

### Summary

The applicability of multi-objective decision models to planning problems in the sector of public mass transportation is demonstrated using the example of the determination of priorities for the construction of new links in the Hamburg Underground System. Making precise the methodological base and referring this base to the given problem, a number of solutions are presented, which are interesting from the planner's as well as the scientist's point of view.

### Résumé

L'application des modèles de la décision avec des critères multiples dans le domaine des transports publics urbains est exposé par l'exemple de la détermination des priorités pour l'aménagement du réseau du métro Hambourg. En précisant la base méthodologique et en référant cette base au problème décrit les auteurs présentent quelques solutions, qui sont de l'intérêt pour l'administration et pour les sciences de l'économie et de la circulation.

## Strukturwandel im Kraftfahrzeugbestand der Bundesrepublik Deutschland 1954–1973

VON DR.-ING. JOACHIM WESTPHAL, HANNOVER

### I. Einführung

Etwa seit 1950 ist auch in der Bundesrepublik Deutschland mit allgemein wachsendem Wohlstand eine starke Motorisierung breiter Bevölkerungsschichten zu beobachten, die das Verkehrsgeschehen in vielen Bereichen nachhaltig beeinflusst hat. Obwohl dem motorisierten Straßenverkehr eine Reihe von Nachteilen – beispielsweise Unfallgefahr, Belästigung durch Abgase und Lärm sowie mangelnde Eignung im Berufsverkehr großer Städte und Verdichtungsräume – anhaftet, darf jedoch nicht übersehen werden, daß er gleichzeitig infolge der Verfügbarkeit des Kraftfahrzeugs nach Raum und Zeit dem Benutzer eine früher nicht gekannte Mobilität sichert. Vermutlich ist dieser Zuwachs an Mobilität ein bestimmender Grund für das in den letzten 25 Jahren festzustellende starke Anwachsen des Kraftfahrzeugbestandes.

In der vorliegenden Arbeit soll die Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes – getrennt nach seinen einzelnen Bestandteilen – für den Zeitabschnitt 1954–1973 dargestellt werden. Gleichzeitig wird jedoch der grundlegende Wandel in der Struktur des Kraftfahrzeugbestandes aufgezeigt. Der Bestand an Personen- und Kombinationskraftwagen bestimmt gegenwärtig überwiegend den Kraftfahrzeugbestand.

### II. Wohnbevölkerung und Kraftfahrzeugbestand

Die vorliegende Untersuchung beruht auf den in Tabelle 1 zusammengestellten Basisdaten für die Wohnbevölkerung und den Kraftfahrzeugbestand in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973. Der Kraftfahrzeugbestand wird hierin nach dem Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt, Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen sowie Krafträdern unterschieden. Sämtliche in Tabelle 1 aufgeführten Basisdaten entstammen amtlichen Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden<sup>1)</sup> bzw. des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg<sup>2)</sup>.

#### *Anschrift des Verfassers:*

Dr.-Ing. Joachim Westphal  
Bauberrat im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft und Verkehr  
Friedrichswall 1  
3000 Hannover 1

<sup>1)</sup> Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1974, Stuttgart und Mainz 1974; Statistisches Bundesamt, Bevölkerung und Wirtschaft 1872–1972, Stuttgart und Mainz 1972.

<sup>2)</sup> Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Juli 1973, Bonn-Bad Godesberg 1974.

Tabelle 1:

Wohnbevölkerung und Bestand an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973

Jahr	Wohnbevölkerung <sup>1)</sup> [Mio. E.]	Bestand an		
		Kraftfahrzeugen <sup>2)</sup> [Mio. KFZ]	Personenkraftwagen <sup>2)3)</sup> [Mio. PKW]	Krafträdern <sup>2)</sup> [Mio. KR]
1	2	3	4	5
1954	51,880	4,868	1,463	2,353
1955	52,382	5,376	1,748	2,495
1956	53,008	5,897	2,136	2,517
1957	53,656	6,939	2,584	2,462
1958	54,292	6,787	3,097	2,254
1959	54,876	7,193	3,684	2,017
1960	55,433	8,004	4,489	1,892
1961	56,175	8,825	5,343	1,723
1962	56,938	9,714	6,335	1,494
1963	57,587	10,486	7,305	1,198
1964	58,266	11,286	8,274	0,926
1965	59,012	12,168	9,267	0,717
1966	59,638	13,147	10,302	0,552
1967	59,873	13,745	11,016	0,394
1968	60,184	14,391	11,682	0,312
1969	60,848	15,343	12,585	0,263
1970	60,651	16,783	13,941	0,229
1971	61,302	18,028	15,115	0,201
1972	61,672	19,025	16,055	0,198
1973	61,973 <sup>4)</sup>	20,072 <sup>5)</sup>	17,023 <sup>5)</sup>	0,213 <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> jeweils Jahresdurchschnitt (Quelle: [1])

<sup>2)</sup> jeweils am 1. Juli (Quelle: [1])

<sup>3)</sup> einschließlich Kombinationskraftwagen

<sup>4)</sup> vorläufiges Ergebnis

<sup>5)</sup> Quelle: [2]

Die Bilder 1, 2 und 3 veranschaulichen die Zahlenangaben aus Tabelle 1 als Zeitreihen über jeweils 20 Jahre. Nach Bild 1 nahm die Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) von etwa 51,9 Mio. Einwohnern im Jahre 1954 auf etwa 62,0 Mio. Einwohner im Jahre 1973 zu.

Zwischen 1954 und 1966 wuchs nach Bild 1 die Wohnbevölkerung fast linear. Von 1966 bis 1973 nahm die Wohnbevölkerung – abgesehen von den Abweichungen in den Jahren 1969 und 1970 – ebenfalls ungefähr geradlinig zu, allerdings zeigt dieser Zeitraum eine deutlich geringere jährliche Steigerung gegenüber dem vorangegangenen Zeitraum 1954–1966: Die Bevölkerungsentwicklung weist im Jahre 1966 einen erkennbaren Knick auf.

