

## Verkehrszählungen und Verkehrsschätzungen auf Straßen.

Von ord. Prof. Dr.-Ing. habil. Johannes Schlums, Technische Hochschule Berlin<sup>1</sup>.

### Die Aufgabe der Verkehrszählungen auf Straßen.

Beim Bau von Straßen besteht die Aufgabe entweder darin, vorhandene Straßenzüge im Hinblick auf die erhöhten Verkehrsbelastungen auszubauen oder neue Straßenstrecken zu entwerfen. Bei derartigen Straßenneubauten handelt es sich aber meist auch nur um Teilstrecken, die in das bereits vorhandene Wegenetz eingliedern sind, denn mit der Entwicklung einer Volkswirtschaft nehmen die Verkehrsbedürfnisse zu und das Verkehrswegenetz muß immer engermaschiger gestaltet werden. Nur von Zeit zu Zeit ist es einer Generation vergönnt, ein vollkommenes neues Verkehrswegenetz zu planen und auszubauen. Diese Aufgabe wurde in neuester Zeit gestellt, als der Führer im Jahre 1933 den Befehl zum Bau der Reichsautobahnen erteilte.

In jedem Falle hat man aber eine Dimensionierungsaufgabe zu lösen, d. h. man muß für das zu errichtende Bauwerk, die Straße, unter bestimmter Belastung die erforderlichen Abmessungen ermitteln und dabei gewisse Bedingungen erfüllen, die sich unter anderem aus den Forderungen nach Wirtschaftlichkeit und Sicherheit der Anlage ergeben. Zur Lösung dieser Aufgaben muß also in erster Linie die zu erwartende Verkehrsbelastung der Straße bekannt sein. Gilt es, eine bereits vorhandene Straße auszubauen, so genügt es, wenn man die künftige Verkehrsbelastung nach der Fahrzeuganzahl und dem Gewicht in Tonnen kennt. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Straße sind darüber hinaus Erhebungen über die Fahrgeschwindigkeiten auf der Straße nötig. Handelt es sich jedoch endlich darum, ein vollkommenes neues Wegenetz zu planen, so müssen alle Einzelheiten und Zusammenhänge in bevölkerungs-, sozial-, wirtschafts- und verkehrspolitischer Hinsicht erörtert werden. Die Raum- und Landesplanung muß einerseits auf den natürlichen Gegebenheiten des Raumes, also der Geländegestalt, den Bodenschätzen und dem Klima aufbauen und andererseits die gestaltenden Kräfte der Menschen in diesen Räumen untersuchen. Hierbei müssen dann auch Ermittlungen über die gesamte Struktur im Straßenverkehr angestellt werden. Diese Verkehrserhebungen haben sich also zu erstrecken auf:

1. den Verkehrsumfang nach der Fahrzeuganzahl,
2. das Gewicht der Fahrzeuge in Tonnen,
3. die Fahrgeschwindigkeiten und
4. die Verkehrsstruktur.

Verkehrszählungen der ersten beiden Arten werden in verschiedenen europäischen Ländern seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts durchgeführt. Nach ihren Ergebnissen wurden die erforderlichen Baumaßnahmen auf bestehenden Straßenanlagen festgelegt und die Finanzierungsmaßnahmen getroffen. Das Studium über die Fahrgeschwindigkeiten und die Struktur des Straßenverkehrs wurde erst in den letzten Jahrzehnten aufgenommen.

### Die Ermittlung der statischen Verkehrsbelastung.

Im folgenden sollen die verschiedenen Methoden der Verkehrszählung beschrieben werden. Im wesentlichen werden dabei die deutschen Verhältnisse in Beispielen behandelt. Wertvolle Beiträge anderer Länder werden jedoch ebenfalls erwähnt.

<sup>1</sup> Dieser Aufsatz gibt einen vom Verfasser kürzlich an der Technischen Hochschule in Preßburg gehaltenen Vortrag wieder.

Die Erhebungen über den Verkehrsumfang auf Straßen müssen den Eigenarten des Straßenverkehrs Rechnung tragen. Sie haben daher auch im Vergleich zu den Zählungen im übrigen Verkehr, z. B. im Eisenbahnverkehr, einen ganz besonderen Charakter. Ein großer Teil des Straßenverkehrs ist individuell und freizügig. Er wird nicht von zentraler Stelle aus geleitet und ist auch nicht durch Fahrpläne geregelt. Nach der Angabe von Prof. Dr.-Ing. Pirath, Stuttgart, (Verkehr und Landesplanung, S. 32) entfallen z. B. in den Vereinigten Staaten von Amerika größenordnungsmäßig im Personenverkehr 65% der kilometrischen Leistung auf den individuellen Verkehr und der Rest auf den öffentlichen Verkehr. Entsprechend verteilt sich der amerikanische Güterverkehr mit 90% auf die öffentlichen und mit 10% auf die nicht-öffentlichen Verkehrsmittel.

Ein ganz einwandfreies und genaues Bild wäre daher über den Verkehr auf den Straßen nur dadurch zu gewinnen, daß die Fahrtenbücher, zu deren Führung die Fahrer jetzt z. B. in Deutschland verpflichtet sind, von einer zentralen Stelle eingefordert und ausgewertet würden. Die durchgeführten Fahrten könnten dann in geographische Karten eingetragen werden. Diese Art der Auswertung würde insofern auf Schwierigkeiten stoßen, als nicht alle Fahrtenbücher einheitlich und gleich zuverlässig geführt werden. Die Auswertung würde aber auch wegen der Mannigfaltigkeit der Verkehrsbeziehungen sehr langwierig sein. Es hat sich daher im Gegensatz zur Eisenbahn, bei der an Hand der Frachtbriefe das Verkehrsaufkommen festgestellt wird, und zum Wasserverkehr, bei dem sich der Umschlag in den Häfen genau ermitteln läßt, eingebürgert, zur Ermittlung der Stärke des Straßenverkehrs den Zähler auf die Straße zu stellen. Das hierbei gewonnene Bild von der Verkehrsabwicklung würde dann sehr zuverlässig sein, wenn auf diese Art der Verkehr über einen längeren Zeitraum hinweg ohne zeitliche Unterbrechung ermittelt werden könnte. Für die Feststellung der Verkehrsbelastung eines großen Straßennetzes werden jedoch sehr viel Zähler benötigt. In Ermangelung anderer Kräfte muß man in der Regel auf die Straßenwärter zurückgreifen. Da aber jede Straßenstrecke nur mit einem Straßenwart besetzt ist, verbietet sich von vornherein eine fortlaufende Zählung auf dem ganzen Netz über mehrere Tage hinweg, denn es würde ja bei acht Stunden täglicher Arbeitszeit eine dreifache Besetzung jeder Wärterstrecke erforderlich sein. Eine zu starke Ausdehnung der Zählzeiten würde aber auch die Wärter ihrer eigentlichen Aufgabe, der Straßenunterhaltung und -instandsetzung, entziehen. Aus diesem Grunde werden bei derartigen Straßenverkehrszählungen nur wenige Schlüsselstellen zur ununterbrochenen Verkehrserfassung eingerichtet. Im übrigen muß man sich auf wenige über die gesamte Zählzeit verteilte Zähltage beschränken. Bei den deutschen und auch bei den verschiedenen europäischen Straßenverkehrszählungen hat sich eine Gesamtzählzeit von einem Jahr als zweckmäßig erwiesen. Die dritte deutsche Straßenverkehrszählung wurde in der Zeit vom 1. Oktober 1936 bis zum 30. September 1937 an 21 Tagen und in 7 Nächten durchgeführt. Diese Zähltag waren so über das Zähljahr verteilt, daß alle Monate und Wochentage gleichmäßig erfaßt wurden. Dadurch wurde es möglich, auch Anhaltspunkte über die Schwankungen im Straßenverkehr im Verlaufe der Monate und innerhalb der Woche zu erhalten. Man erkennt aber, daß man es bei derartigen Straßenverkehrszählungen nicht mit Erhebungen im Sinne der Statistik, sondern nur mit guten Schätzungen zu tun hat. Die dabei gewonnenen Werte genügen aber im allgemeinen auch vollkommen für die Zwecke des Straßenbaues, denn es braucht ja die Belastung nur in gewissen Grenzen bekannt zu sein, um die Art der zu verlegenden Straßendecke zu bestimmen. So weiß man, daß bis etwa 400 t täglicher Belastung eine kies-wasser-gebundene Decke, bis vielleicht 1500 t eine leichte Straßenbefestigung und bis etwa 2 bis 3000 t eine mittelschwere Deckenart genügt. Selbstverständlich sind die errechneten Mittelwerte des Verkehrs von der Wahl der Zähltag abhängig. Zur Abschätzung der Größe des Fehlers, der bei Zählungen an

wenigen Stichtagen auftreten kann, muß man das Verkehrsgrößenmittel, das aus den Zählungen an den Stichtagen gewonnen wurde, mit dem Mittel der durchgehenden Zählung an den Schlüsselstellen vergleichen. In Abb. 1 ist zu erkennen, daß diese beiden Mittelwerte sehr stark voneinander abweichen können. Es handelt sich hier um eine Schlüsselstelle auf der Reichsautobahn München—Landesgrenze.

Bei diesen Zählungen werden die einzelnen Fahrzeugarten, also die Fuhrwerke, die Motorräder und die Personenkraftwagen, die Lastkraftwagen und außergewöhnlichen Lasten getrennt erfaßt. Die Stärke des Radfahrverkehrs wird meist durch besondere Zählungen festgestellt. In der Regel vermerkt der Zähler in einem besonderen Formular oder in einem Zählbuch die Anzahl der vorbeifahrenden Fahrzeuge. Das Gewicht

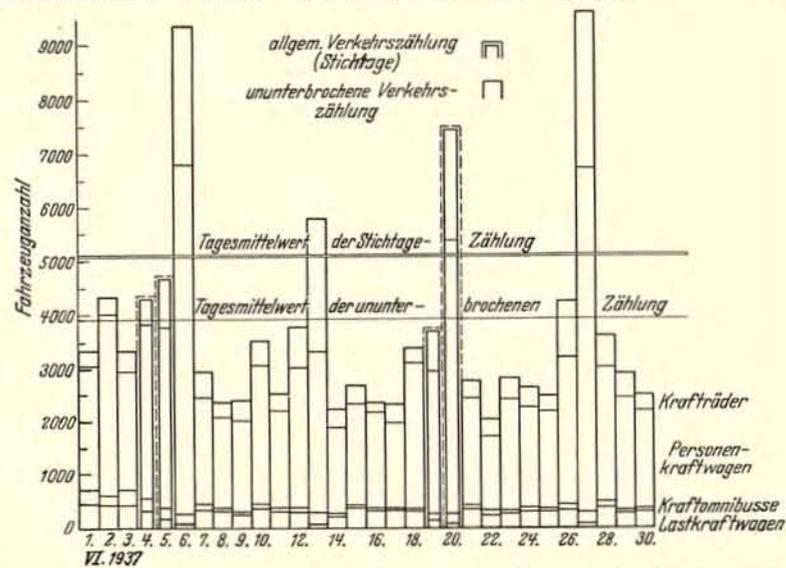


Abb. 1. Verkehr auf der Reichsautobahn München—Landesgrenze bei Ramersdorf. — Vergleich des Verkehrsgrößenmittels aus den Zählungen an Stichtagen mit dem Mittel der durchgehenden Zählung.

wird bei den langsam fahrenden Fuhrwerken erfragt, bei den Kraftwagen nach einem bestimmten Schlüssel geschätzt und aus den Fahrzeugzahlen berechnet. Es hat sich bewährt, in Stichproben das Gewicht mit Hilfe von kleinen transportablen Waagen festzustellen. Hierbei werden die einzelnen Raddrücke bestimmt.

Die Zählergebnisse werden von den Straßenmeistern und den Bauämtern zusammengefaßt. Hierbei werden neben den Mittelwerten auch die Größt- und Kleinstwerte der Verkehrsbelastung berechnet. Die Ergebnisse werden in Tabellenform niedergelegt, besser auch noch in graphischen Darstellungen oder in Kartenform wiedergegeben. Im letzteren Falle wird die sogenannte statische Verkehrsbelastung nach Tonnen oder nach der Fahrzeuganzahl in Bandform an den einzelnen Straßenzügen aufgetragen. Man erhält eine „Tonnenkarte“ und eine „Fahrzeugkarte“. Die Belastung nach Tonnen bestimmt die Dickenabmessung der Decke und die Art der Fahrbahnbefestigung, die Fahrzeuganzahl die Breitenabmessungen der Straße. Unter Umständen kann aus dieser Karte auch schon die Notwendigkeit zum Bau einer Entlastungsstraße, etwa einer Ortsumgehungsstraße hergeleitet werden. Bei der Anfertigung derartiger Verkehrskarten muß man den Maßstab für die Verkehrsgrößen sorgfältig festlegen. Dieser Maßstab für die Verkehrsbelastung wird dadurch bestimmt, daß die auftretenden Größt- und Kleinst-

werte der Belastung im gesamten Zählgebiet deutlich dargestellt, daß aber auch die Ergebnisse späterer Zählungen im gleichen Maßstab wiedergegeben werden können. Dadurch ist dann ein unmittelbarer und eindrucksvoller Vergleich der Veränderungen in der Verkehrsbelastung möglich. Aus diesen Gründen kann man bei einem kleinen Kartenmaßstab in einem dichten Straßennetz meist die aufgetragene Bandbreite nur bis zu einem bestimmten Wert proportional der Verkehrsstärke zunehmen lassen. Für größere Verkehrsstärken muß diese größte Breite beibehalten werden. Die höhere Verkehrsbelastung wird dann in verschiedenen Farben wiedergegeben. So wurde auch bei der ersten Verkehrszählung verfahren, die im Jahre 1929/30 in der Slowakei durchgeführt wurde und von der ich ein Bild, allerdings ohne farbige Darstellung, zu zeigen vermag (Abb. 2). In dieser Karte ist der Verkehr während 24 Stunden, und zwar das Bruttogewicht in Tonnen für alle Fahrzeugarten zusammen als Mittelwert für das Zähljahr vom 1. September 1929 bis zum 31. August 1930 dargestellt. Der Belastungsbereich zwischen 1 und 1000 t ist grün, zwischen 1001 und 2000 t rot, zwischen 2001 und 3000 t blau und zwischen 3001 und 4000 t violett dargestellt. Die größte Bandbreite beträgt in der Originaldarstellung 12 mm. In diesen Karten kleineren Maßstabes kann man meist aus Darstellungsgründen nicht nach verschiedenen Fahrzeuggattungen unterteilen. Bei den Verkehrskarten für Teilgebiete, z. B. für die Länder und preußischen

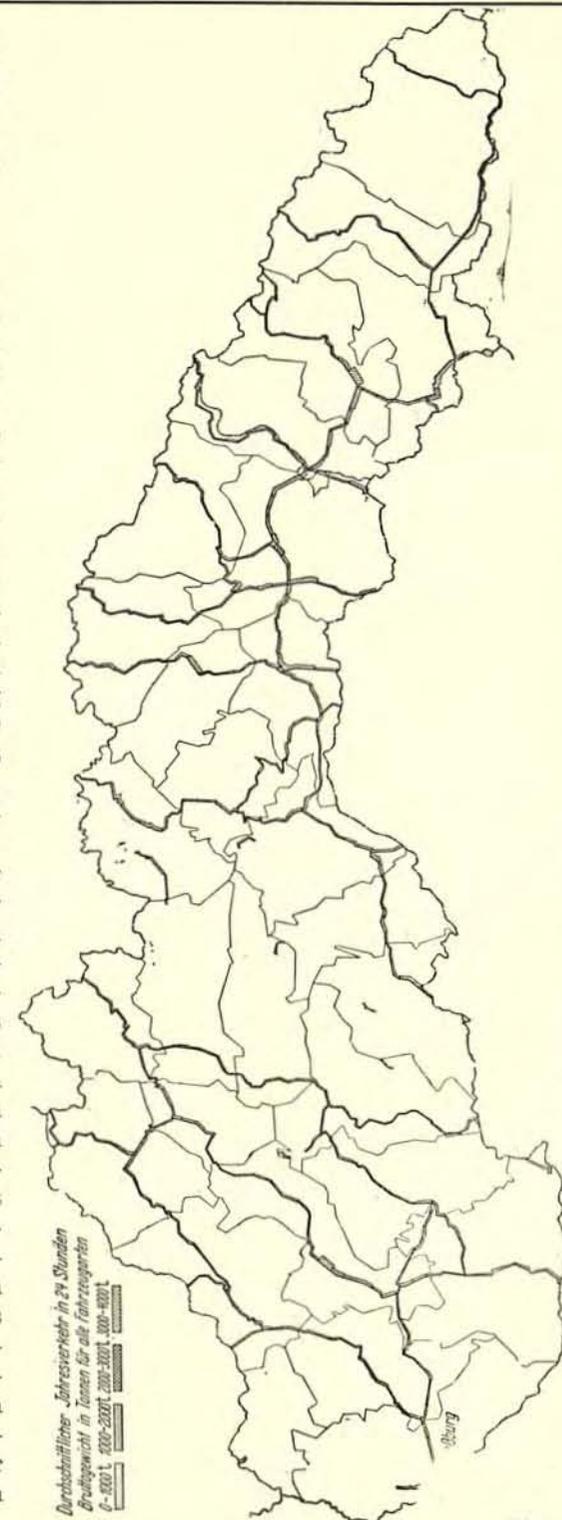


Abb. 2. Verkehrszählung auf den Staatsstraßen in der Tschechoslowakischen Republik in der Zeit vom 1. September 1929 bis zum 31. August 1930. — Teilgebiet: Slowakei und Karpathenrußland. — Statische Verkehrsbelastung, Tonnenkarte.

Provinzen des Reiches können Fuhrwerksverkehr, Personenkraftwagenverkehr und Lastkraftwagenverkehr besonders dargestellt werden. Im Hinblick auf die Straßen-deckenwahl und auf die Unterhaltung ist die Kenntnis des anteiligen Fuhrwerksverkehrs ja sehr wichtig.

