,03068$$

was einer Standardabweichung von  $s = 0,17517$  entspricht.

Zur Prüfung der Hypothese  $H_0: \beta_1 = 0$  verwendet man die Teststatistik

$$\frac{B_1 \sqrt{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}}{s}$$

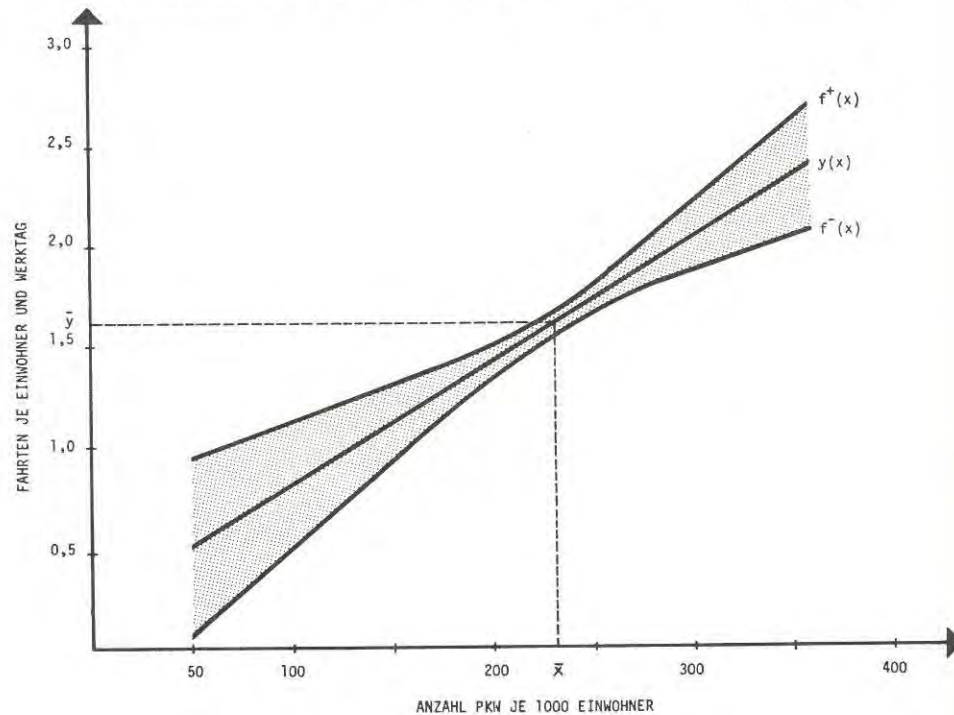
welche einer t-Verteilung mit  $n-2 = 35$  Freiheitsgraden unterliegt. Diese Prüfgröße hat hier den Wert 12,38990, so daß die Signifikanz der linearen Regression außer Zweifel steht.

Der Faktor  $d^2(x)$  ergibt sich schließlich zu

$$(14) \quad d^2(x) = 0,02703 + \frac{(x-231,45405)^2}{21 \cdot 293,88}$$

Abbildung 4:

Verkehrsmobilität und Motorisierung – Punkt- und Intervallschätzung –



Damit ist man in der Lage, Punkt- und Intervallschätzungen für die erwartete Verkehrsmobilität  $\eta(x)$  durchzuführen.

Die vorhergehende Abbildung 4 zeigt den Verlauf der geschätzten Regressionslinie  $y(x)$  und der Funktionen  $f^-(x)$  sowie  $f^+(x)$ , welche für jedes  $x$  die Grenzen des Vertrauensbereiches für  $\eta(x)$  angeben (Sicherheitsgrad  $1-\alpha = 0,95$ ), d. h.

$$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} = t_{0,025; 35} = 2,032$$

Verwendet man zur Motorisierungsprognose die GOMPertz-Funktion (5) mit einer exogen vorgegebenen Sättigungsgrenze  $\xi = 400$  (Pkw je 1000 Einwohner), so liefert die Methode der kleinsten Quadrate nach der Transformation