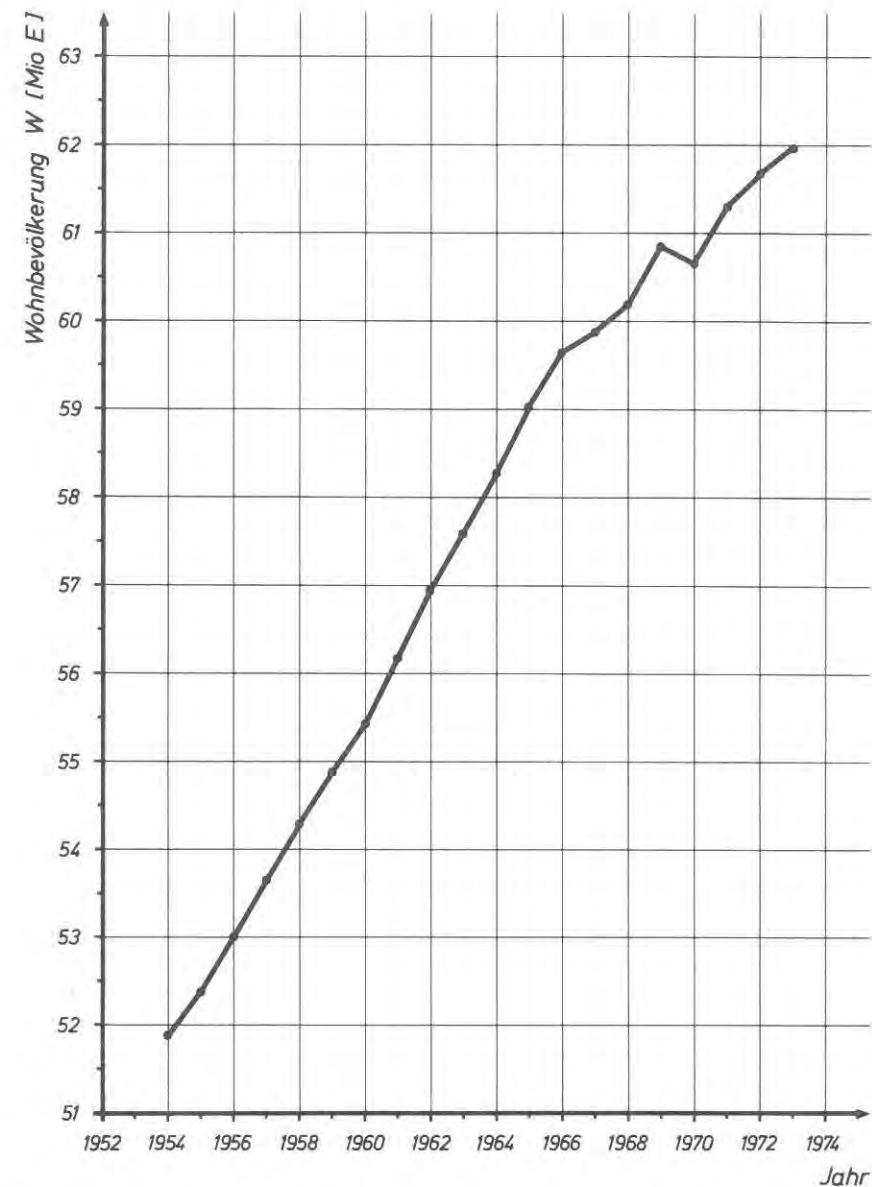


Bild 1. Absolute Entwicklung der Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973.

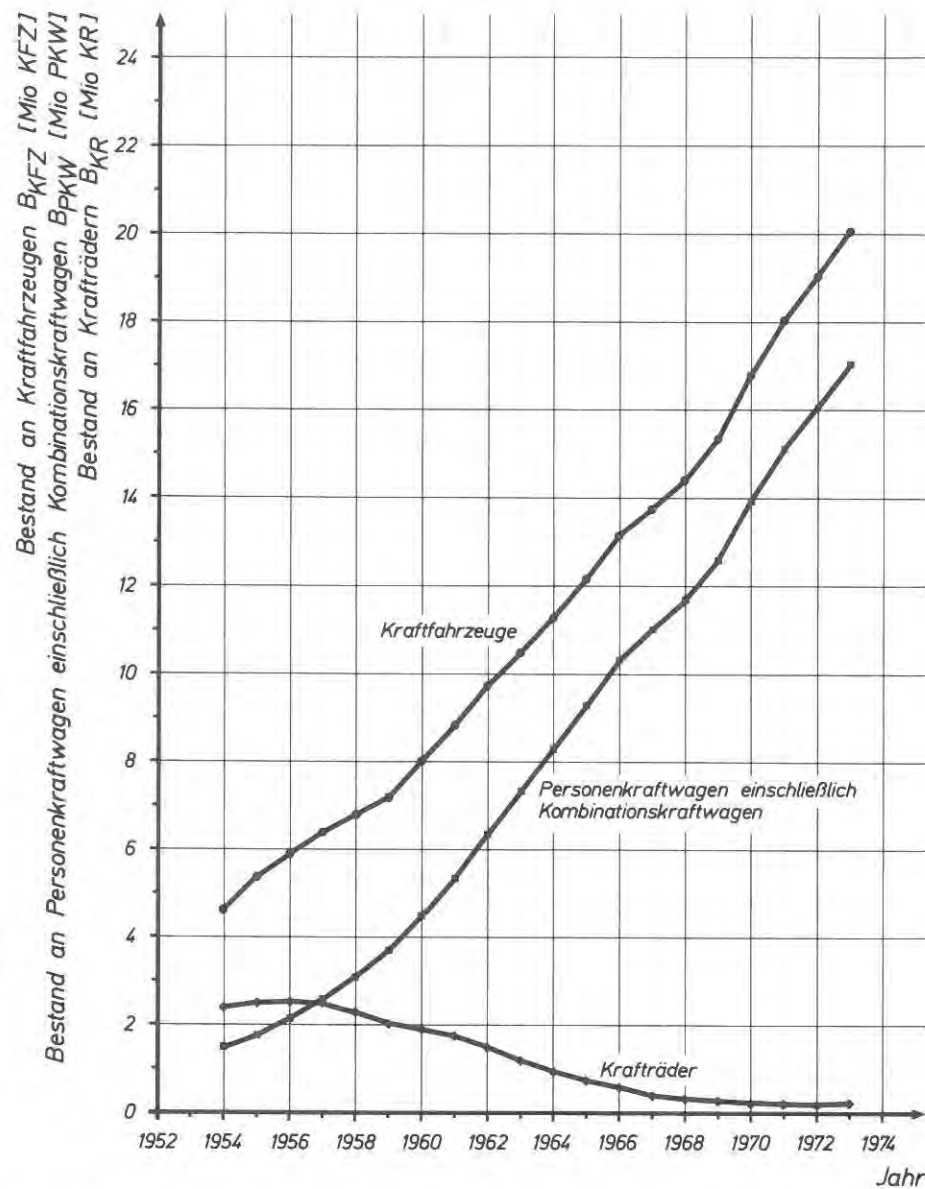


Bild 2. Absolute Entwicklung des Bestandes an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973.