Diese statische Verkehrsbelastung kann auch in der stundenweisen Schwankung ermittelt und dargestellt werden. Eine Möglichkeit der Darstellung zeigt Abb. 3, bei der auch die verschiedenen Fahrzeugarten besonders eingetragen sind. Man erkennt in

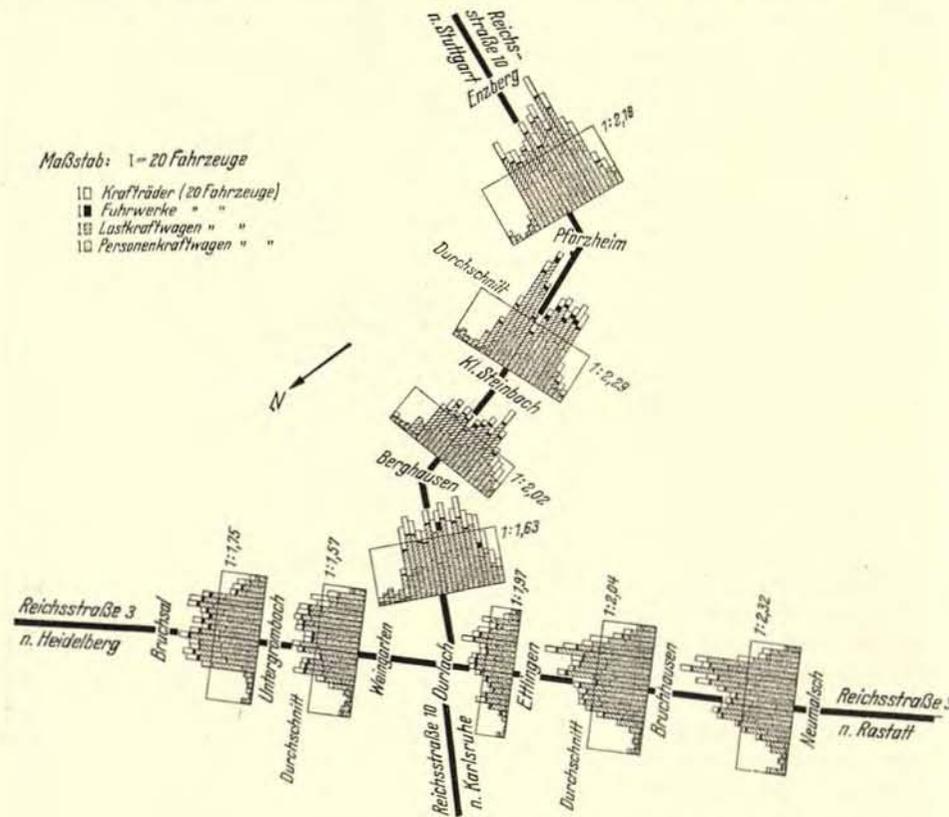


Abb. 3. Stundenweise Verkehrszählung auf den Reichsstraßen 3 und 10. — Die eingetragenen Zahlen geben das Verhältnis des mittleren Stundenverkehrs zum stündlichen Höchstverkehr an.

diesem Bilde fernerhin, daß in dem dargestellten Bereich der zwei Reichsstraßen das Verhältnis des mittleren Stundenverkehrs zum stündlichen Höchstverkehr zwischen 1 : 1,57 und 1 : 2,32 liegt.

#### Die Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit.

Wie ich am Anfang meines Vortrages erwähnte, möchte man für manche Straßenstrecke oder für einen Straßenknoten nicht nur die Verkehrsbelastung, sondern auch den Verkehrsablauf feststellen. Man will z. B. die Ursachen für Verkehrsstauungen ermitteln. Zu diesem Zwecke müssen die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge bestimmt werden. Hierfür hat man verschiedene Verfahren entwickelt, von denen ich nur einige andeuten möchte. Grundsätzlich werden derartige Geschwindigkeitsmessungen so durch-

geführt, daß beim Ein- und Austritt einzelner Fahrzeuge an einer in ihrer Länge genau festgelegten Meßstrecke die Zeiten festgestellt werden. Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich dabei dadurch, daß in dem Verkehrsstrom Einzelfahrzeuge erfaßt werden müssen.

Um an Abzweigungen von Reichsautobahnen die Stauungen zu ermitteln, ist man auch so vorgegangen, daß den vorbeifahrenden Wageninsassen Fähnchen mit laufenden Nummern in die Hand gegeben wurden mit der Bitte, sie deutlich zu zeigen. Wenn nun von mehreren Verkehrsposten, die in bekannter Entfernung aufgestellt waren, die Zeit des Vorbeifahrens der verschieden nummerierten Fähnchen festgehalten wurde, so konnten wechselnde Stauungen innerhalb des Verkehrsstromes gut ermittelt werden. Voraussetzung ist hierbei eine genaue Übereinstimmung der Uhren der verschiedenen Zählposten.

Sobald es sich um einspurige Straßenstrecken handelt, etwa an Brücken- oder Tunnelleinfahrten, kann man die Zählung auch mit Hilfe von Apparaten automatisch durchführen, etwa durch Schwellen, die sich beim Überfahren senken und einen Kontakt auslösen, oder durch photoelektrische Zellen, auf die quer über die Fahrbahn ein Lichtstrahl fällt, der bei der Vorbeifahrt durch das Fahrzeug unterbrochen wird und Anlaß zu einem elektrischen Stromstoß gibt.

Bei sehr starkem Verkehr wird der Verkehrsablauf am besten durch Bilder vom Fesselballon aus oder noch besser durch den Film festgehalten.

#### Die Ermittlung der Verkehrsstruktur.

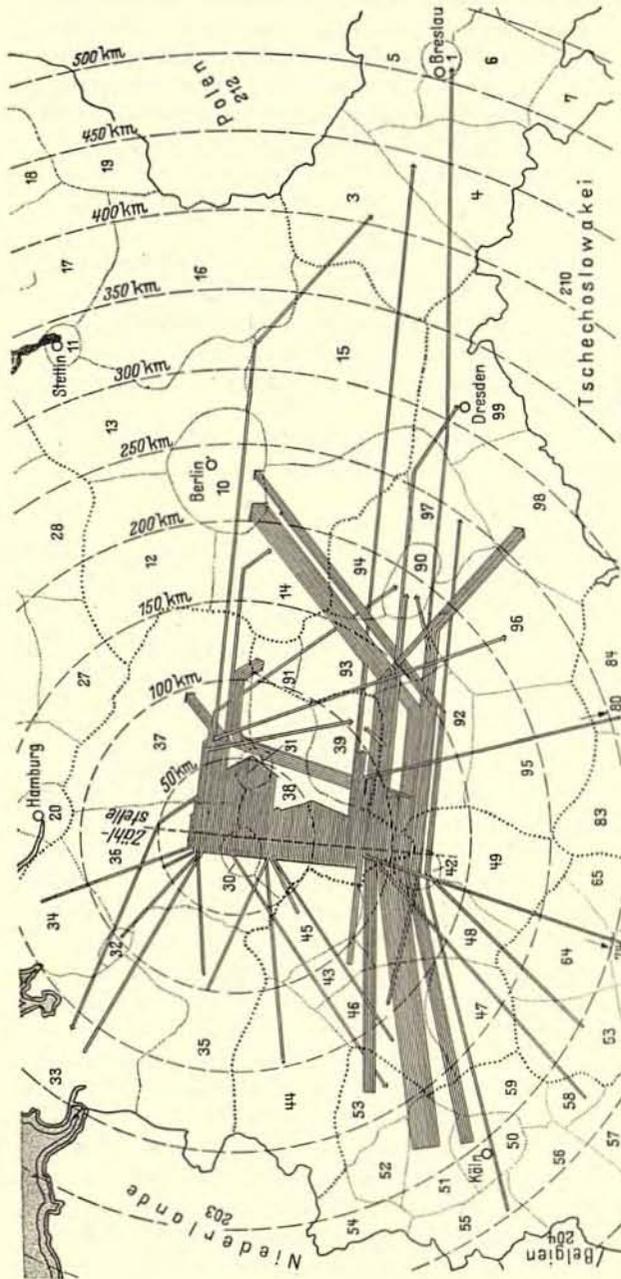
Aus den beschriebenen Tonnen- und Fahrzeugarten kann aber nichts über die Fahrtweiten, über den vom Einzelfahrzeug eingeschlagenen Weg, über den anteiligen Nah- und Fernverkehr, den Ziel- und Durchgangsverkehr, den Eckverkehr, den Anteil an leeren und beladenen Fahrzeugen und auch nur wenig über die Verkehrsleistung in tkm oder Fahrzeugkilometern ausgesagt werden. Man muß also ergänzende Feststellungen treffen, wenn man die Struktur im Straßenverkehr kennenlernen will. Wie bereits erwähnt, könnten hierüber die Fahrtenbücher Aufschluß geben. Da die Auswertung jedoch auf Schwierigkeiten stößt, muß der Zähler auf der Straße seine Erhebungen vervollständigen. Zu diesem Zwecke wurde gleichlaufend mit der dritten allgemeinen deutschen Verkehrszählung die sogenannte Zusatzverkehrszählung für den Lastkraftwagenverkehr durchgeführt. Es war kurz vor dem Kriege in Aussicht genommen, solche zusätzliche Zählungen im Reich auch im Personenkraftwagenverkehr durchzuführen. Durch den Ausbruch des Krieges wurden jedoch diese Maßnahmen verhindert.

Im ganzen Reich wurden 300 derartige Zählstellen der Zusatzverkehrszählung angeordnet. Sie lagen auf den Hauptverkehrsstraßen, also den Reichsautobahnen, Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung im Umkreis der wichtigsten Verkehrsgebiete, besonders also der Großstädte. Allerdings mußte man auch bei dieser Zählung auf die Aufzeichnung der von jedem Lastkraftwagen benutzten Straßenstrecken verzichten. Der Zählposten erfragte jedoch vom Fahrer des Lastkraftwagens den Herkunfts- und den Zielort sowie das Gewicht der mitgeführten Nutzlast in Tonnen. Da zu diesem Zwecke die Lastkraftwagen angehalten werden mußten, wurde dem Zählposten, einem Straßenmeister, ein Gendarmeriebeamter beigegeben. Ein NSKK-Mann leistete diesen beiden Hilfe. Um die Auswertung zu vereinfachen, wurden in die Zählbogen nicht die angegebenen Orte selbst eingetragen, sondern nur die größeren Verkehrsgebiete, in denen diese lagen. Diese Verkehrsgebiete konnten einer Karte entnommen werden, die bei jedem Zählposten vorhanden war. Der Zählzettel lieferte sonach zusätzliche Ergebnisse über den Herkunftsort, das Ziel und das Gewicht der mitgeführten Nutzlast. Außerdem wurde die Verteilung des Verkehrs über die Tagesstunden in den Zählbogen angegeben. Da in der Nacht Lastkraftwagen und Personenkraftwagen aus der Ferne

nicht zu unterscheiden waren, mußten alle Fahrzeuge angehalten werden. Die Fahrer der Personenkraftwagen hatten jedoch im allgemeinen für diese Maßnahme das nötige Verständnis, so daß sich hieraus keine Schwierigkeiten ergaben.

Die Auswertung lieferte insofern nur angenäherte Ergebnisse, als zur Bestimmung der Fahrtweiten lediglich die Entfernung zwischen der Zählstelle und den Schwerpunkten des Ausgangs- und Zielbezirkes festgestellt werden konnte. Diese Luftlinienentfernungen lassen sich aber leicht dadurch verbessern, daß man den Unterschied zwischen den Luftlinien und der Länge der Straßenentwicklung für die verschiedenen Landschaften bestimmt und als Faktor in die Rechnung einführt. Die folgenden Abbildungen lassen erkennen, daß durch die zusätzlichen Erhebungen über die Fahrtweiten Aufschlüsse über die Struktur des Lastkraftwagenverkehrs gewonnen werden können. In Abb. 4 sind die Fahrtweiten aller 108 Lastkraftwagen eingetragen, die am 22./23. Oktober 1936 während 14 Tagesstunden die Zählstelle 303 an der Auffahrt Hannover der Reichsautobahn Hannover—Berlin in der Richtung von Westen nach Osten durchfahren. Der Verkehrsmaßstab ist hier im

Abb. 4. Fahrtweiten der Lastkraftwagen, die die Zählstelle 303 an der Auffahrt Hannover der Reichsautobahn Hannover—Berlin am 22. und 23. Oktober 1936 während 14 Tagesstunden in der Richtung von Westen nach Osten durchfahren.



Vergleich zum Kartenmaßstab sehr groß gewählt, um die einzelnen Fahrten deutlich wiedergeben zu können. Die Gesamtbreite des Verkehrsbündels stellt die statische Belastung an der untersuchten Zählstelle dar. Sie entspricht dem zugehörigen Werte

der „Fahrzeugkarte“. Aus der Vielgestaltigkeit der Fahrtwege hebt sich besonders der Nahverkehr zwischen den Bezirken 30 (Hannover) und 31 (Braunschweig) sowie 38 (Hildesheim—Holzminden—Wolfenbüttel) ab. Andererseits erkennt man, daß auf der Autobahnstrecke viele Fahrzeuge mit sehr großen Fahrtweiten verkehrten. Zur Be-

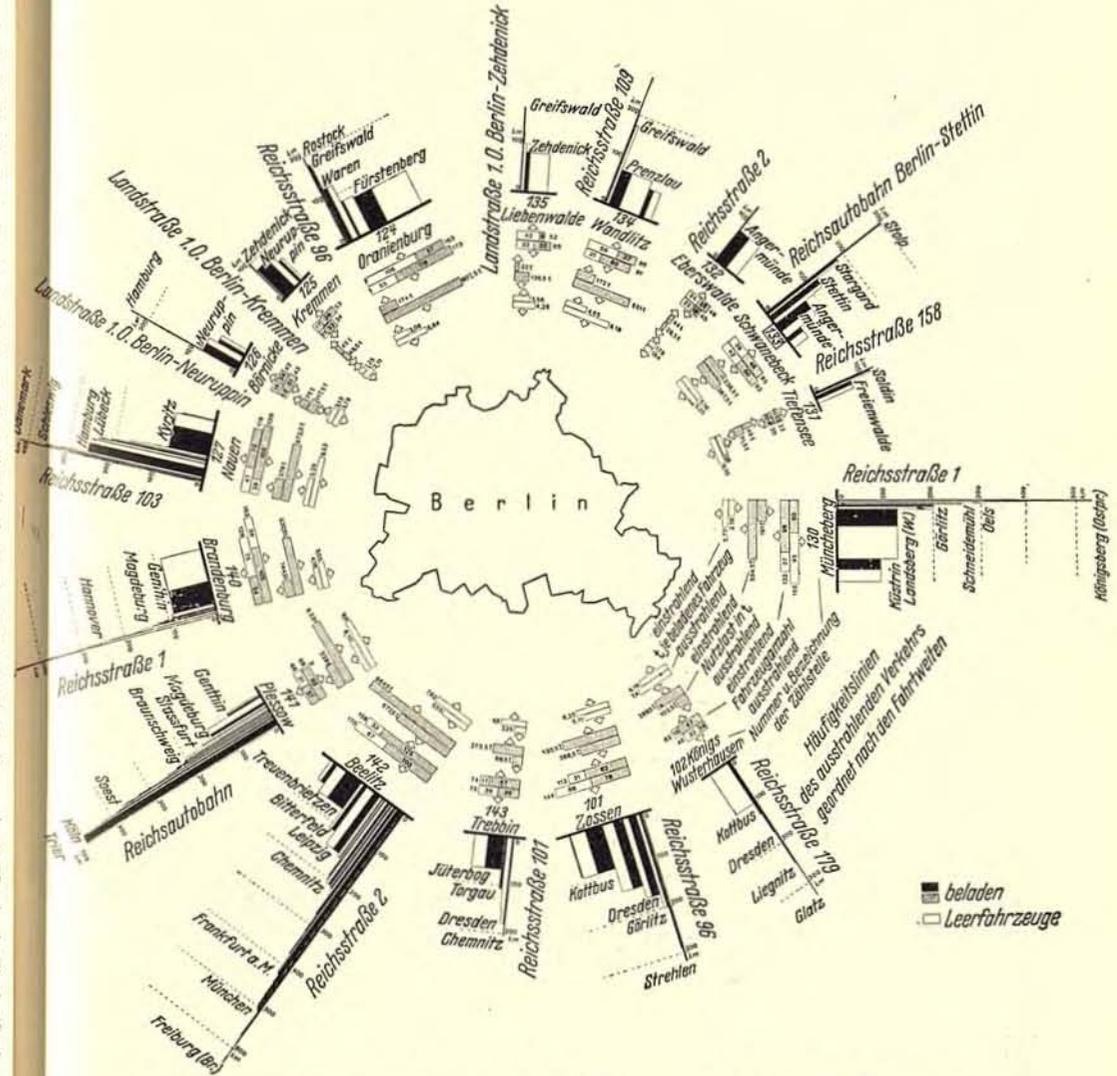


Abb. 5. Von Berlin ausstrahlender Lastkraftwagenverkehr nach der Zählung vom 15. bis 18. Dezember 1936.

urteilung dieser Fahrtweiten wurden um die Zählstelle konzentrische Kreise mit 50 km Abstand eingetragen.

Die nächste Abb. 5 zeigt in einer schematischen Darstellungsweise die Fahrtweiten der Lastkraftwagen, die nach der Zählung vom 15. bis 18. September 1936 Berlin verließen. Hierbei sind die damals fertiggestellten Reichsautobahnstrecken, die Reichs-

straßen und wichtige Landstraßen I. Ordnung erfaßt. Man erkennt deutlich, daß man die Wechselbeziehung im Straßenverkehr zwischen verschiedenen Verkehrsgebieten dann klar ermitteln kann, wenn auf allen Verkehrsadern im Umkreis eines Verkehrsgebietes Zählstellen angeordnet werden. Es müssen also ganz allgemein alle vorbereitenden Maßnahmen für eine Verkehrszählung im Hinblick auf die gewünschten Ergebnisse getroffen werden, insbesondere muß man die Lage jeder einzelnen Zählstelle sehr sorgfältig festlegen. Aus dieser Untersuchung der Verkehrsbeziehungen zwischen der Reichshauptstadt und dem Reich ergibt sich, daß 65% aller Fahrzeuge in der Nahzone bis zu 100 km, 20 bis 25% auf eine Fahrtweite zwischen 100 und 200 km und der Rest von 10 bis 15% auf Entfernungen von über 200 km verkehren. Innerhalb der schematischen Darstellung der Fahrtweiten, bei der übrigens die leeren und die beladenen Fahrzeuge durch verschiedene Tönung gekennzeichnet sind, sind auf diesem Bilde weitere Angaben zu finden, nämlich die Anzahl der ein- und ausstrahlenden Fahrzeuge, das Gewicht der mitgeführten Nutzlast in Tonnen und das Gewicht der Nutzlast je beladenes Fahrzeug. Aus diesen Angaben kann man herleiten, daß dem ausstrahlenden Lastkraftwagenverkehr von Berlin rund 53%, dem einstrahlenden rund 30% Leerfahrzeuge angehören. Insgesamt wurden 6758 t täglich im Durchschnitt mit Lastkraftwagen nach Berlin gebracht, 2922 t verließen Berlin auf den Landstraßen. Der einstrahlende Verkehr war sonach an Nutzlast in t 2,3 mal so groß wie der ausstrahlende. Der gesamte Wechselverkehr zwischen Berlin und dem Reich auf Lastkraftwagen betrug also rd. 10 000 t täglich.