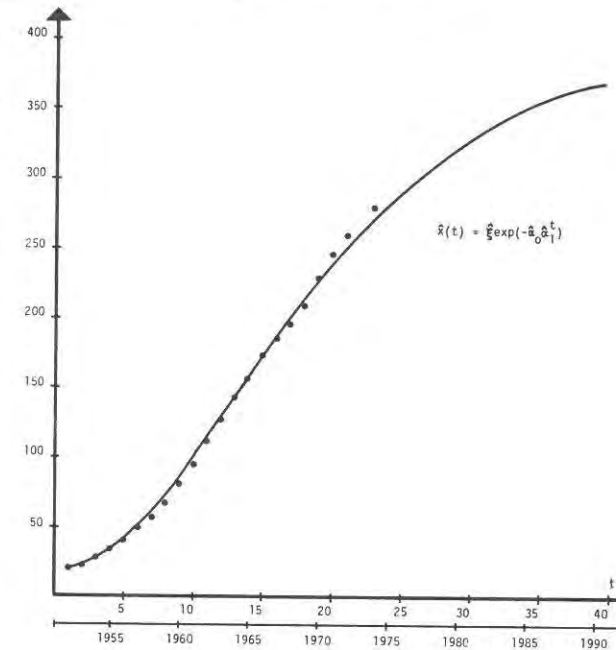
$$z(t) = \ln \{-\ln [x(t)/\xi]\}$$

Schätzwerte für  $\alpha_0$  und  $\alpha_1$ . Mit den in Abbildung 5 wiedergegebenen Motorisierungskennziffern für die Jahre 1952 bis 1972 erhält man die Schätzwerte  $\hat{\alpha}_0 = 3,68151$  und  $\hat{\alpha}_1 = 0,90616$ , das heißt

$$(15) \quad \hat{x}(t) = 400 \exp(-3,68151 \cdot 0,90616^t)$$

Abbildung 5:

Beobachteter und prognostizierter Verlauf der Motorisierungsentwicklung in der Bundesrepublik



In Tabelle 1 sind zur Ergänzung für ausgewählte Jahre einige alternative Motorisierungsprognosen einander gegenübergestellt:

Tabelle 1:

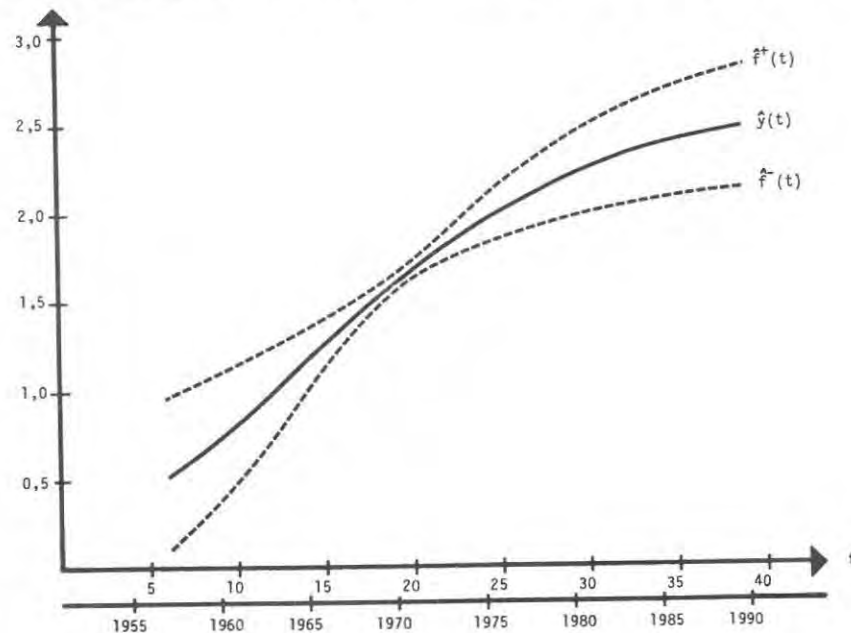
*Prognosen des Motorisierungsgrades für die Bundesrepublik Deutschland*

Jahr	GOMPERTZ-Modell	SHELL-Prognose		DIW-Prognose	
		Modell A	Modell B	Ansatz 1	Ansatz 2
1980	324	340	327	324	325
1985	352	380	328	352	360
1990	370	393	—	370	385

Setzt man nun (15) in (12) ein, so erhält man die Prognosefunktion  $\hat{y}(t)$  für die zeitliche Entwicklung der mittleren Verkehrsmobilität. Abbildung 6 enthält den Graph der Funktion  $\hat{y}(t)$  zusammen mit den Grenzen  $\hat{f}^-(t)$  und  $\hat{f}^+(t)$  des Prognoseintervalls für  $\eta_t$  (Sicherheitsgrad  $1 - \alpha = 0,95$ ).

Abbildung 6:

*Punkt- und Intervallprognose der Verkehrsmobilität für die Bundesrepublik Deutschland*



Für einige ausgewählte Jahre enthält Tabelle 2 die entsprechenden Punkt- und Intervallprognosen.

Tabelle 2:

*Punkt- und Intervallprognose der Verkehrsmobilität für ausgewählte Jahre*

Jahr	t	$\hat{x}(t)$	$\hat{f}^-(t)$	$\hat{y}(t)$	$\hat{f}^+(t)$
1980	29	323,80	1,96648	2,19921	2,43194
1985	34	351,55	2,07281	2,37154	2,67027
1990	39	369,66	2,14184	2,48400	2,82616

Als prognostiziertes Sättigungsniveau der Mobilität ergibt sich

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{y}(t) = 2,67241$$

das heißt ein Wert von nahezu 2,7 Fahrten pro Einwohner und Werktag.