Analog zu der in Bild 1 aufgetragenen Entwicklung der Wohnbevölkerung zwischen 1954 und 1973 wurden in Bild 2 die Bestände an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern jeweils als Zeitreihen für denselben Zeitraum 1954–1973 dargestellt. Danach stieg die Zahl der Kraftfahrzeuge von etwa 4,9 Mio. im Jahre 1954 auf etwa 20,1 Mio. im Jahre 1973. Die Entwicklung der Kraftfahrzeuge verlief in den untersuchten 20 Jahren etwa parabelförmig. Die Zahl der Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen nahm von etwa 1,5 Mio. im Jahre 1954 auf etwa 17,0 Mio. im Jahre 1973 zu. Auch deren Entwicklung zeigt einen ungefähr parabelförmigen Verlauf über die Zeit. Während die Bestände an Kraftfahrzeugen bzw. Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen im Zeitraum 1954–1973 starke Steigerungsraten zeigten, nahm die Zahl der Krafträder von etwa 2,4 Mio. im Jahre 1954 auf etwa 0,2 Mio. im Jahre 1973 ab. Der Bestand an Krafträdern war mit etwa 2,5 Mio. im Jahre 1956 am größten. Er zeigt zwischen 1954 und 1973 einen Verlauf, der Ähnlichkeit mit der Normalverteilung nach Gauß aufweist. Krafträder sind derzeit im Kraftfahrzeugbestand der Bundesrepublik Deutschland zahlenmäßig bedeutungslos. Aus diesem Grunde werden sie in den folgenden Abschnitten nicht weiter untersucht.

In Bild 3 wurden die prozentualen Zeitreihen 1954–1973 für die Wohnbevölkerung sowie den Bestand an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) jeweils einzeln dargestellt. Dabei wurde der für das Ausgangsjahr 1954 am Beginn des untersuchten Zeitraums maßgebende Zahlenwert einer Zeitreihe jeweils gleich 100 % gesetzt.

Die prozentuale Entwicklung zeigt erhebliche Unterschiede für die in Bild 3 dargestellten vier Zeitreihen. Die Wohnbevölkerung nahm von 1954 auf 1973 auf das 1,2fache zu, der Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt stieg dagegen 1973 auf das 4,1fache des Jahres 1954. Der Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen hat eine noch stärkere Zunahme erfahren: Er betrug 1973 das 11,6fache gegenüber 1954. Demgegenüber fiel der Bestand an Krafträdern 1973 auf das 0,1fache des Jahres 1954.

### III. Motorisierungsgrad

In diesem Abschnitt sollen diejenigen Funktionen ermittelt und analytisch dargestellt werden, welche die Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Motorisierungsgrad beschreiben. Unter dem Begriff Motorisierungsgrad wird allgemein die auf je 1000 Einwohner bezogene Zahl von Kraftfahrzeugen verstanden. In der vorliegenden Untersuchung erscheint es zweckmäßig, den Motorisierungsgrad getrennt für Kraftfahrzeuge insgesamt  $M_{KFZ}$  [KFZ/1000 E] und Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen  $M_{PKW}$  [PKW/1000 E] zu ermitteln. Zu diesem Zweck werden zunächst mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren (Regressions- und Korrelationsanalysen) originäre Zusammenhänge zwischen der Wohnbevölkerung  $W$  [Mio. E] und dem Bestand an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  [Mio. KFZ] einerseits bzw. dem Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen  $B_{PKW}$  [Mio. PKW] andererseits aufgezeigt (Bild 4).

Dabei werden die in Bild 4 eingetragenen Wertepaare Wohnbevölkerung/Bestand an Kraftfahrzeugen bzw. Wohnbevölkerung/Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen jeweils als Realisationen der entsprechenden Zufallsvariablen aufgefaßt. Wegen des statistischen, nicht funktionalen Zusammenhanges zwischen den jeweils betrach-