Diese Untersuchung des von Berlin ausstrahlenden Verkehrs zeigt, daß die überdurchschnittlich belasteten Straßen, nämlich die Reichsstraße 103 Berlin-Hamburg, die Reichsstraße 1 Berlin-Frankfurt, die Reichsstraße 96 Berlin-Senftenberg und die Reichsstraße 2 Berlin-Leipzig-Nürnberg nach der Gesamtplanung des Reichsautobahnnetzes durch Reichsautobahnstrecken entlastet werden. Man erhielt also durch diese Verkehrsanalyse die Bestätigung dafür, daß die von Berlin ausstrahlenden Reichsautobahnstrecken den Bedürfnissen des Lastkraftwagenverkehrs entsprechend richtig vorgesehen waren.

Die nächsten Abbildungen befassen sich mit dem Verkehrsgebiet von Hamburg. Hier wurde eine graphische Darstellung gewählt, die geographisch orientiert ist. Es handelt sich bei der Darstellung nicht um statische Verkehrsbelastungen. Es sind vielmehr die Fahrtweiten eingetragen. Die Breite der Bänder am Stadtrande entspricht jedoch der statischen Verkehrsbelastung der „Fahrzeug-“ und „Tonnenkarten“. Die Abb. 6a und 6b zeigen den ausstrahlenden Tagesverkehr zwischen 6 und 20 Uhr, also während 14 Stunden, Abb. 6a die Fahrzeuganzahl, Abb. 6b die mitgeführte Nutzlast in Tonnen. Besonders sei auf den verhältnismäßig starken Nachbarverkehr verwiesen, der in der Nebenkarte besonders wiedergegeben ist. Im Gegensatz hierzu tritt bei der Darstellung des Nachtverkehrs zwischen 20 und 6 Uhr (10 Stunden) in den Abb. 7a und 7b der Nachbarverkehr sehr stark zurück. Besonders auffällig ist die Höhe der mitgeführten Nutzlast in den Nachtstunden.

Bei dem Beispiel von Berlin hatten wir den insgesamt ein- und ausstrahlenden Verkehr nach Tonnen und die anteiligen Leerfahrzeuge für beide Fahrtrichtungen ermittelt. Es zeigt sich ganz allgemein, daß zwischen diesen Werten eine gewisse Abhängigkeit besteht. In Abb. 8 wurde für alle in der Zählung 1936/37 untersuchten 22 Verkehrsgebiete des Reiches dieser Zusammenhang dargestellt. Auf der Ordinate ist der Ausfuhr- bzw. Einfuhrüberschuß in Prozent vom Gesamtumsatz des Lastkraftwagenverkehrs in t, auf der Abszisse der Anteil an Leerfahrzeugen aufgetragen. Die Korrelationsrechnung liefert als Maß für den Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen einen Korrelationskoeffizienten  $r = 0,88$ . Er bestätigt den guten Zusammenhang bei dieser Beziehung, der auch aus der Abbildung ersichtlich ist.

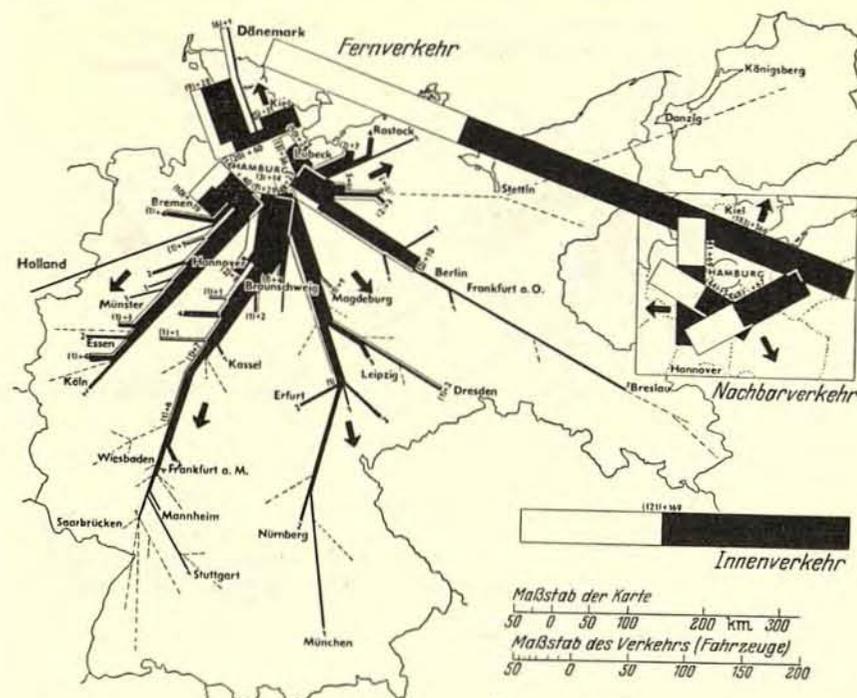


Abb. 6a. Von Hamburg ausstrahlender Lastkraftwagenverkehr (Fahrzeuganzahl während 14 Tagesstunden).

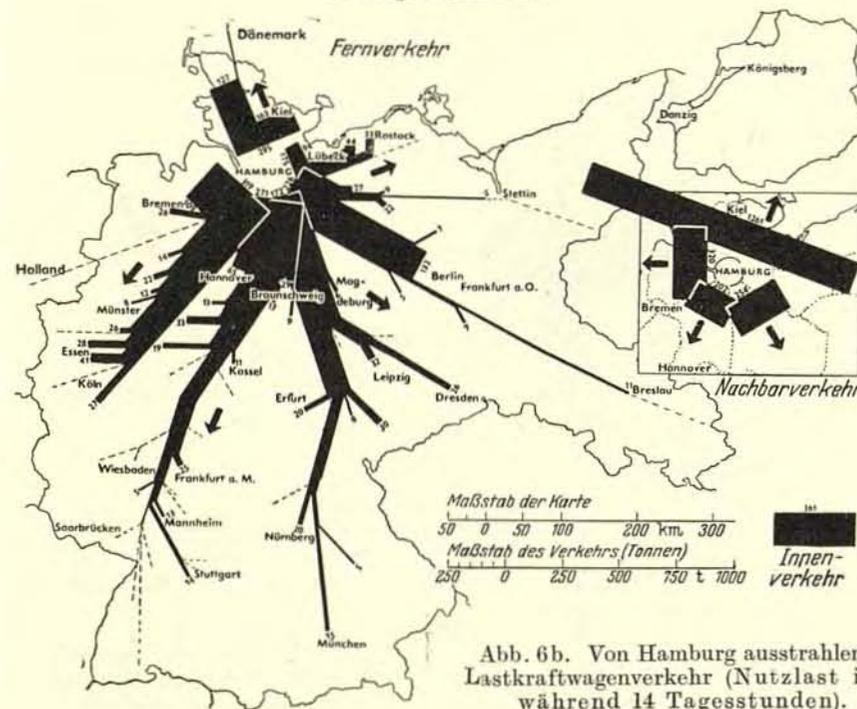


Abb. 6b. Von Hamburg ausstrahlender Lastkraftwagenverkehr (Nutzlast in t während 14 Tagesstunden).

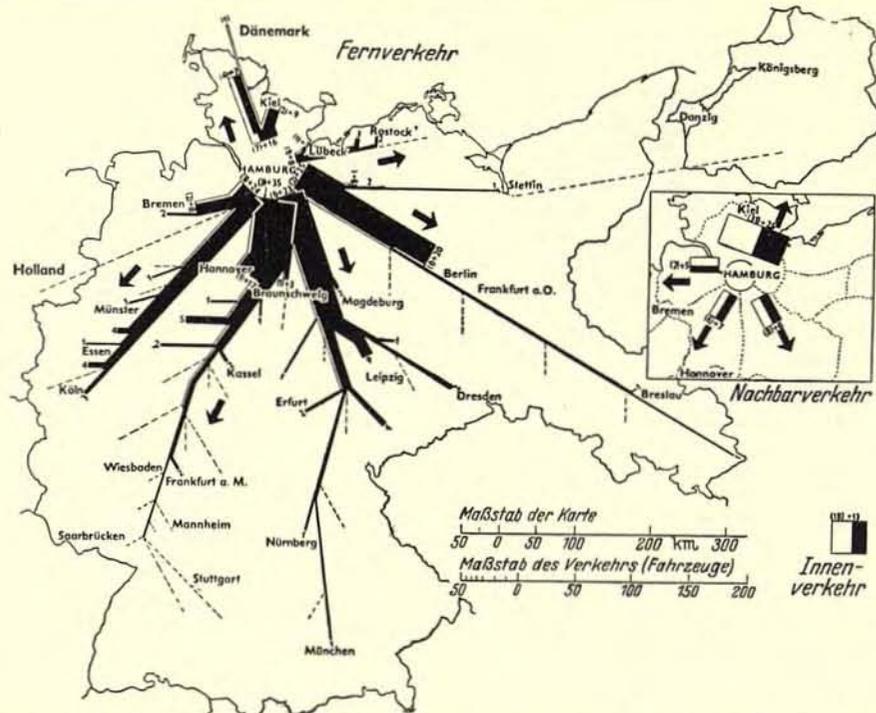


Abb. 7a. Von Hamburg ausstrahlender Lastkraftwagenverkehr (Fahrzeuganzahl während 10 Nachtstunden).

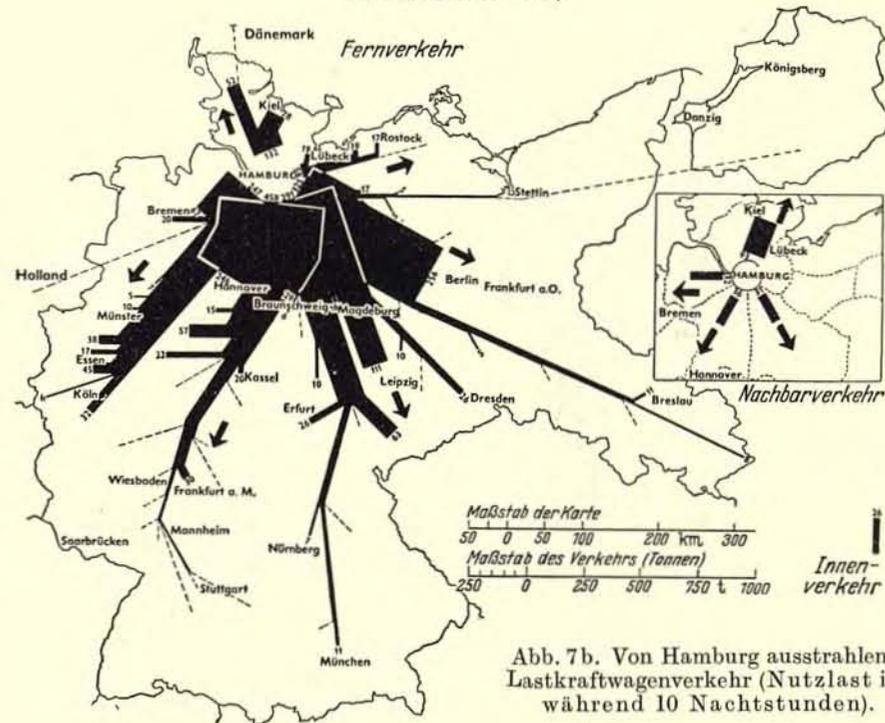


Abb. 7b. Von Hamburg ausstrahlender Lastkraftwagenverkehr (Nutzlast in t während 10 Nachtstunden).

An einem anderen Beispiel sei gezeigt, wie die Verkehrsanalyse noch verbessert werden kann. Es galt in diesem Falle, die Verkehrsstruktur auf einer neu erbauten Reichsautobahn und auf einer annähernd parallel laufenden Reichsstraße zu untersuchen. Von einer Reichsstraße zweigt die Reichsautobahn in der Nähe einer Großstadt ab. Zwischen der Stadt in Abb. 9 und der Reichsautobahnabzweigung ist die Reichsstraße also Zubringerstrecke. Da diese Zubringer teilweise im bebauten Stadtgebiet liegen und einen starken Verkehr aufweisen, ist es sehr erwünscht, über ihre Verkehrsbelastungen nähere Einzelheiten zu kennen. Außerdem wollte man auch sehen, ob der Verkehr die Reichsautobahn in dem Maße in Anspruch nimmt, wie es nach den Voruntersuchungen angenommen wurde. Um alle diese Fragen zu klären, wurden in diesem Gebiete zwei

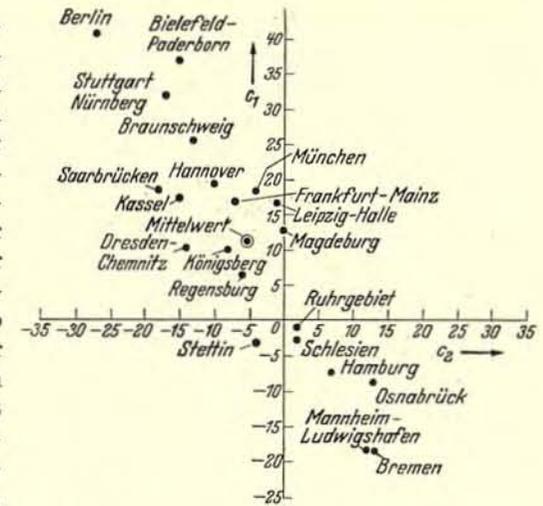
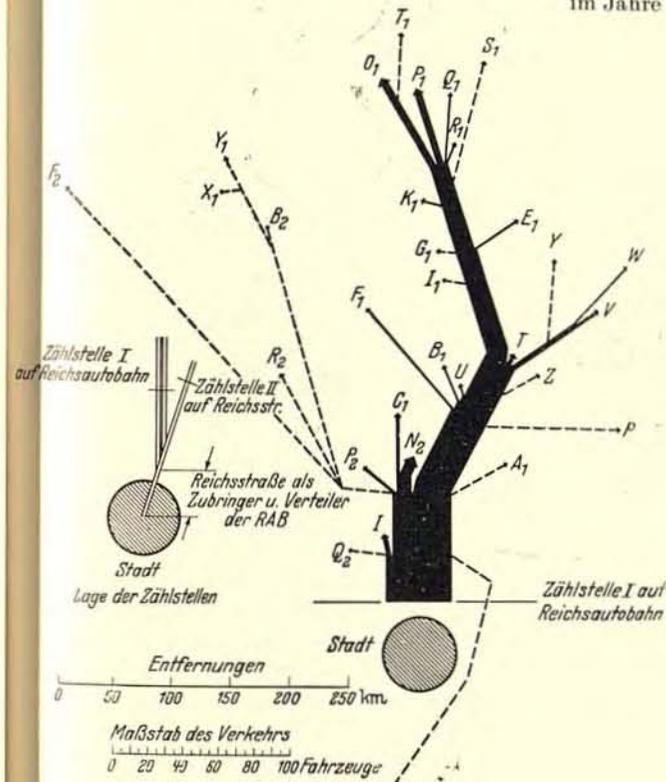


Abb. 8. Zusammenhang zwischen Ausfuhr- bzw. Einfuhrüberschuß in Prozent vom Gesamtumsatz des Lastkraftwagenverkehrs in t und dem prozentualen Anteil an Leerfahrzeugen für die 22 Verkehrsgebiete, die durch die Zusatzverkehrszählung für den Lastkraftwagenverkehr im Jahre 1936 bis 1937 erfaßt wurden.



Zählstellen der Zusatzverkehrszählung, je eine auf der Reichsautobahn und auf der Reichsstraße, angeordnet. Zur Zeit der Zählung war die Reichsautobahn zwischen der beschriebenen Anschlußstelle und dem Gebiet U fertiggestellt. Abb. 9 zeigt die Fahrtweiten des durchschnittlichen täglichen Verkehrs der beladenen Lastkraftwagen im Zähljahr 1936/37, der die Stadt verläßt und auf die Autobahn übergeht. Man erkennt, daß hier vor allem weit entfernt gelegene Ziele angestrebt werden. In der nächsten Abb. 10 sind die Fahrtweiten des auf

Abb. 9. Fahrtweiten des täglichen durchschnittlichen Verkehrs der beladenen Lastkraftwagen, die die untersuchte Stadt verlassen und auf die Reichsautobahn übergehen.

der Reichsstraße verbleibenden Verkehrs der beladenen Lastkraftwagen wiedergegeben. Die Breite des Verkehrsbandes an der Zählstelle, d. h. die statische Belastung ist sogar größer als die der Reichsautobahn. Auf der Reichsstraße werden jedoch viel kürzere Wege zurückgelegt. Auf den nächsten vier Abb. 11 bis 14 ist die Aufgabe gelöst, diesen Verkehr sowohl nach Herkunfts- bzw. Zielort, als auch nach der Tageszeit zu gliedern. Man erkennt bei der Betrachtung der stündlichen Schwankung des Gesamtverkehrs, daß sich der Lastkraftwagenverkehr auf der Reichsstraße in der Hauptsache zwischen 6 und 20 Uhr, also am Tage abspielt. Bei der Reichsautobahn liegt beim ausstrahlenden

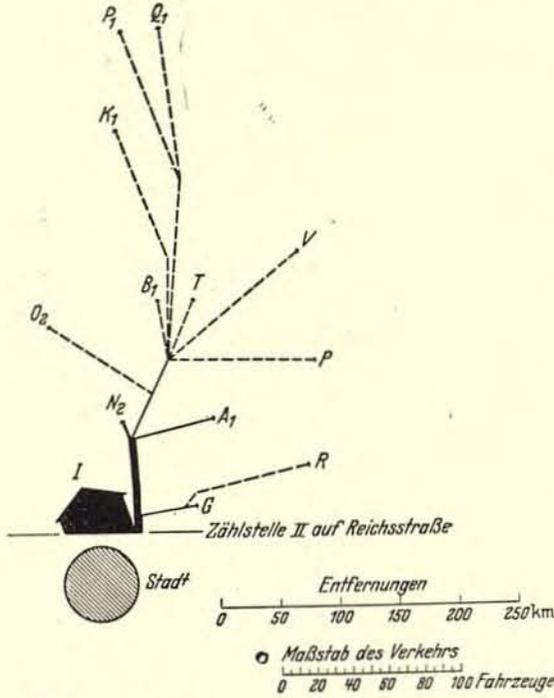


Abb. 10. Fahrweiten des durchschnittlichen täglichen Verkehrs der beladenen Lastkraftwagen, die die untersuchte Stadt verlassen und auf der Reichsstraße weiterfahren.

der Fahrten. Man erhält dadurch Unterlagen für die Planung der Anschlußstellen, für die Bemessung von Parkplätzen und für betriebliche Maßnahmen, etwa für die mehr oder weniger starke Besetzung von Verkehrsposten und Tankstellen.