Wie man Abbildung 6 unmittelbar entnimmt, ist die voraussichtliche zukünftige Entwicklung der Verkehrsmobilität durch weiteres, allerdings degressives Wachstum gekennzeichnet. Von heute ca. 1,9 Fahrten je Einwohner und Werktag wird sie danach auf rund 2,2 bzw. 2,4 Fahrten je Einwohner und Werktag in den Jahren 1980 bzw. 1985 ansteigen. Für 1990 ist schließlich mit einem Mobilitätswert nahe 2,5 zu rechnen (vgl. Tabelle 2).

Bei diesen Zahlen handelt es sich um Punktprognosen der zukünftig zu erwartenden Verkehrsmobilität. Betrachtet man die entsprechenden 95-Prozent-Prognoseintervalle  $[\hat{f}^-(t), \hat{f}^+(t)]$  so zeigt sich, daß diese um so größer sind, je weiter der Prognosezeitpunkt t in der Zukunft liegt. Ist der Bereich, in welchem man die Mobilitätskennziffer  $\eta_t$  erwarten kann, im Jahr 1980 mit  $[2,0 ; 2,4]$  noch relativ eng, so wächst er auf  $[2,1 ; 2,7]$  im Jahr 1985 und auf  $[2,1 ; 2,8]$  im Jahr 1990.

## V. Zusammenfassung

Mit wachsender Motorisierung und steigender Verkehrsintensität ist das Phänomen »Mobilität« gleichermaßen in die öffentliche Diskussion geraten wie das Automobil selbst. Hier wie dort bewegt sich die Diskussion allerdings auf einem überwiegend abstrakten Niveau und ist nur allzu häufig geprägt von subjektiven Meinungen und Wunschvorstellungen.

Diese Arbeit will nun dazu beitragen, die dringend benötigte sachliche Basis solcher Diskussionen zu stärken, indem hier die bisherige Entwicklung der Verkehrsmobilität in der Bundesrepublik Deutschland noch einmal nachgezeichnet und eine plausible Prognose der zukünftigen Mobilitätsentwicklung zu geben versucht wird.

Als gesichertes Ergebnis läßt sich zunächst festhalten, daß die Verkehrsmobilität in der Vergangenheit als Folge der Motorisierung, zunehmender Freizeit und steigenden wirtschaftlichen Standards deutlich zugenommen hat und heute im Mittel etwa 1,9 Personenfahrten je Einwohner und Werktag mit den verschiedenen öffentlichen und individuellen Verkehrsmitteln durchgeführt werden.

Was die weitere Entwicklung der Mobilität anbelangt, so scheint eine Prognose aufgrund vielfältiger primärer Einzeleinflüsse wie etwa der zu erwartenden Änderungen der Erwerbsstruktur und des Altersaufbaus, der Arbeitszeitregelungen, des sozialen und wirtschaftlichen Standards derzeit nicht nur sehr problematisch, sondern teilweise noch gar nicht durchführbar.

Von den wenigen verbleibenden Möglichkeiten einer Mobilitätsprognose wird man dem hier gewählten Ansatz, der den engen linearen Zusammenhang zwischen Fahrtenzahl und individueller Motorisierung aufgreift, den höchsten Grad an Plausibilität zusprechen müssen. Unter den zugrundegelegten Prämissen wird die Verkehrsmobilität bis 1985 auf ca. 2,4 Personenfahrten je Einwohner und Werktag anwachsen. Danach ist noch ein weiterer Anstieg bis auf etwa 2,7 Personenfahrten je Einwohner und Werktag, dem Sättigungsniveau der Verkehrsmobilität, zu erwarten. Gegenüber heute würde dies eine Zunahme von rund 50 Prozent bedeuten, in der Tat ein ausreichender Grund, die Ursachen der Mobilität und ihre Entwicklungstendenzen verstärkt zu erforschen, darüber hinaus aber auch ihre Notwendigkeit und die von ihr ausgehenden Zwänge kritisch zu diskutieren.

### Summary

Our transport mobility – as indicated by the number of actually accomplished trips from one place to another – has grown markedly in the past. This is largely a result of increased motorization, more leisure time, and higher economic standards. On the average, nearly two passenger trips by public or private modes of transport are recorded per inhabitant and working day.

In accordance with the two-stage forecast approach selected here – based on the close linear relationship between the 'inhabitant-specific' number of trips and the level of motorization – our mobility will grow to 2.4 passenger trips by 1985, while the saturation level will be as much as 2.7 passenger trips per inhabitant and working day.