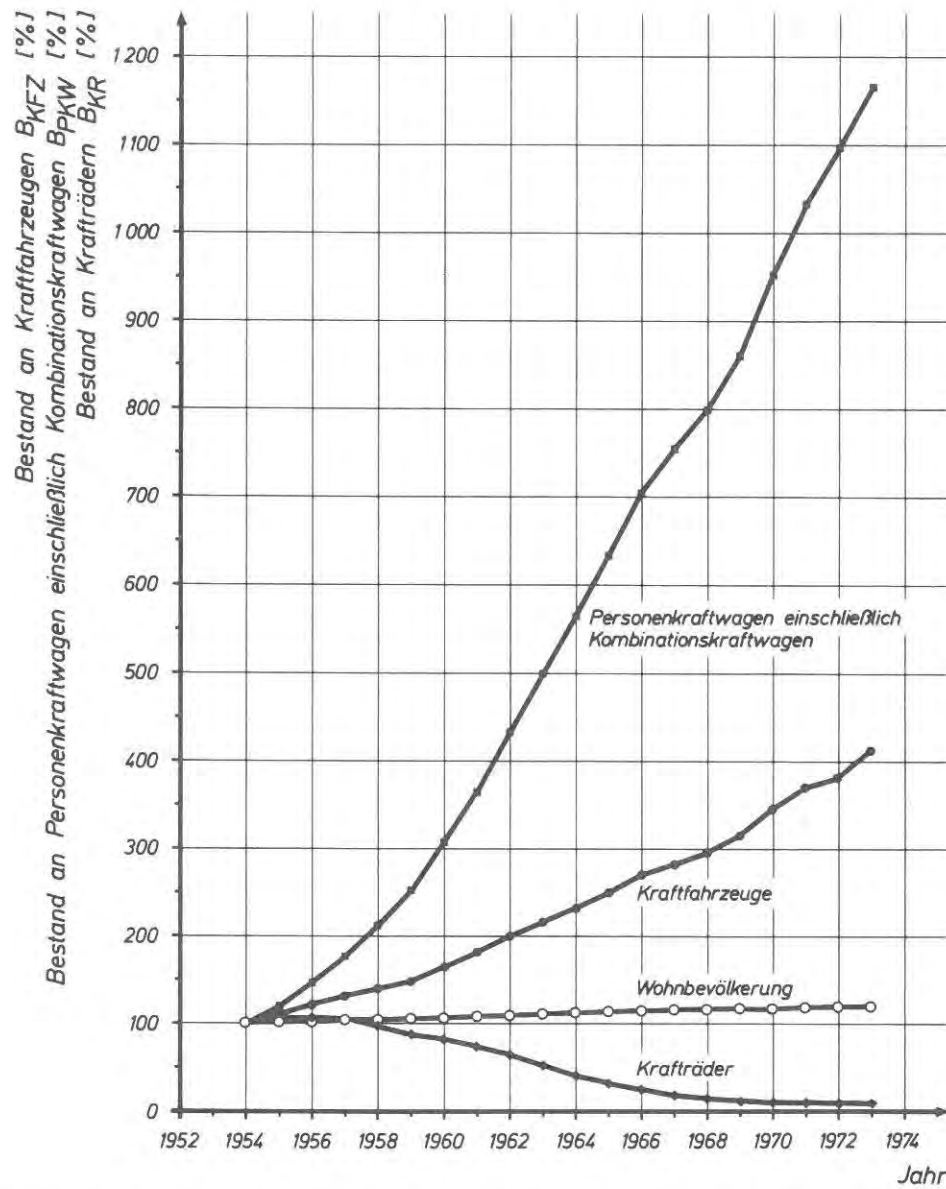


Bild 3. Prozentuale Entwicklung der Wohnbevölkerung und des Bestandes an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954-1973.

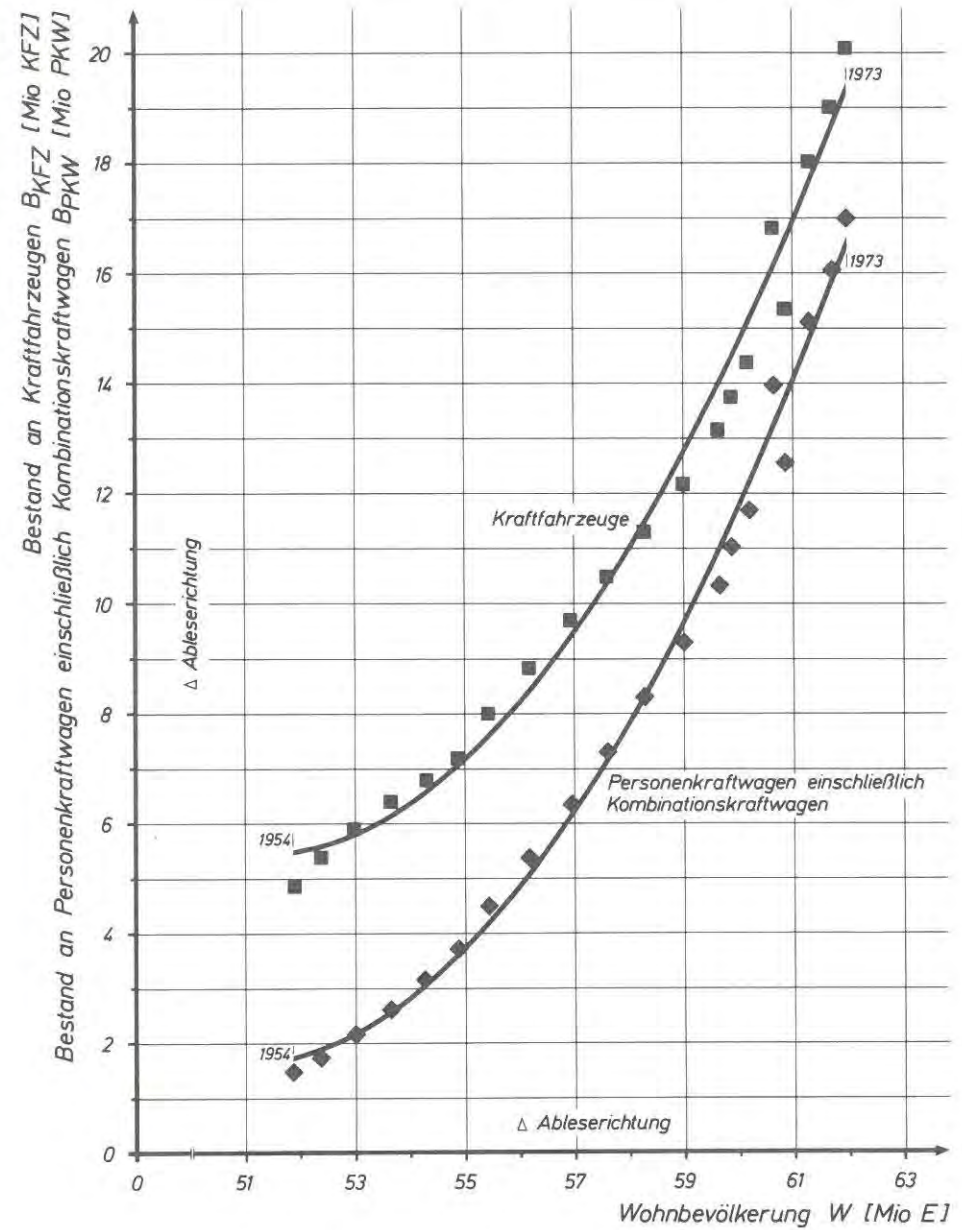


Bild 4. Bestand an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954-1973.

teren beiden Variablen erhält man als Ergebnis des Ausgleichs nach dem Prinzip der kleinsten Quadrate jeweils zwei Regressionskurven. Von diesen beiden Regressionskurven sind in Bild 4 nur jeweils die 1. Regressionskurve, welche die Abhängigkeit des Bestandes an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  bzw. des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen  $B_{PKW}$  von der Wohnbevölkerung  $W$  beschreibt, sowie die jeweils dazugehörige Punktwolke aus je 20 Wertepaaren grafisch dargestellt. Entsprechend ist die Ableserichtung vorgeschrieben. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit wurden in Bild 4 die beiden 2. Regressionskurven, welche die jeweils zwei Variablen in umgekehrter Richtung miteinander verbinden, weggelassen.

Die numerische Berechnung der Regressions- und Korrelationsanalysen erfolgte mit Hilfe eines besonderen EDV-Programmes auf einer WANG-Anlage. Aus den beiden in Bild 4 dargestellten Punktwolken folgte unmittelbar anschaulich, daß lineare Ansätze der allgemeinen Form  $Y = A + B \cdot X$  nicht zweckmäßig waren. Dagegen zeigten bei beiden Punktwolken quadratische Ansätze der allgemeinen Form  $Y = A + B \cdot X + C \cdot X^2$  eine ausgezeichnete Anpassung an die Punkte.