Diese rein empirischen Feststellungen durch Verkehrszählungen liefern aber auch wertvolle Kontrollen für theoretische Untersuchungen, wie sie z. B. Prof. Dr.-Ing. Pirath, Stuttgart, durchgeführt hat. (Vgl. Pirath, Die Raumerschließung durch die Reichsautobahnen. Z. f. Verkehrswissenschaft 1938, S. 181.) Er entwickelte mit Hilfe der Berechnung des Gewinnes an Zeit und an Kosten bei Benutzung der Reichsautobahnen gegenüber den Fahrten ausschließlich auf Landstraßen ein Verfahren, nach dem es möglich ist, „für jeden Ort als Ausgangspunkt die Vorsprungzonen in der Landschaft zu ermitteln, die bei Benutzung der Reichsautobahnen von diesem Orte aus schneller und billiger mittels Kraftwagen erreicht werden als auf dem Landstraßennetz“. Wie die nächste Abb. 16 zeigt, erhält Pirath auf Grund dieser Untersuchungen

Verkehr die Verkehrsspitze zwischen 15 und 16 Uhr, beim einstrahlenden Verkehr zwischen 5 und 6 Uhr. In Abb. 15 ist der Verkehr für beide Zählstellen und für beide Richtungen zusammengefaßt, jedoch nach Stunden unterteilt eingetragen. Man hat dadurch die Verkehrsbelastung der Zubringerstrecke erhalten. Der Durchgangsverkehr ist in dieser Darstellung allerdings nicht berücksichtigt. Die Gesamtbelastung der Zubringerstrecke zeigt zwischen 4 und 6 Uhr eine starke Zunahme, zwischen 19 und 21 Uhr eine starke Abnahme des Verkehrs. Zwischen 6 und 19 Uhr ist der Zubringer sehr stark, jedoch ziemlich gleichmäßig belastet im Gegensatz zur Reichsautobahn, bei der für die beiden Richtungen Verkehrsspitzen zu verzeichnen sind, die sich annähernd symmetrisch in den Zeiträumen vor und nach der Zeit zwischen 11 und 12 Uhr abbilden.

Die gleichzeitige stundenweise und räumliche Gliederung gibt Aufschlüsse über die Gepflogenheiten des Lastkraftwagenverkehrs hinsichtlich des Beginnes und der Beendigung

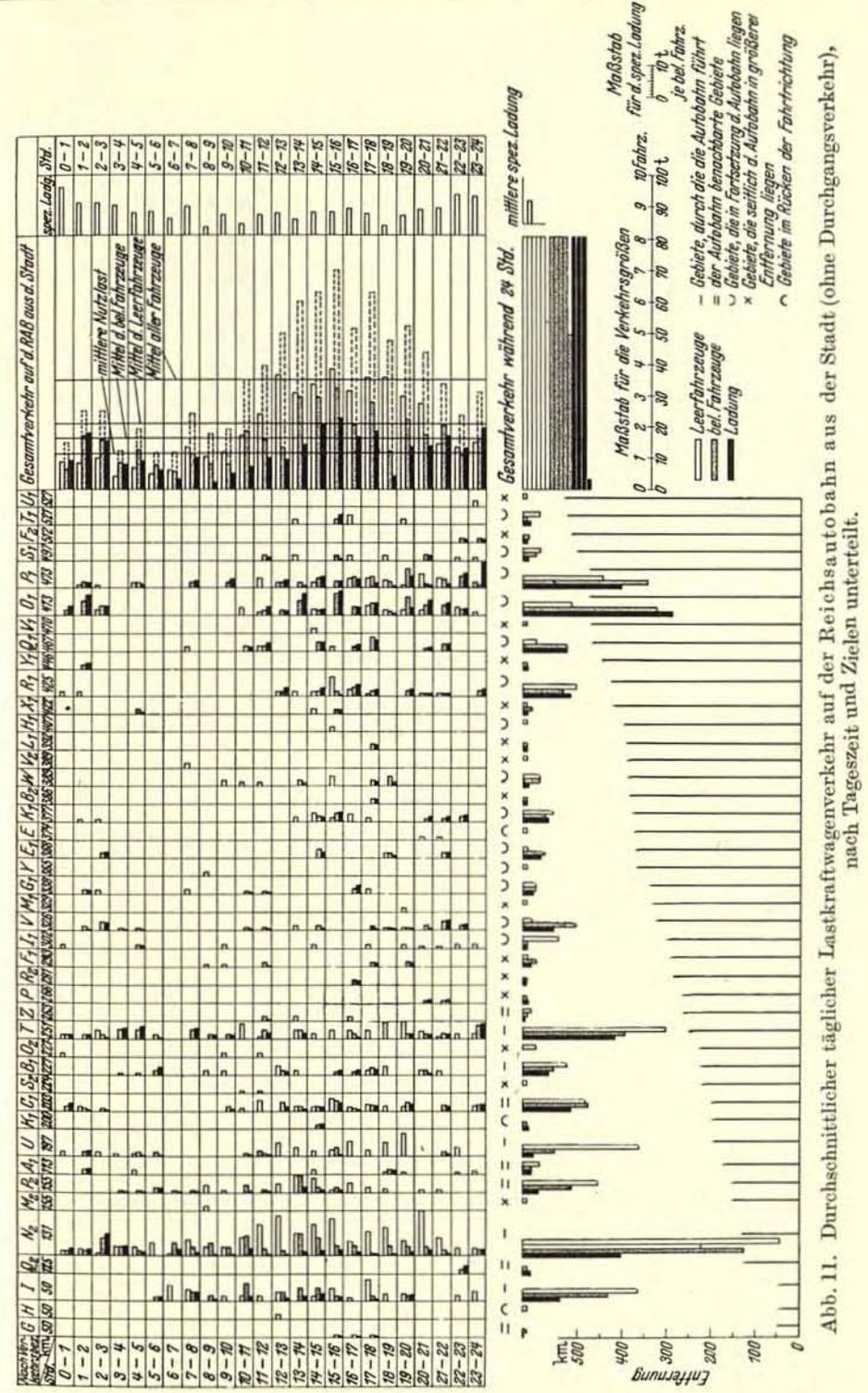


Abb. 11. Durchschnittlicher täglicher Lastkraftwagenverkehr auf der Reichsautobahn aus der Stadt (ohne Durchgangsverkehr), nach Tageszeit und Zielen unterteilt.



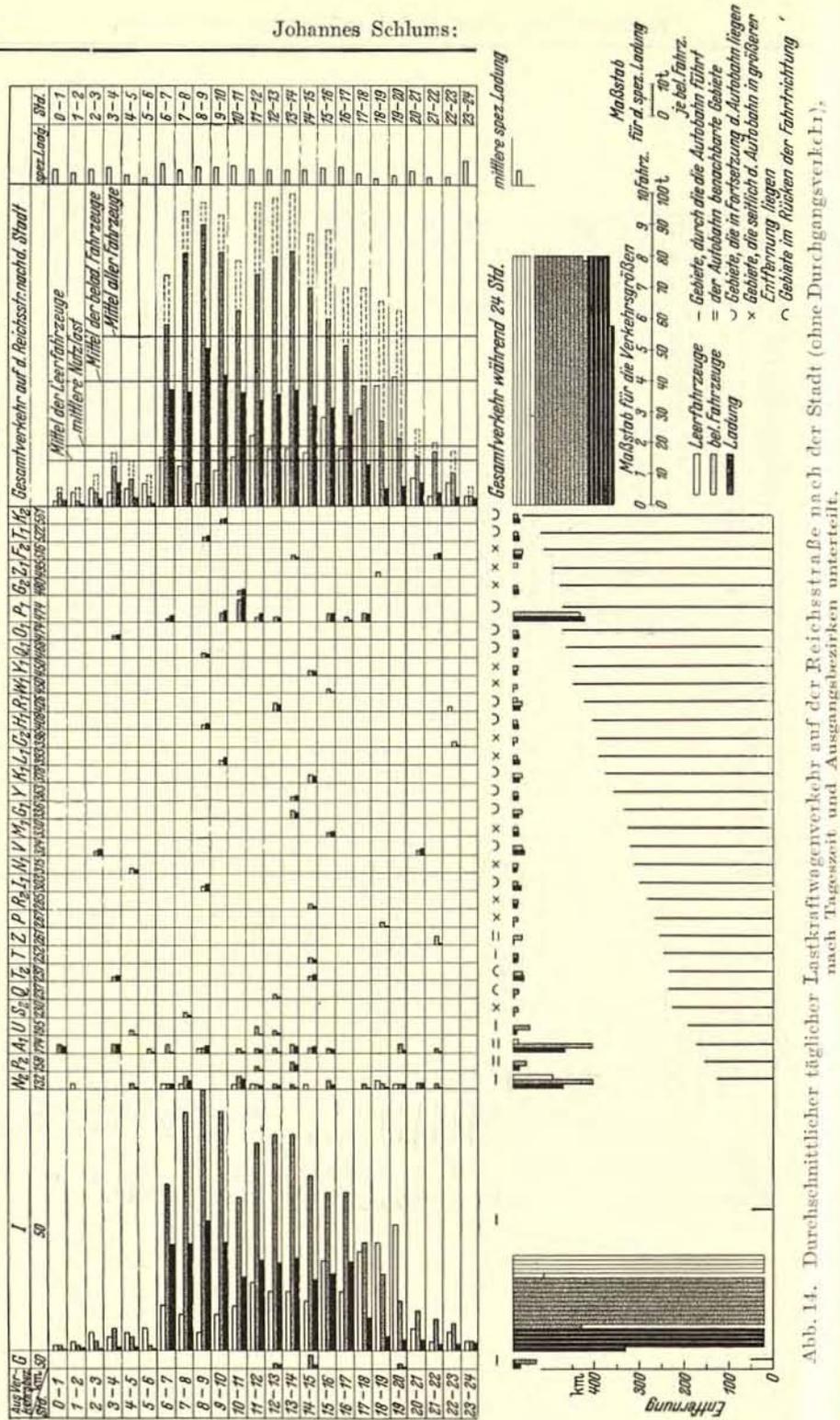


Abb. 14. Durchschnittlicher täglicher Lastkraftwagenverkehr auf der Reichsstraße nach der Stadt (ohne Durchgangsverkehr), nach Tageszeit und Ausgangsbezirken unterteilt.

als Vorsprunggrenzen Teile von Hyperbeln, deren Äste sich mit wachsendem Abstand von der untersuchten Stadt von der Reichsautobahn entfernen. Die Hyperbeln für einen größeren Vorsprung schmiegen sich den Reichsautobahnen mehr an, als die Hyperbeln geringeren Vorsprungs. Eine Sonderstellung nehmen diejenigen Hyperbeln ein, bei denen kein Vorsprung mehr vorhanden ist. Von Orten, die auf diesen Linien liegen, kann also ohne Unterschied in der Zeit oder in den Kosten die betrachtete Stadt entweder nur auf den Landstraßen oder über Zubringer, Reichsautobahn und Verteiler erreicht werden. Außerhalb dieser Grenzhyperbel liegen die autobahnfernen Gebiete, die bei Reisen von oder nach der untersuchten Stadt also keinen Nutzen von der Reichsautobahn haben.

Die Untersuchungen Piraths zeigen, daß im Umkreis von 20 bis 30 km der von ihm behandelten Stadt Stuttgart der Raum durch das engmaschige Landstraßennetz erschlossen wird. Erst in größeren Entfernungen als 30 km bringt die Reichsauto-

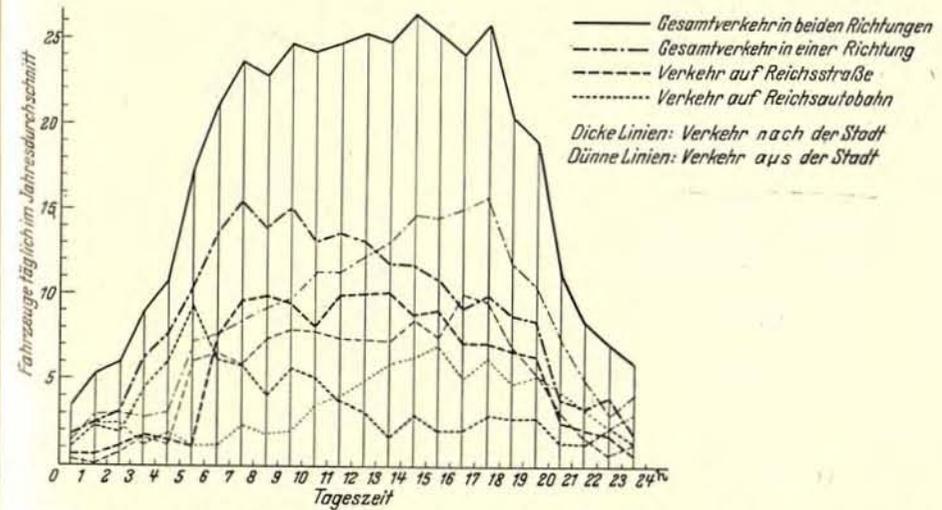
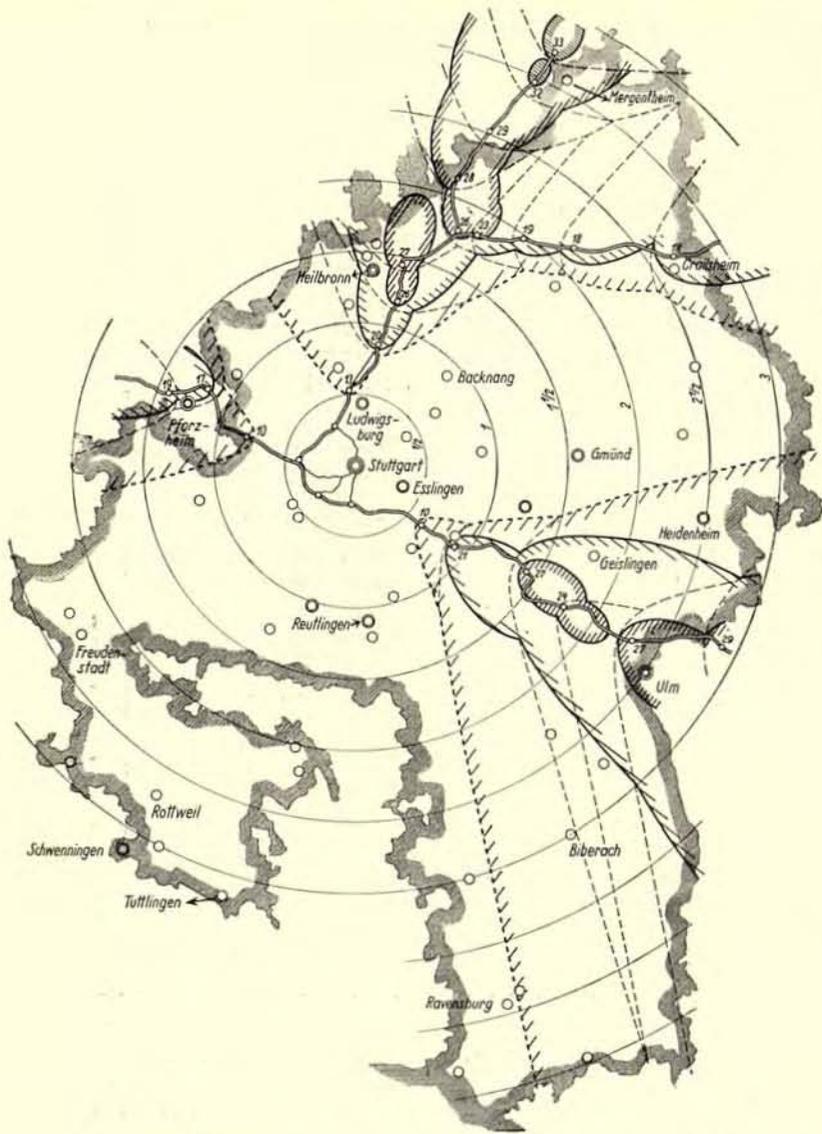


Abb. 15. Verkehrsbelastung auf dem Reichsautobahnzubringer nach Stunden unterteilt.

bahn einen Zeit- und Kostengewinn. Die entwickelte Methode erlaubt es, auf gleichem Wege auch noch die Einflußgebiete der einzelnen Zu- und Abfahrtsstellen der Reichsautobahn abzugrenzen. Diese theoretischen Entwicklungen von Prof. Pirath finden ihre Bestätigung in den Ergebnissen der Verkehrszählung. Das erkennen wir bei der Betrachtung der nächsten Abb. 17. Hier ist für die gleiche Zählstelle wie in Abb. 9 der Durchgangsverkehr dargestellt, der sich auf der Reichsautobahn im täglichen Durchschnitt in der gleichen Fahrtrichtung abspielt. Leere und beladene Fahrzeuge sind zusammengefaßt. Man findet in der Abbildung klar abgezeichnet, daß mit zunehmenden Entfernungen der Verkehr aus größeren Breiten zur Reichsautobahn herangeholt und auch wieder auf größere Flächen verteilt wird.

Ganz allgemein hat aber die Zusatzverkehrszählung für den Lastkraftwagenverkehr in ihren Ergebnissen gezeigt, daß der Aktionsradius der Kraftwagen sehr zugenommen hat. So betrug die mittlere Beförderungsweite der im Zähljahr 1938/39 von und nach den Großstädten Berlin und Hamburg im Lastkraftwagenverkehr beförderten Nutzlast rund 150 km, während der Aktionsradius des Kraftwagens 10 bis 15 Jahre früher noch etwa mit 50 km angenommen werden mußte. Weiterhin ergab sich eindeutig, daß die Reichsautobahnen den Fernverkehr übernahmen und daß vor allem die s c h w e r e n



Vorsprungszonen und Vorsprungsmaße der Reichsautobahn: 0 10 20 30 40%

--- Grenzen der Einzugsgebiete der Anschlußstellen.

○ Zeitkreis für 1/2 Stunde Fahrzeit auf Reichs- und Landstraßen.

23 Reichsautobahn mit Anschlußstelle. 23 = Vorsprungsmaß in % an der Anschlußstelle.

— Zubringer zwischen Stuttgart und der Reichsautobahn.

● Orte mit mehr als 50 000 Einwohnern

○ Orte mit 20-50 000 Einwohnern

○ Orte mit 5-20 000 Einwohnern

Landesgrenze

Maßstab 0 10 20 30 40 km

Lasten auf die großen Entfernungen befördert werden. Die Zusatzverkehrsleistung der Reichsautobahn liegt

Abb. 16. Einzugsgebiet der Reichsautobahnen in Württemberg für Stuttgart mit Vorsprungszonen gegenüber den Landstraßen.

Lastkraftwagen:  
 $V_L : V_R$   
 = 35 km/h  
 : 52,5 km/h  
 = 1 : 1,5;  
 $b_R : b_L = 1 : 1,5$ .

Hierbei bedeutet:

$V_L$  = durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit in km/h auf der Landstraße und der Zubringerstrecke;

$V_R$  = durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit in km/h auf der Reichsautobahn;

$b_R$  = Betriebsstoffverbrauch je Wagenkilometer auf der Reichsautobahn;

$b_L$  = Betriebsstoffverbrauch je Wagenkilometer auf der Landstraße und der Zubringerstrecke.

ferte aber gleichzeitig auch noch die Unterlagen für die Ermittlung der Verkehrsleistungen in Fahrzeugkilometern und Tonnenkilometern. Diese Größen werden zweckmäßigerweise neben den statischen Verkehrswerten in Form von Summenlinien dargestellt, wie Abbildung 18 für den von Berlin ausstrahlenden Lastkraftwagenverkehr zeigt.