As compared with today, this would mean an increase by approximately 50%. Sufficient reason, indeed, to intensify research of the causes of mobility and its trends of development and, furthermore, to carry on with critical discussions regarding the urgency of this increased mobility and the constraints following from it.

### Résumé

Dans le passé, notre mobilité du trafic compris dans le sens des déplacements réalisés a visiblement augmenté surtout par la suite de la motorisation, de temps libre accru et d'un standard économique plus élevé; ainsi s'explique qu'en moyenne à peu près 2 trajets de voyageurs sont actuellement entrepris avec des moyens de transport publics et privés par habitant et jour ouvrable.

Conformément à la prognose à deux étages mise en ligne de compte et choisie ici qui est basée sur les étroites relations linéaires existant entre le nombre de trajets spécifique par habitant et le grade de motorisation, il est à prévoir que déjà jusqu'à 1985 notre mobilité accroîtra à environ 2,4 trajets de voyageurs et dont le point de saturation atteindra même environ 2,7 trajets de voyageurs par habitant et jour ouvrable.

Comparé avec l'état actuel cela signifiera un accroissement de 50%, en effet assez de raison de rechercher plus intensivement que jusqu'à présent les causes de la mobilité et ses tendances de développement, mais au-delà aussi de discuter critiquement sa nécessité et les contraintes en ressortissantes.

## Verkehr als Instrument der Stadtentwicklung

VON WOLFGANG ECKSTEIN UND PROFESSOR DR. DETLEF MARX, MÜNCHEN

### I. Einführung

Die Stadt München verdankt ihre Entstehung einer verkehrspolitischen Entscheidung, die mehr als 800 Jahre zurückliegt und aus finanz- und wohl auch aus machtpolitischen Gründen getroffen worden war; der damalige Herzog *Heinrich der Löwe* zerstörte eine außerhalb seines Hoheitsgebietes liegende Brücke über die Isar samt Zollhaus und verlegte sie und damit auch eine wichtige Ost-West-Handelsstraße nur 10 km weiter südlich auf Münchner Gebiet, um sich selbst die Zolleinnahmen zu sichern. Gleichzeitig stattete er den vorher unscheinbaren Ort mit Markt-, Münz- und Zollrecht aus.

Der Hinweis auf die Geschichte der Stadt München soll zweierlei andeuten:

- Die angesprochenen Probleme sind nicht neu, sie sind nicht immer nur Folge des modernen Kfz-Verkehrs, einige Probleme sind so alt wie die Städte.
- Es gilt nicht nur das Problem Verkehr, sondern auch das Problem Stadt zu sehen. Verkehr war und ist für die Entwicklung der Städte ein elementarer Faktor.

Wenn 1975 Konferenzen unter der Überschrift »Bessere Städte mit weniger Verkehr« oder »Transportation and Urban Life« stattfanden und dabei u. a. als Ziel genannt wurde, die Verbindungen zwischen den beiden Welten »Systems Science« und »Human Factors« zu verbessern, so scheint damit die allgemeine Auffassung ausgedrückt zu werden, daß der Verkehr bzw. die Verkehrsplanung ein Spezialgebiet geworden ist, das sich in den letzten Jahrzehnten in einer für das städtische Leben bedrohlichen Weise verselbständigt hat und nicht oder wenigstens nicht im erforderlichen Umfang als Instrument der Stadtentwicklung gehandhabt wird.

Woran liegt dies? Den Begriff »Stadtentwicklungsplanung« gibt es in der Bundesrepublik Deutschland erst seit etwa 15 Jahren. Die frühere, vorwiegend auf die räumliche Ordnung bezogene Sicht des »Städtebaus« wurde nur zögernd erweitert durch den Versuch einer zusammenfassenden Betrachtung und wechselseitigen Abstimmung räumlicher, wirtschaftlicher und sozialer Entwicklungsaspekte. Statt der sog. Anpassungs- oder Auffangplanung, die lediglich den Rahmen für die Privatinitiative absteckt, will die öffentliche Hand mit Stadtentwicklungspolitik eine aktive, die Investitionsplanung einbeziehende städtische Strukturpolitik betreiben: die Zielvorstellung von einem endgültig anzustrebenden Ordnungszustand wird ersetzt durch das Konzept eines kontinuierlich zu lenkenden Veränderungsprozesses

#### Anschrift der Verfasser

Baudirektor Wolfgang Eckstein  
 Professor Dr. Detlef Marx  
 Referat für Stadtforschung und Stadtentwicklung – Stadtentwicklungsreferat –  
 Landeshauptstadt München  
 Sendlinger Straße 1  
 8000 München 2