Für den Bestand an Kraftfahrzeugen (obere Kurve in Bild 4) ergaben sich die Gleichung der 1. Regressionskurve und die statistischen Kennwerte wie folgt:

Bestand an Kraftfahrzeugen:

$$B_{KFZ} = 317,34979 - 12,18869 \cdot W + 0,11906 \cdot W^2$$

Gültigkeitsbereich:

$$51,880 \leq W \leq 61,973$$

Zahl der Wertepaare:

$$N = 20$$

Korrelationskoeffizient:

$$R = 0,99322$$

Bestimmtheitsmaß:

$$B = 0,98648$$

errechneter F-Wert:

$$F_{ERR} = 620,206$$

Zahl der Freiheitsgrade:

$$FG_1 = 2$$

$$FG_2 = 17$$

F-Tafelwert für  $S = 95\%$

$$F_{TAF} = 3,592$$

Dimensionen der Variablen:

$$W \text{ [Mio. E]}$$

$$B_{KFZ} \text{ [Mio. KFZ]}$$

Aufgrund des F-Tests nach Fischer<sup>3)</sup>, der hier – wie im Verkehrswesen üblich – für die statistische Sicherheit  $S = 95\%$  durchgeführt wurde, weicht der Korrelationskoeffizient  $R$  gesichert von Null ab. Wegen des sehr hohen Wertes des Korrelationskoeffizienten ( $R = 0,993$ ) sind die stochastischen Zusammenhänge zwischen der Wohnbevölkerung und dem Bestand an Kraftfahrzeugen als nahezu funktional zu bezeichnen.

Für den Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen (untere Kurve in Bild 4) ergeben sich die 1. Regressionskurve und die statistischen Kenngrößen in folgender Form:

Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen:

$$B_{PKW} = 309,73144 - 12,13505 \cdot W + 0,11947 \cdot W^2$$

Gültigkeitsbereich:

$$51,880 \leq W \leq 61,973$$

<sup>3)</sup> Vgl. Linder, A., Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, Basel und Stuttgart, 4. unveränderte Auflage 1964.

Zahl der Wertepaare:

$$N = 20$$

Korrelationskoeffizient:

$$R = 0,99643$$

Bestimmtheitsmaß:

$$B = 0,99288$$

errechneter F-Wert:

$$F_{ERR} = 1184,744$$

Zahl der Freiheitsgrade:

$$FG_1 = 2$$

$$FG_2 = 17$$

F-Tafelwert für  $S = 95\%$ :

$$F_{TAF} = 3,592$$

Dimensionen der Variablen:

$$W \text{ [Mio. E]}$$

$$B_{PKW} \text{ [Mio. PKW]}$$

Der aufgrund des F-Tests signifikant von Null verschiedene Korrelationskoeffizient  $R = 0,996$  kommt dem theoretischen Höchstwert  $R = 1,000$  für positive Korrelationen nahe und deutet auf außerordentlich straffe Zusammenhänge zwischen den beiden Variablen Wohnbevölkerung und Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen hin.

Zusammenfassend ist nach Bild 4 festzustellen, daß in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) während des Zeitraumes 1954–1973 sowohl der Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt als auch der Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen quadratisch mit der Wohnbevölkerung zugenommen hat. Die stochastischen Beziehungen zwischen den in Bild 4 dargestellten Variablen sind mit Korrelationskoeffizienten  $R \geq 0,993$  außerordentlich straff. An dieser Stelle soll ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß der Bestand an Kraftfahrzeugen bzw. der Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen – trotz dieser sehr straffen Zusammenhänge – selbstverständlich nicht allein von der Wohnbevölkerung abhängt. Eine solche Fehlinterpretation würde die starke Zunahme der Motorisierung allein aus dem Bevölkerungswachstum erklären, was nicht zutrifft. Mit Sicherheit hat die starke Motorisierung der letzten 25 Jahre auch wirtschaftliche Ursachen, die im steigenden Wohlstand der Bevölkerung und damit in dem größer werdenden Teil des Bruttoinlandprodukts, der für private Zwecke zur Verfügung stand, zu suchen sind.

Die in Bild 4 dargestellten originären quadratischen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung einerseits und dem Bestand an Kraftfahrzeugen bzw. dem Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen andererseits kommt dennoch im Hinblick auf den Motorisierungsgrad erhebliche Bedeutung zu. Die in Bild 5 aufgetragenen beiden Funktionen des Motorisierungsgrades wurden aus den originären Funktionen für den Bestand (Bild 4) entwickelt. Der Motorisierungsgrad für Kraftfahrzeuge  $M_{KFZ}$  [KFZ/1000 E] und der Motorisierungsgrad für Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen  $M_{PKW}$  [PKW/1000 E] sind in Bild 5 jeweils als Funktion der Wohnbevölkerung  $W$  [Mio. E] dargestellt, wobei sich die vorgeschriebene Ableserichtung analog zu Bild 4 ergibt. In beiden Fällen stieg der Motorisierungsgrad mit zunehmender Wohnbevölkerung stark an. Der auf alle Kraftfahrzeuge bezogene Motorisierungsgrad stieg von etwa 105 KFZ/1000 E im Jahre 1954 auf etwa 310 KFZ/1000 E im Jahre 1973. Der Motorisierungsgrad für Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen nahm dagegen von etwa 35 PKW/1000 E im Jahre 1954 auf etwa 265 PKW/1000 E im Jahre 1973 zu.

Die Gleichungen der beiden in Bild 5 grafisch dargestellten Funktionen des Motorisierungsgrades in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung lauten:

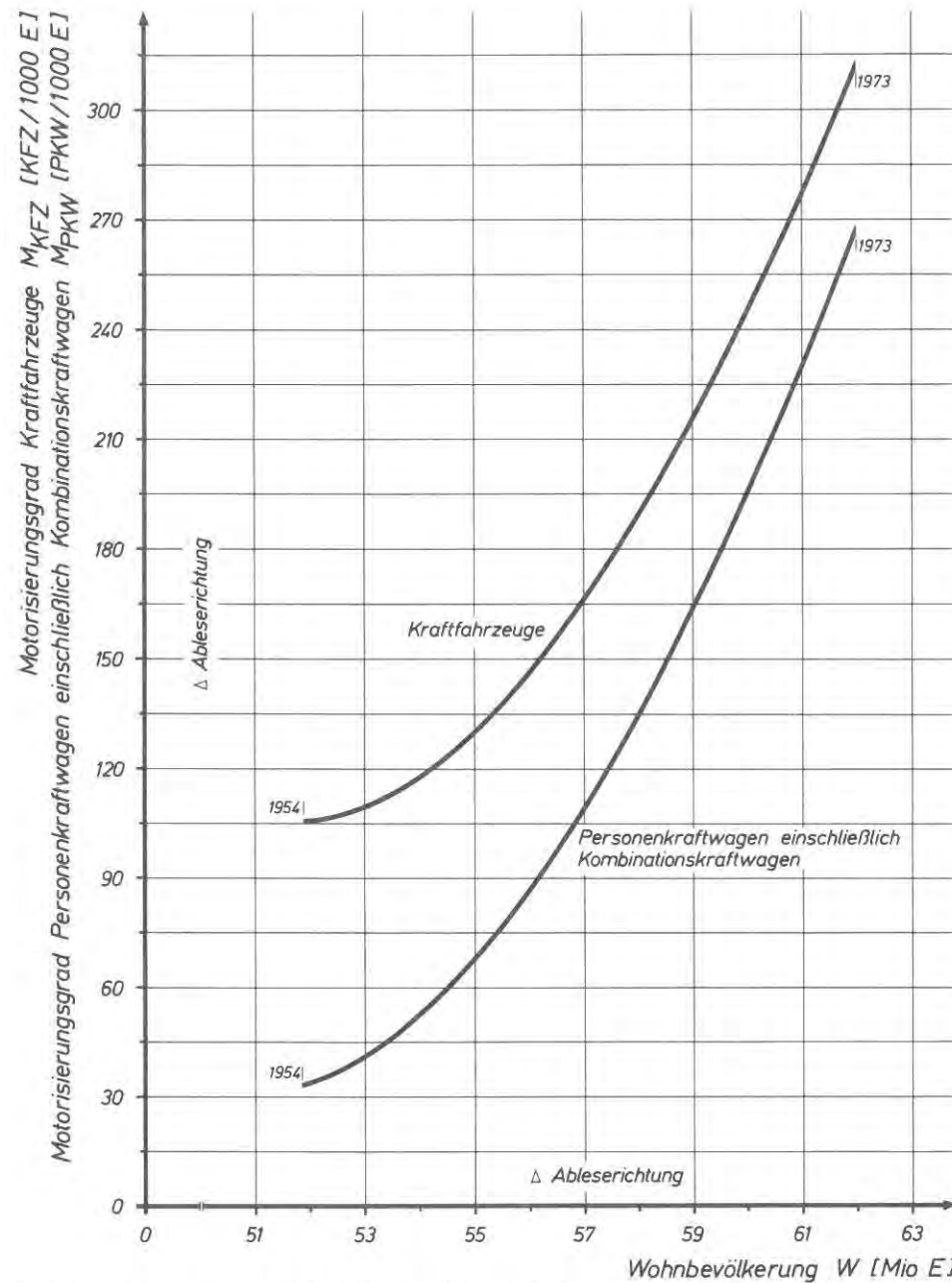


Bild 5. Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973.

Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge:

$$M_{\text{KFZ}} = \frac{317,34979 - 12,18869 \cdot W + 0,11906 \cdot W^2}{1000 \cdot W}$$

Gültigkeitsbereich:  $51,880 \leq W \leq 61,973$

Dimensionen der Variablen:  $W$  [Mio. E]

$M_{\text{KFZ}}$  [KFZ/1000 E].

Motorisierungsgrad Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen:

$$M_{\text{PKW}} = \frac{309,73144 - 12,13505 \cdot W + 0,11947 \cdot W^2}{1000 \cdot W}$$

Gültigkeitsbereich:  $51,880 \leq W \leq 61,973$

Dimensionen der Variablen:  $W$  [Mio. E]

$M_{\text{PKW}}$  [PKW/1000 E].

#### IV. PKW-Anteil

In Abschnitt II. wurden u.a. die prozentualen Entwicklungen des Bestandes an Kraftfahrzeugen bzw. Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen im Zeitraum 1954–1973 ermittelt. Nach Bild 3 verlief diese – jeweils auf 1954 als Basisjahr bezogenen – prozentualen Entwicklungen sehr unterschiedlich. Während der Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt von 100 % im Jahre 1954 auf 412,3 % im Jahre 1973 wuchs, stieg der Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen im selben Zeitraum sogar von 100 % auf 1163,6 %. Die Zahlenangaben verdeutlichen den überproportionalen Anstieg des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen gegenüber dem Anwachsen des Bestandes an Kraftfahrzeugen insgesamt. Die Verschiebungen in der Zusammensetzung des Kraftfahrzeugbestandes im Zeitraum 1954–1973 sollen im vorliegenden Abschnitt analysiert werden. Zu diesem Zweck werden zunächst originäre Abhängigkeiten zwischen dem Bestand an Kraftfahrzeugen und dem Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen aufgezeigt.

In Bild 6 sind 20 Wertepaare Bestand an Kraftfahrzeugen/Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen aufgetragen. Aus der langgestreckten Form dieser Punktwolke folgt unmittelbar die Berechtigung, für die Ausgleichsrechnung mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate einen linearen Ansatz der allgemeinen Form  $Y = A + B \cdot X$  zu wählen. Die numerischen Berechnungen wurden wiederum mit Hilfe eines geeigneten Rechenprogramms auf einer WANG-Anlage durchgeführt.

Von den beiden Regressionsgeraden, die wegen des sehr engen stochastischen Zusammenhangs zwischen den beiden Variablen fast zusammenfallen, ist in Bild 6 aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich die 1. Regressionsgerade dargestellt worden. Sie genügt der allgemeinen Form  $Y = A + B \cdot X$  und beschreibt die Abhängigkeit des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen vom Bestand an Kraftfahrzeugen. Entsprechend wurde in Bild 6 die Ableserichtung vorgegeben. Die 2. Regressionsgerade der allgemeinen Form  $X = C + D \cdot Y$  kennzeichnet die Abhängigkeit des Bestandes an Kraftfahrzeugen vom Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen. Da diese hier weniger interessiert, wurde die 2. Regressionsgerade nicht in Bild 6 eingetragen.