Auf der Abszisse sind hier die Entfernungen mit den wichtigeren Orten aufgetragen, auf der Ordinate die Anzahl der bis zu der betreffenden Entfernung gefahrenen Leerfahrzeuge, der beladenen Fahrzeuge und der bis dahin beförderten Tonnen. Diese gleiche Summenbildung wurde für die jeweils zugehörigen Verkehrsleistungen durchgeführt, also für Leerfahrzeugkilometer, beladene Fahrzeugkilometer und Tonnenkilometer. Um einen prozentualen Vergleich zu erhalten, wurden alle sechs Summen gleich 100% gesetzt. Die absoluten Maßstäbe sind neben der Ordinatenachse aufgetragen. Man erkennt an einem Beispiel, in welchem Grade Fahrzeug- und Tonnanzahl sowie die Werte Fahrzeugkilometer und Tonnenkilometer mit den Entfernungen zunehmen. Auf eine Entfernung von 0 bis 200 km verkehrten 90,3% aller von Berlin ausstrahlenden Leerfahrzeuge und 86,3% der beladenen Fahrzeuge. Diese führten jedoch nur 73,3% der Nutzlast mit sich. Zur Verkehrsleistung in Fahrzeugkilometern tragen die bis zu 200 km Entfernung fahrenden Leerfahrzeuge jedoch nur 68%, die beladenen Fahrzeuge nur 58% und zur Verkehrsleistung in Tonnenkilometern die Nutzlast in Tonnen nur 40,2% bei. Das bestätigt also die bereits erwähnte Tatsache, daß die schweren Lasten auf die größeren Entfernungen befördert werden.

Diese Beispiele zeigen, daß die Verkehrszählungen für ein bestehendes Straßennetz und für den Zeitraum der Zählung die Belastungswerte nach der Fahrzeug- und

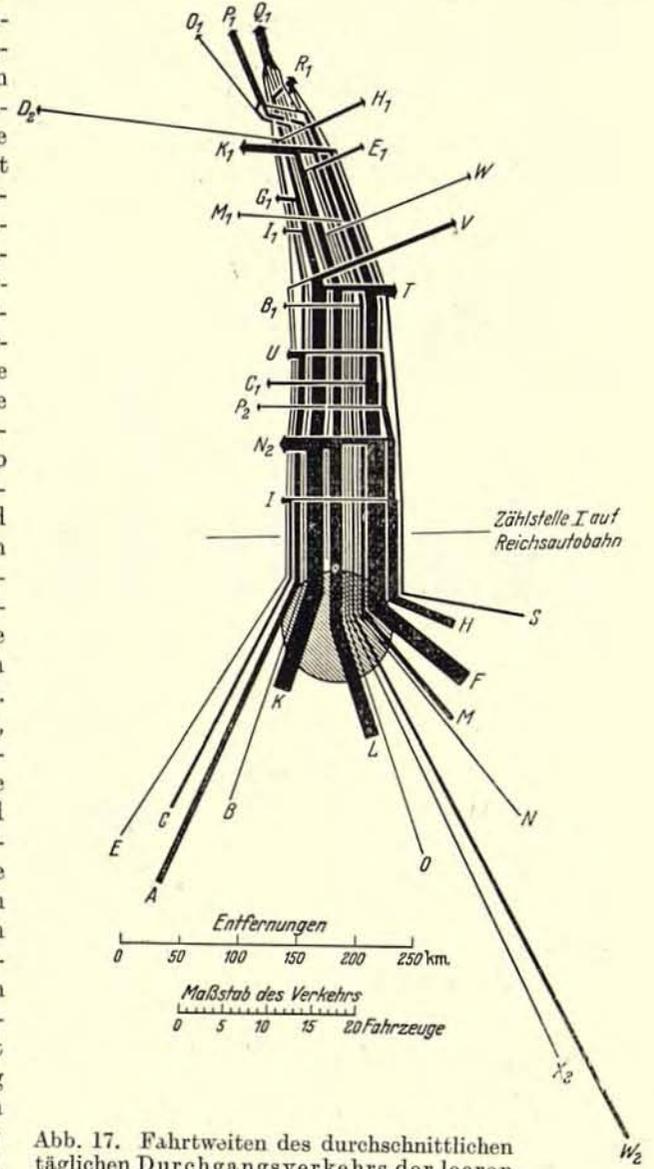


Abb. 17. Fahrtweiten des durchschnittlichen täglichen Durchgangsverkehrs der leeren und beladenen Lastkraftwagen auf der Reichsautobahn in der gleichen Fahrtrichtung wie in den Abb. 9 und 10.

Tonnenzahl erbringen und zwar die Größt- und Mittelwerte sowie die monatlichen, täglichen und stündlichen Schwankungen. Werden die Fahrtweiten und die Höhe der Nutzlast mit erfragt, so ergeben sich weitgehende Aufschlüsse über die Struktur im Straßenverkehr. Man gewinnt Maßstäbe für den Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln und aus den Werten der anteiligen Leerfahrzeuge Hinweise für eine bessere Ausnutzung der Fahrzeuge durch Rückfracht. Vollkommen werden die Erhebungen aber erst dann, wenn auch die Art der beförderten Güter mit festgestellt wird, wie das z. B. von seiten des Reichskraftwagenbetriebsverbandes geschah. Im Reichskraftwagenbetriebsverband sind auf Grund des Güterfernverkehrsgesetzes vom 26. Juni 1935 alle diejenigen Unter-

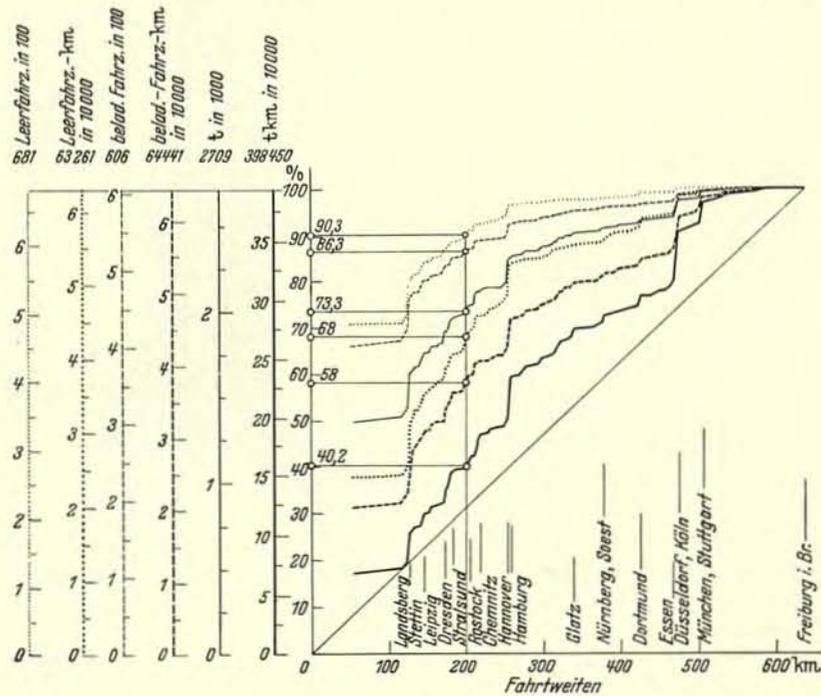


Abb. 18. Summenlinien für Verkehrswerte und Verkehrsleistungen des vom Verkehrsgebiet Berlin ausstrahlenden Verkehrs nach der Zusatzverkehrszählung für den Lastkraftwagenverkehr 1936/37.

nehmer zusammengeschlossen, die mit Kraftfahrzeugen über die Grenzen eines Gemeindebezirkes hinaus außerhalb eines Umkreises von 50 km für andere Stellen Güter befördern wollen. Dieser organisatorische Zusammenschluß des gewerblichen Güterfernverkehrs erleichtert die statistische Erfassung der Güterart. In Abb. 19 ist der im RKB-Verkehr für die Zeit vom 1. Juli 1937 bis zum 31. März 1938 ermittelte Warenausgang, unterteilt nach Versandgebieten und Güterhauptgruppen, in Säulenform graphisch dargestellt.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich bei den Straßenverkehrszählungen noch dadurch, daß sie sich zur Erzielung zuverlässiger Mittelwerte über einen längeren Zeitraum, meist 1 Jahr, erstrecken müssen, vor allem aber dadurch, daß die Auswertung selbst verhältnismäßig viel Zeit kostet. In Zeiten einer normalen Verkehrsentwicklung hat sich das Verkehrsbild dann schon wieder wesentlich verändert, wenn die Ergebnisse

der Zählung ausgewertet vorliegen. Zur Behebung der angedeuteten Schwierigkeiten müssen Verbesserungen in den Auswertungsmethoden angestrebt werden. Hierbei vermag das Lochkartenverfahren, etwa nach dem System von Hollerith, wertvolle Hilfe zu leisten. Dieses Verfahrens hat sich z. B. der Generalinspektor für das dänische Straßenwesen bei der Auswertung der dänischen Landesverkehrszählung 1939 bedient.

Nach dem Bericht über diese Verkehrszählung wurden zur Übertragung von rund 1,6 Mill. Einzelbeobachtungen 8400 Arbeitsstunden gebraucht, d. h. diese Arbeit konnte von 40 Personen in 5 Wochen bewältigt werden. Zur Lochung der Karten waren 33 Frauen einhalb Monat beschäftigt. Mit diesen Lochkarten kann man dann aber in wenigen Stunden oder Tagen maschinell jeden gewünschten Wert berechnen. Es sei ein Beispiel aus dieser vorbildlichen dänischen Verkehrserhebung angeführt, das zeigen soll, wie man aus derartigen Erhebungen auch für Neuplanungen wertvolle Unterlagen gewinnen kann. 38 Kreisstädte sollten daraufhin untersucht werden, ob das Bedürfnis zur Anlage einer Ortsumgehungsstraße besteht. Es sollte durch eine Verkehrsanalyse derjenige Anteil an Fahrzeugen bestimmt werden, der vermutlich ohne Aufenthalt die Städte durchfahren hat, der also wahrscheinlich eine Umgehungsstraße benutzt hätte, wenn sie schon vorhanden gewesen wäre. Bei der Verkehrserfassung waren auch die Zeiten mit schriftlich festgehalten worden, zu denen die Fahrzeuge die einzelnen Zählstellen durchfuhren. Im einzelnen ging man so vor, daß man die Lochkarten aller derjenigen Wagen maschinell aussortierte, die von den zwei Analysenposten beiderseits einer untersuchten Stadt erfaßt worden waren (vgl. Abb. 20). Dann wurden diese Karten nach dem Datum und der Uhrzeit maschinell geordnet. Das Ergebnis der Sortierung wurde hierauf in der Tabuliersmaschine automatisch auf einen 24 cm

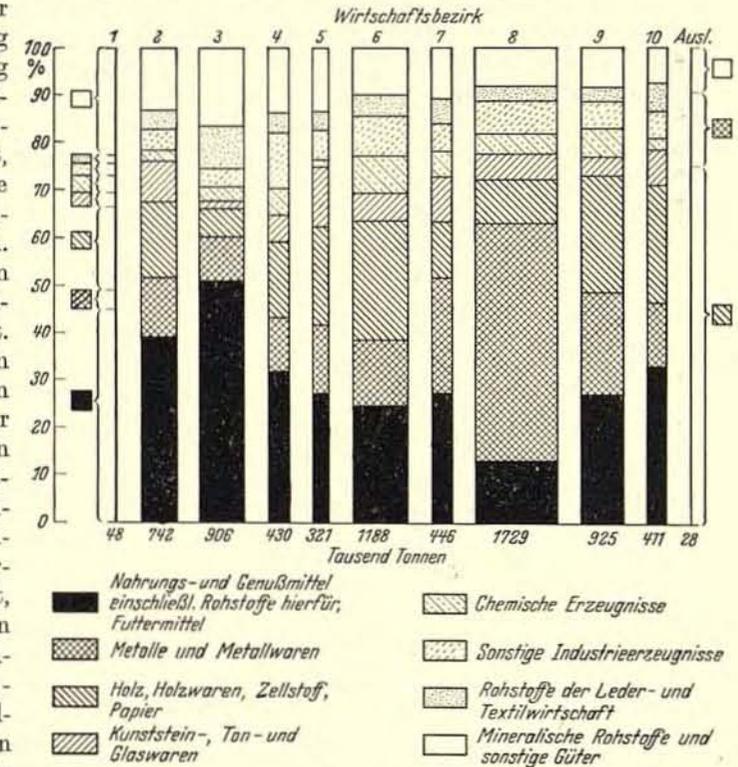


Abb. 19. Warenausgang im Verkehr des Reichskraftwagenbetriebsverbandes für die Zeit vom 1. Juli 1937 bis 31. März 1938, unterteilt nach Versandgebieten und Güterhauptgruppen.

Die Nummern über den Säulen bedeuten die folgenden Versandgebiete:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Ostpreußen.                        | 6. Mitteldeutschland.                   |
| 2. Brandenburg, Pommern, Mecklenburg. | 7. Mittelrheinische Wirtschaftsprovinz. |
| 3. Nordmark, Niederelbe.              | 8. Niederrhein, Westfalen.              |
| 4. Niederschlesien.                   | 9. Südwestdeutschland.                  |
| 5. Schlesien.                         | 10. Bayern.                             |

Städte durchfahren hat, der also wahrscheinlich eine Umgehungsstraße benutzt hätte, wenn sie schon vorhanden gewesen wäre. Bei der Verkehrserfassung waren auch die Zeiten mit schriftlich festgehalten worden, zu denen die Fahrzeuge die einzelnen Zählstellen durchfuhren. Im einzelnen ging man so vor, daß man die Lochkarten aller derjenigen Wagen maschinell aussortierte, die von den zwei Analysenposten beiderseits einer untersuchten Stadt erfaßt worden waren (vgl. Abb. 20). Dann wurden diese Karten nach dem Datum und der Uhrzeit maschinell geordnet. Das Ergebnis der Sortierung wurde hierauf in der Tabuliersmaschine automatisch auf einen 24 cm

breiten Papierstreifen niedergeschrieben. Zur Beurteilung der Durchfahrtszeit der Wagen durch die Stadt legte man eine Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h zugrunde. Für kleine Aufenthalte, etwa zum Zwecke des Tankens, wurde ein Zuschlag von 10 Min. angenommen. Bei einem gegenseitigen Abstand der Analysenposten von  $L$  km ergibt sich somit eine Durchfahrtszeit von  $T = (2L + 10)$  Min. Es wurde angenommen, daß alle diejenigen Fahrzeuge, welche eine Fahrtzeit zwischen den beiden Analysenposten benötigten, die kleiner oder gleich  $T$  war, eine Umgehungsstraße benutzt hätten. Dieser Verkehrsanteil wurde besonders dargestellt, wie es Abb. 20 erkennen läßt.

Die aus den Straßenverkehrszählungen gewonnenen Ergebnisse werden immer mehr zur Beurteilung der Bedeutung des einzelnen Straßenzuges herangezogen. So ist bekannt, daß die Straßenbauverwaltung des Landes Sachsen unter ihrem Leiter, dem Ministerialrat Dr.-Ing. Speck, nach dem ersten Weltkrieg die Ausbaumaßnahmen für das Straßennetz nach Maßgabe der Verkehrsbelastungen bestimmte.

Heute ist es vom Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen vorgeschrieben, daß in dem Erläuterungsbericht zum Entwurf für jeden Straßenum- oder Neubau die Verkehrsbelastungswerte auf Grund der Zählung des Jahres 1936/37 angegeben werden. Es erscheint jedoch zweckmäßig, die Ergebnisse der Verkehrszählungen den in der Praxis stehenden Straßenbauern noch näher zu bringen. Einen wertvollen Hinweis hierfür gibt die italienische

Verkehrszählung, bei der in der Veröffentlichung der Ergebnisse für die einzelnen Straßenzüge gleichzeitig die Deckenart und der Straßenzustand und außerdem der Fahrzeugbestand in den Teilgebieten angegeben ist. So hat jeder, der sich mit der Straßenunterhaltung zu befassen hat, die Möglichkeit, Straßenzustand und Verkehrsbelastung zu vergleichen. Man lernt auf diesem Wege die Lebensdauer der verschiedenen Straßendeckenarten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke kennen. Der Straßenbauingenieur erkennt dadurch noch mehr den Wert derartiger Zählungen und wird daher auch freudiger an der Zählung mithelfen, die er sonst leicht als lästig empfindet, vielleicht sogar als unwichtig ansieht.

Wenn derartige Verkehrszählungen in gewissen Zeitabständen wiederholt werden, so vermögen sie über die zeitliche Verkehrsentwicklung Aufschluß zu geben. Die deutschen Verkehrszählungen fanden in Abständen von vier Jahren statt: die erste 1924/25, die zweite 1928/29. 1932 wurde wegen des allgemeinen Verkehrsrückganges infolge der Wirtschaftskrise nur eine Zwischenverkehrszählung auf einigen wichtigen Straßen durchgeführt. 1936/37 folgte die dritte und bisher letzte deutsche Straßenverkehrszählung. In ihren Ergebnissen ist somit das Bild des deutschen Straßenverkehrs vor Ausbruch des jetzigen Krieges festgehalten.

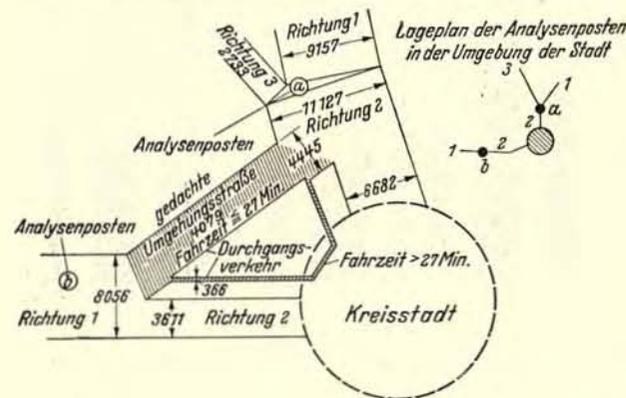


Abb. 20. Beispiel einer Verkehrsanalyse auf Grund der dänischen Straßenverkehrszählung. — Die eingetragenen Zahlen geben die Anzahl der Motorfahrzeuge für beide Richtungen an, die vom 3. bis 6. August 1939 in  $4 \times 16 = 64$  Stunden zwischen den Analysenposten gezählt wurden.

### Verfahren zur Vorausbestimmung der Verkehrsbelastung auf einem Straßennetz.

Alle vorstehend beschriebenen Zählungen halten einen bestimmten Verkehrszustand auf einem vorhandenen Straßennetz fest. Diese Verkehrsbelastungen einzelner Strecken sind abhängig von allen örtlichen Gegebenheiten, also auch vom Zustand der Straßendecke, von den Steigungs- und Krümmungsverhältnissen usw. Wenn man daher derartige Verkehrsbelastungen zur Begründung der Notwendigkeit und Dringlichkeit baulicher Maßnahmen zugrunde legt, so muß man bei der Schätzung der künftigen Verkehrsbelastung, d. h. der Verkehrsstärke nach dem Umbau, Vorsicht walten lassen. Schon die Verbesserung der Fahrbahn, etwa der Ersatz einer mit Schlaglöchern durchsetzten kieswassergebundenen Steinschlagdecke durch eine hochwertige Fahrbahnbefestigung, kann den Übergang eines erheblichen Verkehrsanteils von benachbarten parallelaufenden Straßen auf die neuausgebaute zur Folge haben und somit eine Änderung der aus der Zählung gewonnenen und für die Ausbaumaßnahmen zugrundegelegten Verkehrswerte in nicht abzuschätzendem Ausmaße verursachen.

Es erschien aber bisher ganz unmöglich, für ein engmaschiges Straßennetz die künftige Verkehrsbelastung im voraus abzuschätzen. Aus diesem Grunde mußte auch der Straßenverkehr bei Verkehrsplanungen in neu zu gestaltenden Räumen vernachlässigt werden. Der Straßenverkehr nimmt auch in dieser Beziehung eine Sonderstellung ein, denn beim Eisenbahnverkehr und beim Verkehr auf Wasserwegen bestehen diese Schwierigkeiten nicht, d. h. es kann hier aus den Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Wirtschaftsgebieten die Verkehrsbelastung der Eisenbahnen und Wasserstraßen ziemlich genau ermittelt werden, da es nur eine geringe Zahl derartiger Verbindungen gibt und der Verkehr von zentraler Stelle nach Fahrplänen geregelt wird. Der Vorteil des Landstraßenverkehrs, den jeder seiner Verkehrsteilnehmer in der Freizügigkeit und der Engmaschigkeit des Straßennetzes empfindet, bringt den Nachteil, daß der Straßenverkehr nur in ganz geringem Maße auf dem Wege zwischen Heimatort und Zielort verfolgt und dadurch auch eine künftige Verkehrsstruktur im Straßenverkehr kaum abgeschätzt werden kann. Nur im Straßennetz werden sich die Beziehungen zwischen den einzelnen Wirtschaftsgebieten ungefähr festlegen lassen. Auch hier ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß die Kraftfahrzeuge im Fernverkehr im wesentlichen die Hauptverkehrsstraßen, nämlich die Reichsstraßen und Reichsautobahnen, benutzen werden. Diese Straßenzüge sind ja nach einheitlichen Gesichtspunkten geführt und ausgebaut. Die Fahrer brauchen mit Unstetigkeiten, wie starken Neigungen, schlechten Straßenstrecken usw., nur selten zu rechnen und werden mit einer gewissen Sicherheit die erforderlichen Betriebsanlagen, wie Tankstellen, Ausbesserungswerkstätten und Gasthäuser, im Zuge dieser Straßen vorfinden.

Über den Fernverkehr im Landstraßennetz lagert sich aber der Nahverkehr, der die Ermittlung des künftigen Verkehrsbildes sehr erschwert. Der rein landwirtschaftliche Verkehr folgt den Gesetzen der „bäuerlichen Statik“, wie es Pirath ausdrückt. Die Gutsgröße, die zugehörige Landfläche, die Einwohnerzahl und die zur Bestellung erforderliche Anzahl an Geräten, Fahrzeugen und Zugtieren, liegen mit geringen Abweichungen für größere Zeiträume fest. Nur Einflüsse der „industriellen Dynamik“ vermögen dieses Bild grundlegend zu ändern. So wird z. B. die Einführung von Motorpflügen und Kraftwagen in der Landwirtschaft eines Gebietes die Verkehrsbelastung des Straßennetzes verschieben.

Ähnlich lassen sich auch im Radverkehr, soweit er Pendelverkehr zwischen Wohn- und Arbeitsstätte darstellt, die täglich eingeschlagenen Wege ziemlich genau

festlegen. Als charakteristisch ergibt sich hier meist ein Stoßverkehr zur Arbeitsstätte vor Arbeitsbeginn und zur Wohnstätte nach Feierabend. Die hierdurch bedingte Spitzenbelastung der Straßen durch Radfahrer kann die Anlage besonderer Radwege notwendig machen.

Sobald aber die „industrielle Dynamik“ im Vergleich zur „bäuerlichen Statik“ überwiegt, wird es immer schwieriger, den Weg jedes einzelnen Fahrzeuges zwischen Ausgangs- und Zielort zu verfolgen. Der zur Bestimmung der künftigen Verkehrsbelastung von Wasserwegen und bis zu gewissem Grade auch von Eisenbahnen übliche Weg, nämlich die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Wirtschaftszentren im Verkehr zu ermitteln und die Einzelfahrzeuge auf ihren Wegen vom Ausgangs- zum Zielort zu verfolgen und statistisch festzuhalten, führt also bei der Vorausbestimmung der Verkehrsbelastung im Landstraßenverkehr allein nicht zum Ziel. Wie gezeigt wurde, stellen sich hier Schwierigkeiten bei der statistischen Erhebung und bei der Auswertung ein.

Trotz der geschilderten Schwierigkeiten kann aber nicht auf eine möglichst genaue Vorausbestimmung der Verkehrsbelastung jeder einzelnen Straßenstrecke verzichtet werden, da diese für die Führung der Straßen, für die Festlegung der Straßenbreiten und für die Wahl der Befestigungsart bekannt sein muß. Es wurde daher ein neues Verfahren entwickelt, das auf korrelativen Zusammenhängen zwischen dem Verkehr und allen Größen, die Einfluß auf seine Stärke haben, aufbaut. Dabei ist es das Ziel, den lebendigen Verkehr nach der Fahrzeug- und Tonnenzahl aus den „ruhenden“ und daher statistisch leichter zu erfassenden Werten, z. B. dem Fahrzeugbestand und der Bevölkerungsdichte, herzuleiten. Über dieses Verfahren und seine Anwendung auf ein Beispiel soll nunmehr berichtet werden. Ausführlich ist es in der Zeitschrift „Raumforschung und Raumordnung“ 6. Jahrgang, Heft 8/9, S. 237 beschrieben. Die Aufgabe besteht zunächst darin, das Verkehrsbild eines Gebietes in seinem ganzen Umfang zu erfassen. Als zweckmäßiger Maßstab für den Verkehr auf dem Straßennetz eines Gebietes wird der „mittlere Verkehr des Gebietes“ herangezogen. Darunter ist die Tonnen- oder Fahrzeuganzahl zu verstehen, die sich ergibt, wenn man für alle erfaßten Landstraßen des Gebietes eine durchschnittliche Verkehrsbelastung annimmt. Dieser mittlere Verkehr stellt ein gutes Charakteristikum für das ganze Gebiet dar. Er wird zahlenmäßig in einem einzigen Wert mit der Dimension Tonnen je Kilometer täglich oder Fahrzeuge je Kilometer täglich ausgedrückt. (Durch diese Mittelbildung werden natürlich die Abweichungen von dem Mittelwert nach oben und unten zunächst verwischt.)

Die folgenden Größen beeinflussen und bestimmen in verschiedenem Ausmaße den Verkehr auf dem Landstraßennetz eines Gebietes:

1. Die Bevölkerung, deren soziale, berufliche und wirtschaftliche Gliederung sowie deren Dichte. Abb. 21 zeigt für 176 Zählgebiete der ersten deutschen Verkehrszählung vom Jahre 1924/25 den Zusammenhang zwischen dem Fuhrwerksverkehr und dem Bevölkerungsanteil an Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei.
2. Der Fahrzeugbestand des untersuchten Gebietes, aber bis zu gewissem Grade auch der Fahrzeugbestand der benachbarten und weiter entfernt gelegenen Gebiete, und zwar die Art der Fahrzeuge, deren Anzahl, Gewicht und Abmessungen.
3. Die Größe des betrachteten Gebietes.
4. Die Länge der vorhandenen und vorgesehenen Straßen, der Zustand der Straßendecken und die Gestalt der Straßen in Grundriß, Quer- und Längsschnitt.
5. Die übrigen Verkehrsmittel (Eisenbahn, Wasser- und Luftverkehr).
6. Die geographische Lage und die Gestalt des Gebietes.

Wie weit der zunächst nur qualitativ erkannte Einfluß dieser Faktoren sich quantitativ auswirkt, läßt sich mit Hilfe der Methoden der Häufigkeits- und Korrelationsrechnung feststellen. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methoden ist das Vorhandensein genügenden statistischen Materials. Über den Verkehr auf den Reichs- und Landstraßen im Reich liegt in dem vom Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen herausgegebenen Werke „Der Kraftverkehr auf Reichsauto-

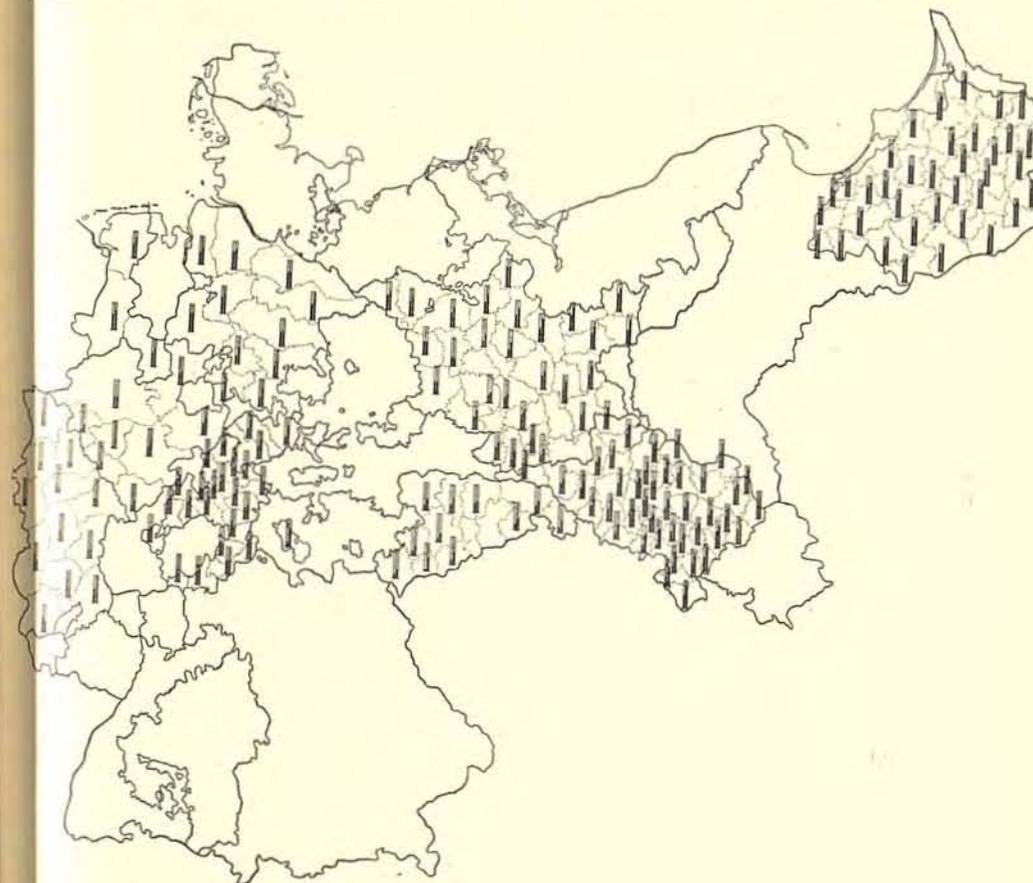


Abb. 21. Zusammenhang zwischen dem Fuhrwerksverkehr in t und dem Bevölkerungsanteil an Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei für 176 Zählgebiete der ersten deutschen Straßenverkehrszählung im Jahre 1924/25. — Linke Ordinaten: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei in % von der gesamten berufszugehörigen Wohnbevölkerung. Rechte Ordinaten: Mittlerer Verkehr der bespannten Fahrzeuge (Tonnen) in % vom Gesamtverkehr.

bahnen, Reichs- und Landstraßen im Dritten Reich“ sehr umfangreiches Material vor. In diesem Buche sind die Ergebnisse der dritten deutschen Straßenverkehrszählung niedergelegt. Über alle übrigen siedlungspolitischen Werte gibt das Statistische Jahrbuch für das Deutsche Reich Aufschluß. Die Korrelationsrechnung liefert aus diesen statistischen Unterlagen für die zunächst nur qualitativ erkannten Zusammenhänge, wie im folgenden gezeigt werden wird,

1. einen quantitativen Maßstab,
2. eine mathematische Beziehungsgleichung und dadurch

3. die Möglichkeit einer Extrapolation, d. h. man kann die berechneten Zusammenhänge unter bestimmten Voraussetzungen auf ein neu zu erschließendes Gebiet übertragen oder für ein gegebenes Straßennetz die künftige Stärke des Verkehrs abschätzen.

Zur Methode selbst braucht hier nur kurz der Korrelationskoeffizient erklärt zu werden. Dieser Koeffizient ist so aufgebaut, daß er den Wert Null annimmt wenn zwischen den Reihen zweier Größen keinerlei Beziehung besteht. Der Koeffizient wird gleich 1, wenn die korrelative Beziehung zum Gesetz wird. Ein Gesetz ist umkehrbar, eine Korrelation nicht, d. h. bei gesetzmäßiger Abhängigkeit kann man ohne weiteres von einer Abhängigen auf die andere schließen, bei der Korrelation nur in gewissen Grenzen. Voraussetzung für die Aufstellung von Korrelationen zwischen Beobachtungsreihen ist, daß möglichst viel Werte vorliegen, daß der „Kollektivumfang“ möglichst groß ist.

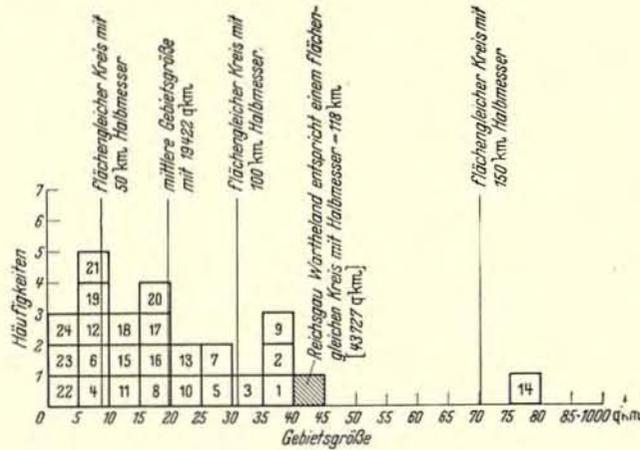


Abb. 22. Flächengrößen der Länder und preußischen Provinzen in Stufen von 5000 qkm (Stand vom 1. Januar 1937).

Nr.	Gebiet	Nr.	Gebiet
1.	Ostpreußen.	13.	Rheinprovinz.
2.	Brandenburg.	14.	Bayern.
3.	Pommern.	15.	Land Sachsen.
4.	Grenzmark Posen-Westpreußen	16.	Württemberg.
5.	Niederschlesien.	17.	Baden.
6.	Oberschlesien.	18.	Thüringen.
7.	Provinz Sachsen.	19.	Land Hessen.
8.	Schleswig-Holstein.	20.	Mecklenburg.
9.	Hannover.	21.	Oldenburg.
10.	Westfalen.	22.	Braunschweig.
11.	Hessen-Nassau, Kassel.	23.	Anhalt.
12.	Hessen-Nassau, Wiesbaden.	24.	Saarland.

und preußischen Provinzen des Altreiches aufgestellt werden. Statt der Namen der Gebiete sind in den im folgenden gezeigten graphischen Darstellungen aus Gründen besserer Übersichtlichkeit die laufenden Nummern nach der vorstehenden Zusammenstellung angegeben.

In Abb. 22 sind die in die Untersuchung einbezogenen Gebiete in schematischer Darstellung in Stufen von 5000 zu 5000 qkm Gebietsgröße eingetragen. Die in die Quadrate eingeschriebenen Nummern geben die Gebiete an. Zum Vergleich ist die mittlere Größe aller Gebiete mit 19 422 qkm angegeben. Ebenso sind die Flächengrößen flächengleicher Kreise mit einer Reichweite (Aktionsradius) von 50, 100 und 150 km eingetragen. Man erkennt, daß die im Gebiete beheimateten und im Schwerpunkt vereinigt

gedachten Fahrzeuge im wesentlichen innerhalb des Aktionsradius im betreffenden Gebiete bleiben und dadurch die Verkehrsbelastung des Gebietes in der Hauptsache bestimmen werden. Der Fuhrwerksverkehr hat einen noch kleineren Aktionsradius. Man hat also bessere korrelative Zusammenhänge zu erwarten, als wenn kleinere Verwaltungsgebiete, etwa die Landkreise, untersucht worden wären, da dann die in den einzelnen Bezirken beheimateten Fahrzeuge das Verkehrsgrößenmittel der benachbarten Bezirke stärker beeinflussen würden.

Fernerhin ergaben die Voruntersuchungen, daß eine bessere Korrelation zu erwarten ist, wenn die mittlere Verkehrsbelastung nach der Fahrzeuganzahl, nicht nach der Tonnenzahl verwendet wird. Die Höhe der mitgeführten Nutzlast ist nämlich wiederum von der Wirtschaftsstruktur abhängig und bedeutet eine weitere Korrelation.

Die zahlenmäßige Berechnung lieferte einen totalen Korrelationskoeffizienten  $R = 0,953$ . Daraus ist zu erkennen, daß ein sehr guter korrelativer Zusammenhang zwischen den fünf Größen besteht. Es ergab sich die folgende Beziehungsgleichung:

Man hat also nun die Möglichkeit, mit Hilfe der berechneten Beziehungsgleichung aus den Größen  $X_2$  bis  $X_5$  jedes Gebietes dessen mittleren Verkehr  $X_1$  zu berechnen. Es bleibt nur noch zu prüfen, wie groß die Abweichungen bei der Anwendung der Beziehungsgleichung sind. In Abb. 23 sind in der Reihenfolge der Numerierung der Gebiete die Verkehrsgrößenwerte eingetragen, und zwar einmal die Ausgangswerte  $X_{1A}$ , die bei der Verkehrszählung gewonnen wurden und im Bild durch eine ausgezogene Linie verbunden sind, und zum andern die Werte  $X_{1B}$ , die sich aus der Beziehungsgleichung durch Berechnung ergaben und durch eine gestrichelte Linie verbunden wurden. Man erkennt, daß die beiden Linien sehr gut übereinstimmen, was bei dem hohen totalen Korrelationskoeffizienten  $R$  zu erwarten war. Die größte Abweichung beträgt 15%. Man ist hiernach also berechtigt und hat die Möglichkeit, auch für ein anderes Gebiet mit Hilfe der aufgestellten Beziehungsgleichung aus den entsprechenden Größen  $X_2$  bis  $X_5$  dessen mittleren Verkehr  $X_1$  zu berechnen.