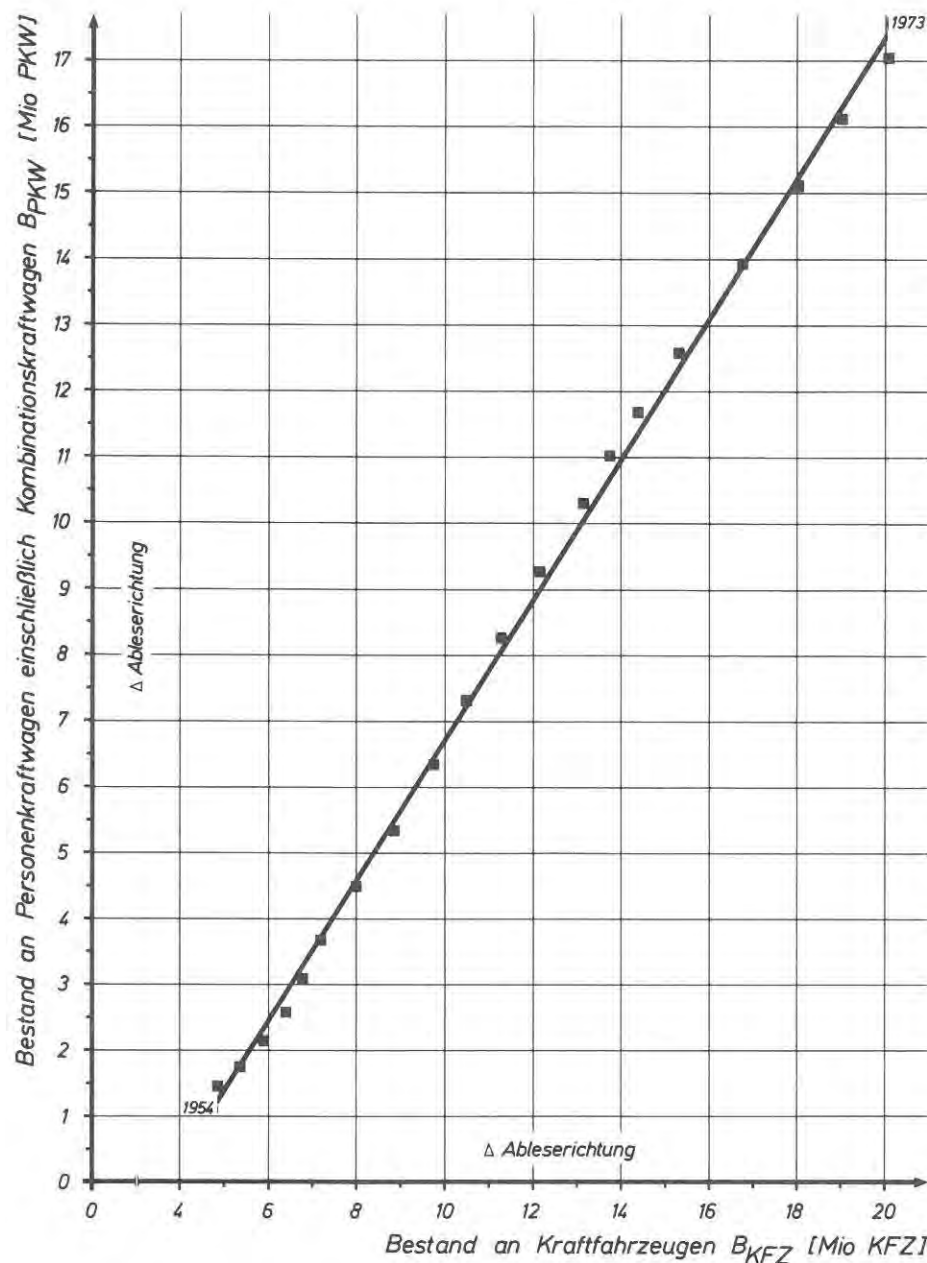


Bild 6. Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973.

Aus der linearen Einfachkorrelation ergeben sich die Gleichung für die 1. Regressionsgerade und die statistischen Kenngrößen wie folgt:

Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen:

$$B_{PKW} = -3,92940 + 1,06374 \cdot B_{KFZ}$$

Gültigkeitsbereich:

$$4,868 \leq B_{KFZ} \leq 20,072$$

Zahl der Wertepaare:  $N = 20$

Korrelationskoeffizient:  $R = 0,99910$

Bestimmtheitsmaß:  $B = 0,99820$

errechneter T-Wert:  $T_{ERR} = 99,932$

Zahl der Freiheitsgrade:  $FG = 19$

T-Tafelwert für  $S = 95\%$ :  $T_{TAF} = 2,093$

Dimensionen der Variablen:  $B_{KFZ}$  [Mio. KFZ]

$B_{PKW}$  [Mio. PKW].

Aufgrund des T-Tests nach *Student*<sup>4)</sup>, der hier für eine statistische Sicherheit  $S = 95\%$  durchgeführt wurde, weicht der Korrelationskoeffizient  $R$  gesichert von Null ab. Der lineare Zusammenhang zwischen dem Bestand an Kraftfahrzeugen einerseits und dem Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen andererseits ist bei dem sehr hohen Wert der linearen Korrelationskoeffizienten ( $R = 0,999$ ) als nahezu funktional zu bezeichnen. Aus der in Bild 6 dargestellten 1. Regressionsgeraden geht hervor, daß im Zeitraum 1954–1973 der Bestand an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen linear mit dem Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt gewachsen ist.

Aus der o.g. originären linearen Beziehung zwischen den beiden Variablen wurde der prozentuale Anteil des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen am Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt  $Q_{PKW}$  [%] ermittelt und als Funktion des Bestandes an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  [Mio. KFZ] in Bild 7 grafisch dargestellt. Entsprechend Bild 6 wird auch in Bild 7 die Ableserichtung vorgeschrieben. Der analytische Ausdruck für die Anteilskurve lautet:

Prozentualer Anteil des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen am Bestand an Kraftfahrzeugen:

$$Q_{PKW} = \frac{-3,92940 + 1,06374 \cdot B_{KFZ}}{0,01 \cdot B_{KFZ}}$$

Gültigkeitsbereich:  $4,868 \leq B_{KFZ} \leq 20,072$

Dimensionen der Variablen:  $B_{KFZ}$  [Mio. KFZ]

$Q_{PKW}$  [%].

Wie aus Bild 7 ersichtlich, hat sich der prozentuale Anteil der Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen am Bestand an Kraftfahrzeugen zwischen 1954 und 1973 entscheidend vergrößert. Während dieser Anteil im Jahre 1954 erst etwa 25% betrug, erreichte er im Jahre 1973 bereits etwa 87%. Der Anstieg der Kurve hat in diesem Zeitraum allerdings abgenommen. Entsprechend haben sich die prozentualen Anteile der übrigen Kraftfahrzeuge, insbesondere der Lastkraftwagen, am Kraftfahrzeugbestand laufend verringert. Der Kraftfahrzeugbestand in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) wird derzeit überwiegend durch den Bestand an Personen- und Kombinationskraftwagen bestimmt.