Das Verfahren hat aber zum Ziel, von dem Mittelwert, der aus den angegebenen „ruhenden“ Größen mit Hilfe der abgeleiteten Beziehungsgleichung berechnet wurde, für jeden einzelnen Straßenzug die Belastung festzulegen. Zu diesem Zwecke müssen die Mittelwerte des Verkehrs nach den Mittelwerten des Verkehrs auf den Reichsstraßen und auf den Landstraßen I. Ordnung aufgespaltet werden. Abb. 24 zeigt diesen Zusammenhang nach der Fahrzeuganzahl. Der Korrelationskoeffizient liegt mit  $R = 0,891$  sehr hoch. Die Formel der ausgleichenden Geraden ist in Abb. 24 angegeben. Abb. 25 zeigt dieselben Beziehungen für die Verkehrsgrößenmittel nach der Tonnenzahl. Der Korrelationskoeffizient ergibt sich hier zu  $r = 0,853$ .

gedachten Fahrzeuge im wesentlichen innerhalb des Aktionsradius im betreffenden Gebiete bleiben und dadurch die Verkehrsbelastung des Gebietes in der Hauptsache bestimmen werden. Der Fuhrwerksverkehr hat einen noch kleineren Aktionsradius. Man hat also bessere korrelative Zusammenhänge zu erwarten, als wenn kleinere Verwaltungsgebiete, etwa die Landkreise, untersucht worden wären, da dann die in den einzelnen Bezirken beheimateten Fahrzeuge das Verkehrsgrößenmittel der benachbarten Bezirke stärker beeinflussen würden.

Fernerhin ergaben die Voruntersuchungen, daß eine bessere Korrelation zu erwarten ist, wenn die mittlere Verkehrsbelastung nach der Fahrzeuganzahl, nicht nach der Tonnenzahl verwendet wird. Die Höhe der mitgeführten Nutzlast ist nämlich wiederum von der Wirtschaftsstruktur abhängig und bedeutet eine weitere Korrelation.

Die zahlenmäßige Berechnung lieferte einen totalen Korrelationskoeffizienten  $R = 0,953$ . Daraus ist zu erkennen, daß ein sehr guter korrelativer Zusammenhang zwischen den fünf Größen besteht. Es ergab sich die folgende Beziehungsgleichung:

$$X_1 = 32,83 \frac{X_2^{0,717} \cdot X_3^{0,139} \cdot X_5^{0,095}}{X_4^{0,998}}$$

Man hat also nun die Möglichkeit, mit Hilfe der berechneten Beziehungsgleichung aus den Größen  $X_2$  bis  $X_5$  jedes Gebietes dessen mittleren Verkehr  $X_1$  zu berechnen. Es bleibt nur noch zu prüfen, wie groß die Abweichungen bei der Anwendung der Beziehungsgleichung sind. In Abb. 23 sind in der Reihenfolge der Numerierung der Gebiete die Verkehrsgrößenwerte eingetragen, und zwar einmal die Ausgangswerte  $X_{1A}$ , die bei der Verkehrszählung gewonnen wurden und im Bild durch eine ausgezogene Linie verbunden sind, und zum andern die Werte  $X_{1B}$ , die sich aus der Beziehungsgleichung durch Berechnung ergaben und durch eine gestrichelte Linie verbunden wurden. Man erkennt, daß die beiden Linien sehr gut übereinstimmen, was bei dem hohen totalen Korrelationskoeffizienten  $R$  zu erwarten war. Die größte Abweichung beträgt 15%. Man ist hiernach also berechtigt und hat die Möglichkeit, auch für ein anderes Gebiet mit Hilfe der aufgestellten Beziehungsgleichung aus den entsprechenden Größen  $X_2$  bis  $X_5$  dessen mittleren Verkehr  $X_1$  zu berechnen.

Das Verfahren hat aber zum Ziel, von dem Mittelwert, der aus den angegebenen „ruhenden“ Größen mit Hilfe der abgeleiteten Beziehungsgleichung berechnet wurde, für jeden einzelnen Straßenzug die Belastung festzulegen. Zu diesem Zwecke müssen die Mittelwerte des Verkehrs nach den Mittelwerten des Verkehrs auf den Reichsstraßen und auf den Landstraßen I. Ordnung aufgespaltet werden. Abb. 24 zeigt diesen Zusammenhang nach der Fahrzeuganzahl. Der Korrelationskoeffizient liegt mit  $R = 0,891$  sehr hoch. Die Formel der ausgleichenden Geraden ist in Abb. 24 angegeben. Abb. 25 zeigt dieselben Beziehungen für die Verkehrsgrößenmittel nach der Tonnenzahl. Der Korrelationskoeffizient ergibt sich hier zu  $r = 0,853$ .

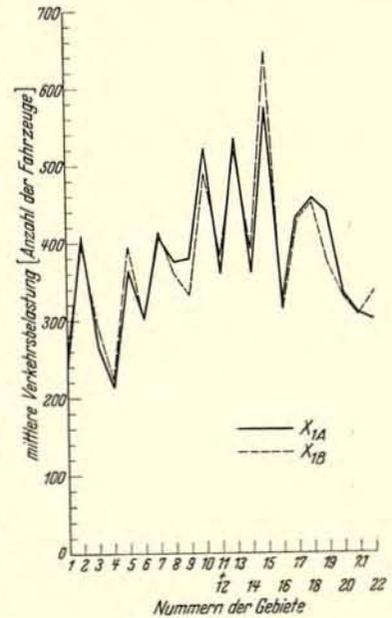


Abb. 23. Mittlere Verkehrsbelastung (Fahrzeuganzahl) in 21 Ländern und preußischen Provinzen. — Vergleich der Ausgangswerte  $X_{1A}$  mit den berechneten Werten  $X_{1B}$ .

Die nächste Abb. 26 zeigt den Zusammenhang zwischen der Fahrzeuganzahl und dem Bruttogewicht auf den Reichsstraßen. Man erkennt, daß der Mittelwert bei 2,41 t/Fahrzeug liegt und in den engen Grenzen zwischen 2,0 und 2,9 t/Fahrzeug schwankt. Abb. 27 gibt dieselbe Beziehung für die Landstraßen I. Ordnung wieder. Der Mittelwert

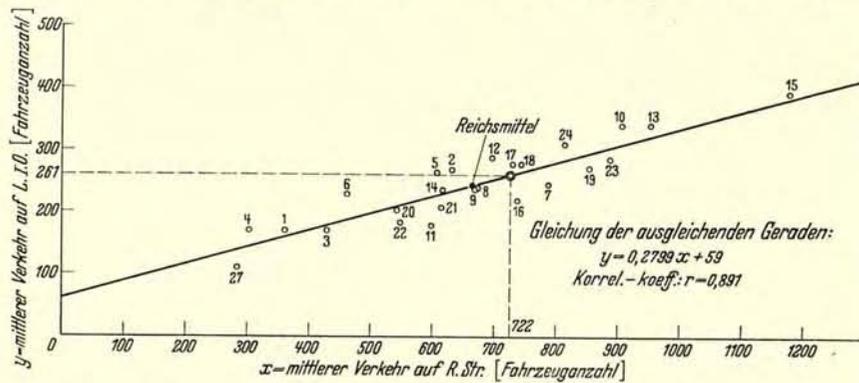


Abb. 24. Beziehung zwischen dem mittleren Verkehr auf den Reichsstraßen und dem mittleren Verkehr auf den Landstraßen I. Ordnung (Fahrzeuganzahl).

liegt bei den Landstraßen I. Ordnung mit 2,17 t/Fahrzeug unter demjenigen für die Reichsstraßen. Die Erklärung hierfür ist in der Tatsache zu suchen, daß die Landstraßen I. Ordnung weniger zügig als die Reichsstraßen trassiert sind, vor allem aber auch schlechtere Straßendecken haben.

Um nun vom Mittelwert der Verkehrsbelastung eines Gebietes auf die Belastung der einzelnen Straßenstrecken schließen zu können, müssen die durch die Verkehrs-

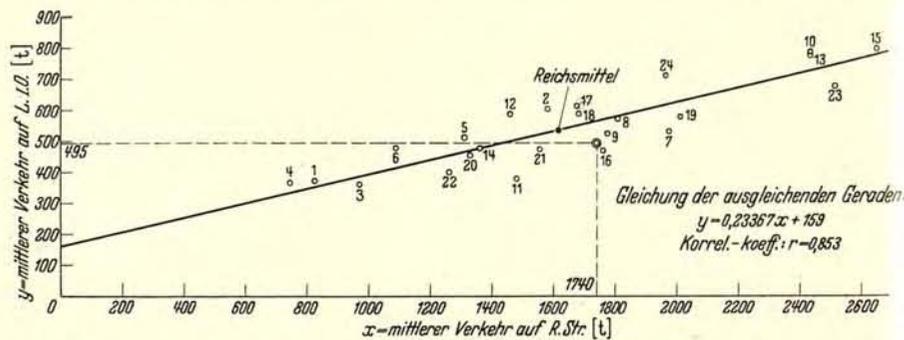


Abb. 25. Beziehung zwischen dem mittleren Verkehr auf den Reichsstraßen und dem mittleren Verkehr auf den Landstraßen I. Ordnung (Tonnen).

zählung für die Gebiete des Altreiches gefundenen anteiligen Straßenstrecken an den einzelnen Belastungshöhen untersucht werden. Zu diesem Zwecke wurden in den Abb. 28 und 29 die anteiligen Straßenlängen an den einzelnen Belastungsstufen dargestellt. Auf der Abszissenachse sind die Laststufen nach Tonnen, auf der Ordinate die %-Werte der zwischen 1 t und der betreffenden Laststufe liegenden anteiligen Straßenlängen aufgetragen. Die auf diese Weise erhaltenen Summenlinien ähneln z. B. den Sieblinien der Korngemische bei Betonzuschlägen und begrenzen auch hier einen bestimmten Bereich. Dieser ist bei den Landstraßen I. Ordnung enger als bei den Reichsstraßen.

In den beiden Abbildungen ist in stärkerer Linie die Summenlinie für den Reichsdurchschnitt eingetragen. Wie aus Abb. 30 zu erkennen ist, besteht zwischen der Summen-

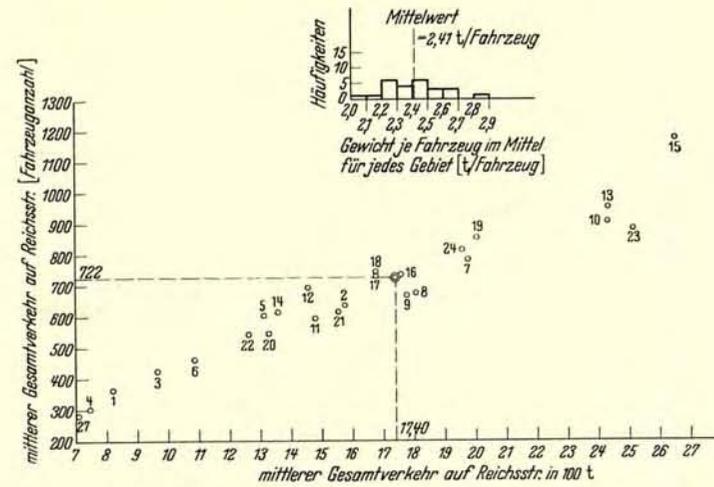


Abb. 26. Beziehung zwischen dem mittleren Gesamtverkehr (t) und dem mittleren Gesamtverkehr (Fahrzeuganzahl) auf den Reichsstraßen.

linie und dem Werte des mittleren Verkehrs die folgende einfache mathematische Beziehung: der Mittelwert liegt zur Summenlinie so, daß die schraffierten Flächen beiderseits des Mittelwertes gleich groß sind. Eindeutig könnte dann vom Mittelwert auf die

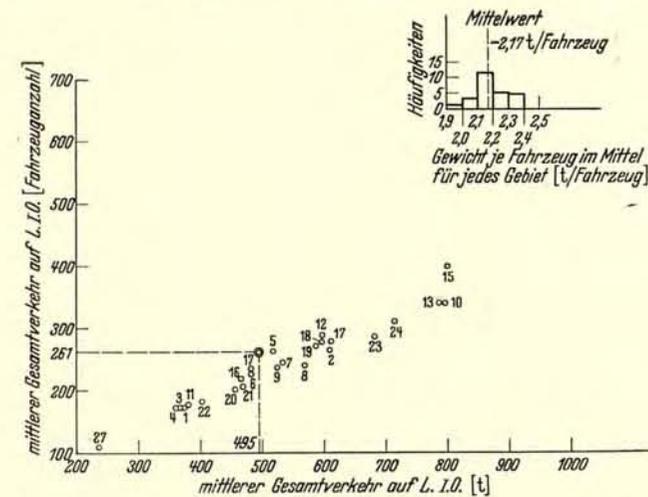


Abb. 27. Beziehung zwischen dem mittleren Gesamtverkehr (t) und dem mittleren Gesamtverkehr (Fahrzeuganzahl) auf den Landstraßen I. Ordnung.

Form der Summenlinie und damit auf die anteiligen Straßenlängen an den einzelnen Belastungsstufen geschlossen werden, wenn einmal für alle Summenlinien der größte Abszissenwert, d. h. die höchste Laststufe, der gleiche wäre, und außerdem die Form

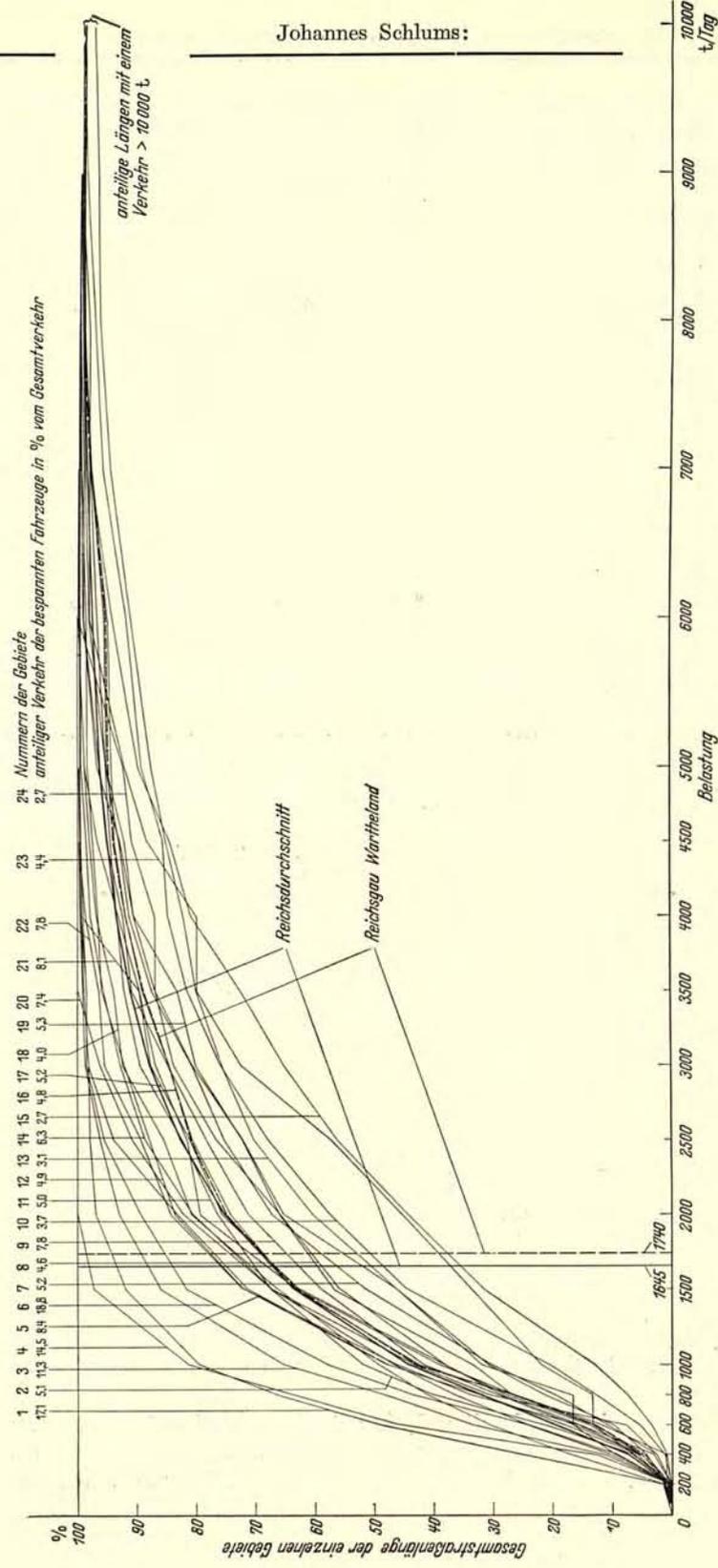


Abb. 28. Anteilige Längen der Reichsstraßen an den einzelnen Belastungsstufen in Tonnen in den Ländern und preußischen Provinzen (Summenlinie).