<sup>4)</sup> Vgl. *Potthoff, G.*, Verkehrsströmungslehre. Band 4: Analyse von Verkehrssystemen, Berlin 1972.

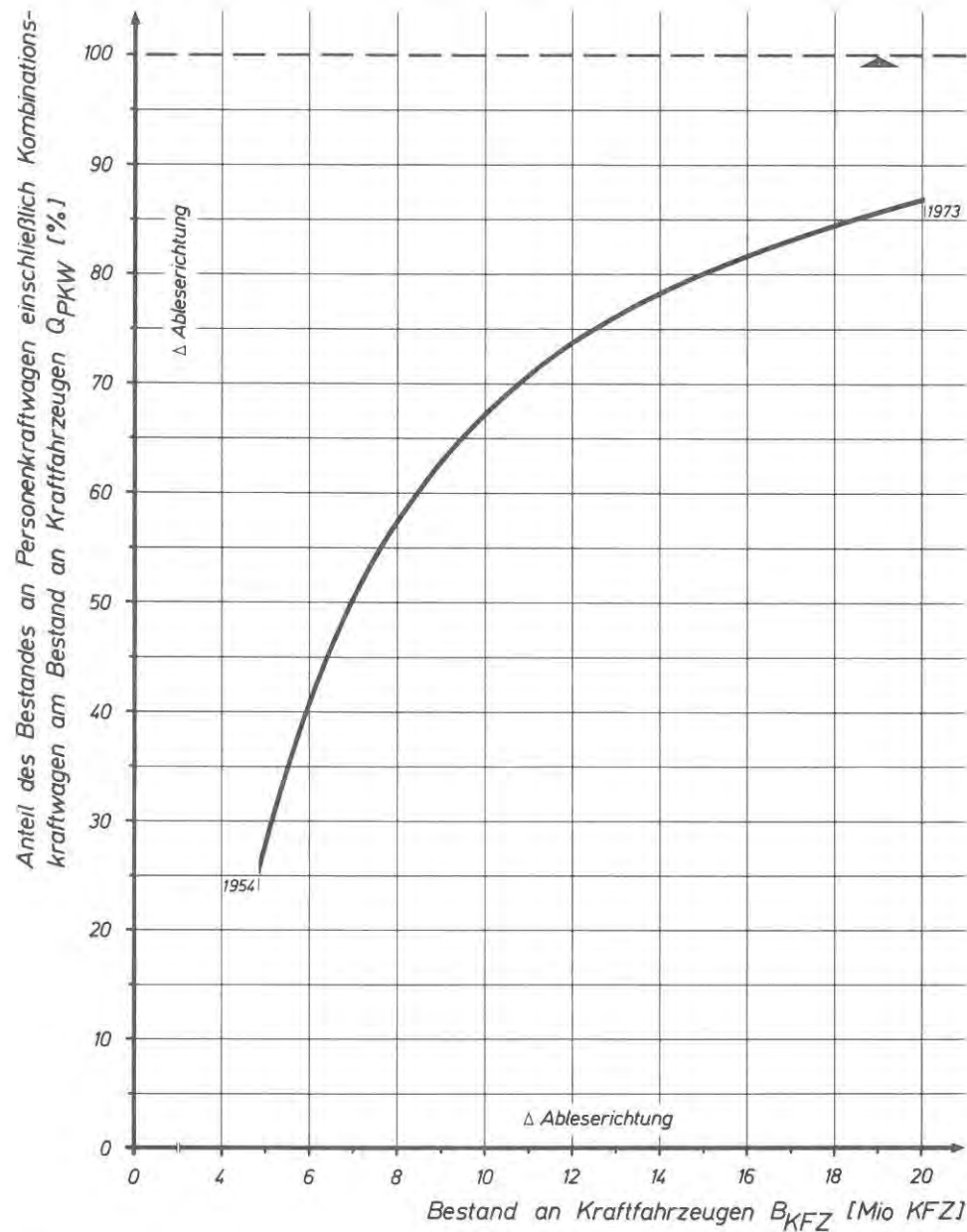


Bild 7. Prozentualer Anteil des Bestandes an Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen am Bestand an Kraftfahrzeugen in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973.

## V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden zunächst die Entwicklungen der Wohnbevölkerung und des Bestandes an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen/Krafträdern für die Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973 aufgezeigt. Danach hat der Bestand an Personen- und Kombinationskraftwagen prozentual am stärksten zugenommen. Die zunehmende Motorisierung breiter Bevölkerungsschichten läßt sich am wachsenden Motorisierungsgrad sowohl für Kraftfahrzeuge als auch für Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen ablesen. Gleichzeitig bewirkte der Strukturwandel in der Zusammensetzung des Kraftfahrzeugbestandes, daß die Personen- und Kombinationskraftwagen mit zusammen etwa 87 % des Kraftfahrzeugbestandes (1973) dominieren. Die angeführten Tatbestände wurden mit Hilfe von Regressions- und Korrelationsanalysen aus dem vorhandenen Datenmaterial amtlicher Statistiken abgeleitet.

## Summary

The present study points out above all the developments of residential population and the amount of motor vehicles/passenger motor-cars including station-wagons/motor-cycles as to the Federal Republic of Germany with Berlin-West during the period 1954–1973. According to that the amount of passenger motor-cars and station-wagons increased most percentagewise. The increasing mechanization of large classes of population can be read in the growing degree of machanization stated as well for motor vehicles as for passenger motor-cars including station-wagons. In the same time the change of structure within the make-up of motor vehicles brought about that passenger motor-cars and station-wagons are dominating with together about 87 % of the amount of motor vehicles. The cited statements of facts were deduced from available dates of official statistics by means of regression- and correlation analyses.

## Résumé

L'étude démontre en premier lieu les développements de la population résidente et l'effectif de véhicules à moteur/voitures particulières y compris les voitures commerciales/motocycles pour la République Fédérale de l'Allemagne avec Berlin-Quest dans la période de 1954–1973. Il en résulte que le nombre de voitures particulières et commerciales a augmenté le plus, exprimé en pour-cent. La motorisation croissante de large classes de population est à relever du grade montant de motorisation par rapport et aux véhicules à moteur et aux voitures particulières y compris les véhicules mixtes. En même temps le changement de structure dans la composition de l'effectif de véhicules à moteur a eu pour effet que les voitures particulières et mixtes dominant avec une totalité d'à peu près de 87 % de l'effectif de véhicules à moteur (1973). Ces faits ont été trouvés à l'aide d'analyses de régression et de corrélation émanant du matériel de données existant dans les statistiques officiels.