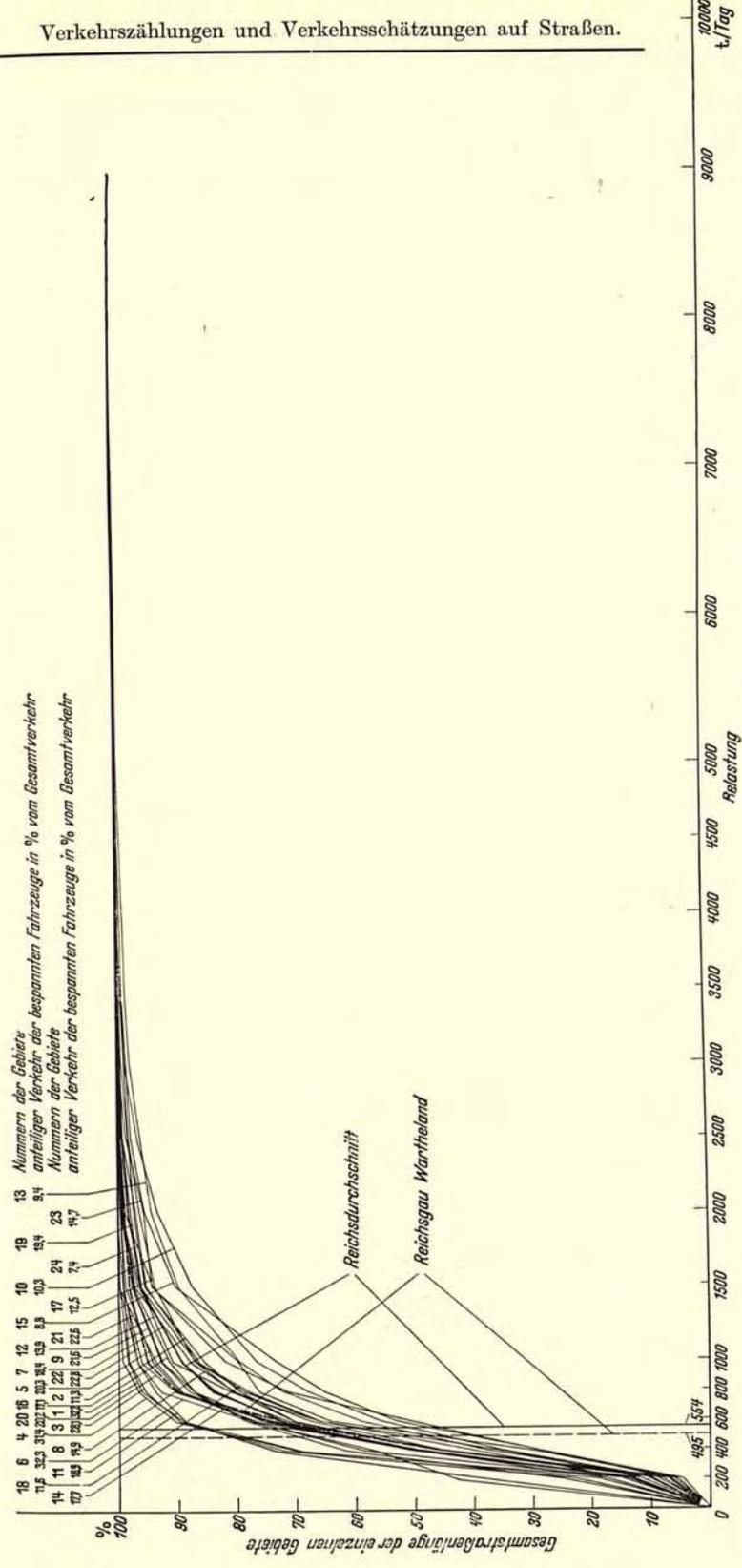


Abb. 29. Anteilige Längen der Landstraßen I. Ordnung an den einzelnen Belastungsstufen in Tonnen in den Ländern und preußischen Provinzen (Summenlinie).

der Summenlinie sich durch eine stetige mathematische Funktion ausdrücken ließe. Beides ist infolge der vielerlei möglichen, oft örtlich bedingten Einflüsse auf den Verkehr nicht der Fall. Immerhin lassen die Abb. 28 und 29 erkennen, daß

1. die Summenlinien im großen und ganzen einer gewissen einheitlichen Tendenz folgen,
2. nur geringe %-Beträge über eine maximale Belastungsstufe, die hier mit 10 000 t/Tag festgelegt wurde, hinausgreifen und
3. die verschiedenen Summenlinien, wie schon erwähnt, innerhalb eines gewissen Bereiches liegen, der bei den Reichsstraßen weiter als bei den Landstraßen I. Ordnung ist.

Ohne hier näher darauf einzugehen, sei nur erwähnt, daß der anteilige Verkehr der bespannten Fahrzeuge am Gesamtverkehr ein gutes Kriterium für die Form der Summenlinien und für deren Abweichung von der mittleren Summenlinie ist.

An Hand der Abb. 28 und 29 ist es also möglich, aus der mittleren Verkehrsbelastung auf die anteiligen Straßenlängen an den einzelnen Belastungsstufen zu schließen.

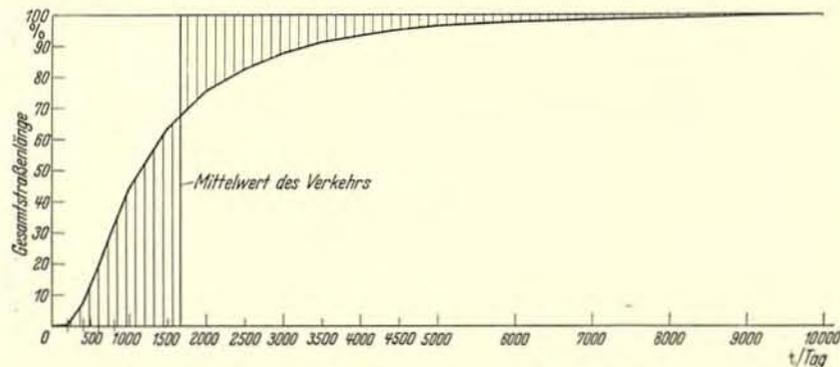


Abb. 30. Beziehung zwischen Summenlinie und Mittelwert.

Die für ein bestimmtes, vorher berechnetes Verkehrsgrößenmittel aus der Summenlinie gewonnenen Anteile der Straßenlängen mit verschiedener Verkehrsbelastung müssen nun noch geographisch verteilt, d. h. den einzelnen Straßenzügen des untersuchten Gebietes zugeschrieben werden. Diese Aufgabe stellt eigentlich eine Gleichung mit sehr vielen Unbekannten dar. Zu ihrer Lösung muß daher die entsprechende Anzahl von Nebenbedingungen erfüllt sein.

Schon bei flüchtiger Betrachtung einer Verkehrskarte erkennt man, daß die statische Verkehrsbelastung der Straßen in der Nähe der Städte stärker ist. Weiterhin kann man leicht für Einzelfälle feststellen, daß gleich große Städte oft eine verschiedene Zahl von Ausfallstraßen besitzen. Man erkennt hieraus, daß bei zwei Städten mit gleich großer Einwohnerzahl und gleicher Wirtschaftsstruktur, für die sich also auch ein gleich starker, insgesamt ausstrahlender Verkehr ergeben wird, der einzelne Straßenzug bei derjenigen der beiden Städte im Durchschnitt geringer belastet sein wird, die mehr Ausfallstraßen besitzt. Ich habe bereits früher gezeigt, daß der von den Städten und Gemeinden insgesamt ausstrahlende Verkehr, d. h. die Summe der Verkehrsbelastungen am Rande der Städte, in guter Korrelation mit der Gesamtbevölkerung der betreffenden Städte steht.

Darüber hinaus müssen örtlich bedingte Eigenheiten berücksichtigt werden, also besonders gute oder schlechte Straßendecken, außergewöhnlich dichte

Besiedlung, Industriewerke, Kasernen usw. Hierdurch erhält man Anhaltspunkte für die Verteilung des insgesamt von einer Stadt ausstrahlenden Verkehrs auf die einzelnen Ausfallstraßen. Nach den folgenden vier Richtlinien lassen sich die Straßenlängen mit den verschiedenen Belastungen geographisch verteilen:

1. Der insgesamt ausstrahlende Verkehr ist etwa der Gesamtbevölkerung der Stadt proportional.
2. Der insgesamt ausstrahlende Verkehr muß nach den örtlichen Gegebenheiten anteilig auf die verschiedenen Ausfallstraßen verteilt werden.
3. Die statische Verkehrsbelastung klingt mit der Entfernung von der Stadt ab.
4. An Straßengabelungen ergeben sich gewisse „Knotenpunktsbedingungen“, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Zur praktischen Durchführung dieser Arbeit empfiehlt es sich, die anteiligen Längen jeder Belastungsstufe im Längenmaßstab der Karte als Papierstreifen verschiedener Breite herzustellen und dann streckenweise aufzuzwecken. Dadurch wird auch eine Überarbeitung der so entwickelten Karte des wahrscheinlichen Verkehrs möglich, denn diese Verteilung der anteiligen Straßenlängen verschiedener Laststufen muß überprüft und verbessert werden. Eine Hilfe hierzu bietet Abb. 31. Dort ist für 42 Städte des Altreiches der ausstrahlende Verkehr auf Grund der

Verkehrszählung 1936/37 in Abhängigkeit von der Gesamtbevölkerung aufgetragen. Die Werte sind durch kleine Ringe gekennzeichnet. Entsprechend werden die Werte

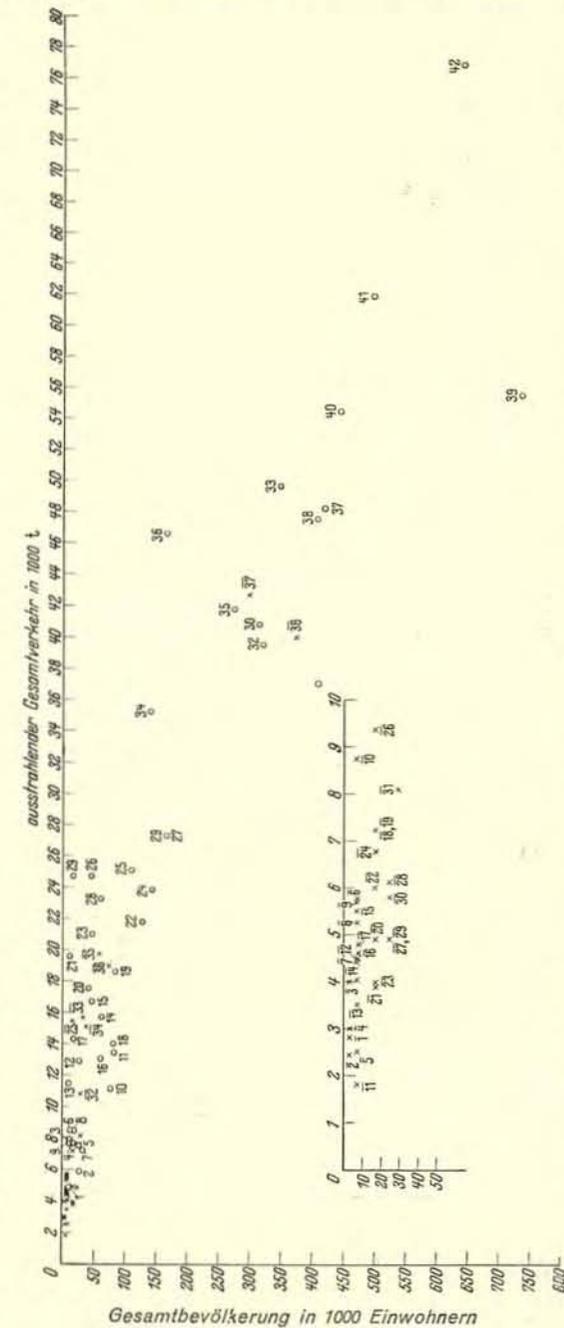


Abb. 31. Beziehung zwischen dem ausstrahlenden Gesamtverkehr in Tonnen und der Gesamtbevölkerung für 42 Städte des Altreiches (O) und für 38 Städte des Reichsgaues Wartheland (X).

des Gebietes, für das die Karte des wahrscheinlichen Verkehrs entworfen wird, in die Abbildung eingetragen. Diese Werte sind durch kleine Kreuze gekennzeichnet. Es läßt sich so nachprüfen, ob sich die Werte der Tendenz des Altreiches anpassen. Liegt der

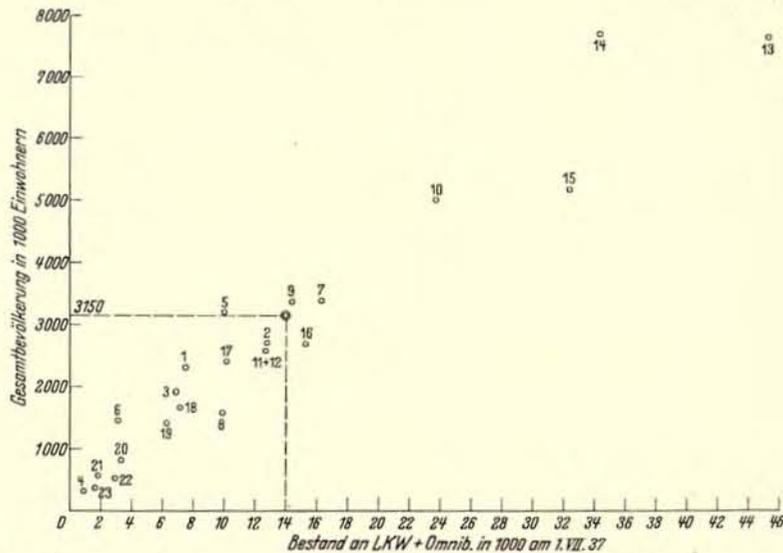


Abb. 32. Beziehung zwischen Gesamtbevölkerung und Bestand an Lastkraftwagen und Omnibussen in den Ländern und preußischen Provinzen nach dem Stand vom 1. Juli 1937.

Punkt für eine Stadt außerhalb der Gesetzmäßigkeit, so muß festgestellt werden, ob hierfür in der Wirtschaftsstruktur oder einem anderen Einfluß die Begründung zu finden ist. Ist dies nicht der Fall, so muß die ursprünglich vorgesehene Verkehrsbelastung am

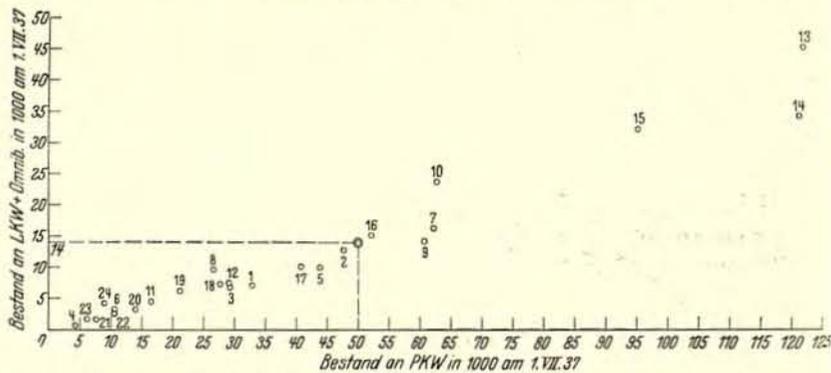


Abb. 33. Beziehung zwischen dem Bestand an Lastkraftwagen und Omnibussen und dem Bestand an Personenkraftwagen in den Ländern und preußischen Provinzen nach dem Stand vom 1. Juli 1937.

Rande dieser Stadt geändert werden, und zwar, um das Verkehrsgrößenmittel konstant zu halten, unter gleichzeitiger Änderung der Belastung anderer Straßenteile.

Darüber hinaus wurden noch die folgenden Korrelationen untersucht:

Abb. 32 vergleicht die Gesamtbevölkerung jedes Gebietes mit seinem Bestand an Lastkraftwagen und Omnibussen nach dem Stand vom 1. Juli 1937. Man erkennt ein

lineares Abhängigkeitsverhältnis mit geringer Streuung. Der Korrelationskoeffizient ergibt sich zu 0,973, liegt also sehr hoch.

Den Zusammenhang zwischen dem Bestand an Lastkraftwagen und Omnibussen am 1. Juli 1937 einerseits und dem Bestand an Personenkraftwagen am 1. Juli 1937 andererseits zeigt Abb. 33. Auch er verläuft angenähert linear.

Abb. 34 vergleicht den Bestand an Personenkraftwagen am 1. Juli

1937 mit dem Bestand an Krafträdern am 1. Juli 1937. Hier zeigt sich ebenfalls eine geradlinige Zunahme ohne große Streuung.

Abb. 35 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bevölkerungsanteil an Industrie, Handwerk, Handel und Verkehr in % von der Gesamtbevölkerung und der Bevölkerungsdichte. Es zeigt sich ein gewisser Mindestwert, der etwa bei 32% liegt, und ein Sättigungswert bei etwa 68%.

Ich fasse das Verfahren nochmals kurz zusammen: Zur Vorausbestimmung des wahrscheinlichen Verkehrs auf einem engmaschigen Straßennetz sind die folgenden Schritte nötig:

1. Berechnung des mittleren Verkehrs eines Gebietes nach der Fahrzeuganzahl für Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung zusammen aus korrelativen Beziehungen zwischen den Verkehrsgrößen einerseits und dem Fahrzeugbestand, der Flächengröße, der Länge der Straßen sowie der Gesamtbevölkerung andererseits.
2. Berechnung des mittleren Verkehrs nach der Fahrzeuganzahl für Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung getrennt.
3. Berechnung des mittleren Verkehrs nach der Tonnenzahl.
4. Berechnung der anteiligen Straßenslängen an den einzelnen Belastungsstufen.
5. Bestimmung der Verkehrsbelastung jeder einzelnen Straßens Strecke unter Berücksichtigung der Einwohnerzahlen der Städte und anderer örtlicher, die Verkehrsstärke mitbestimmender Gegebenheiten.

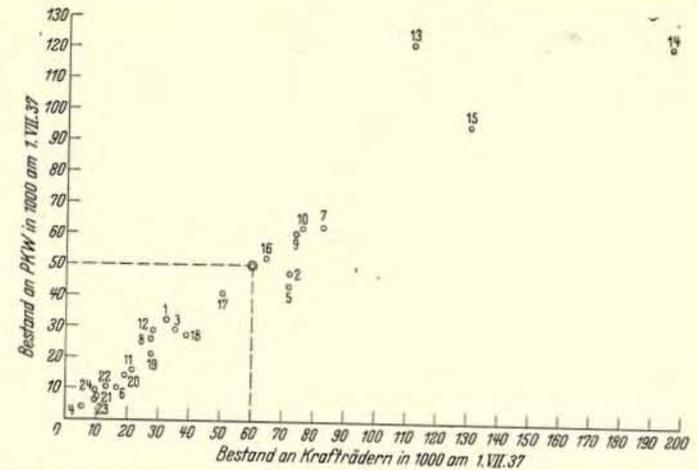


Abb. 34. Beziehung zwischen dem Bestand an Personenkraftwagen und dem Bestand an Krafträdern in den Ländern und preußischen Provinzen nach dem Stand vom 1. Juli 1937.

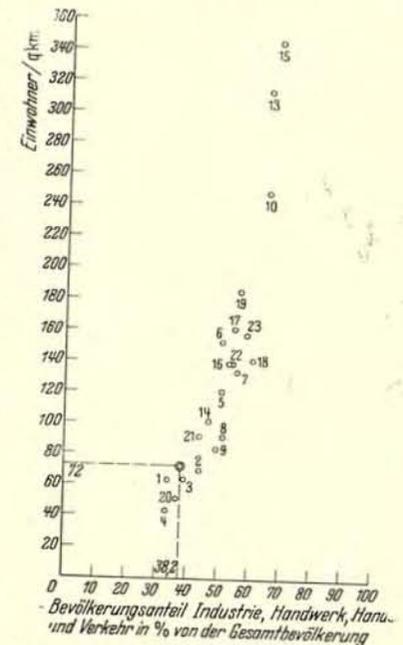


Abb. 35. Beziehung zwischen dem prozentualen Bevölkerungsanteil Industrie, Handwerk, Handel und Verkehr von der Gesamtbevölkerung und der Bevölkerungsdichte in den Ländern und preußischen Provinzen.

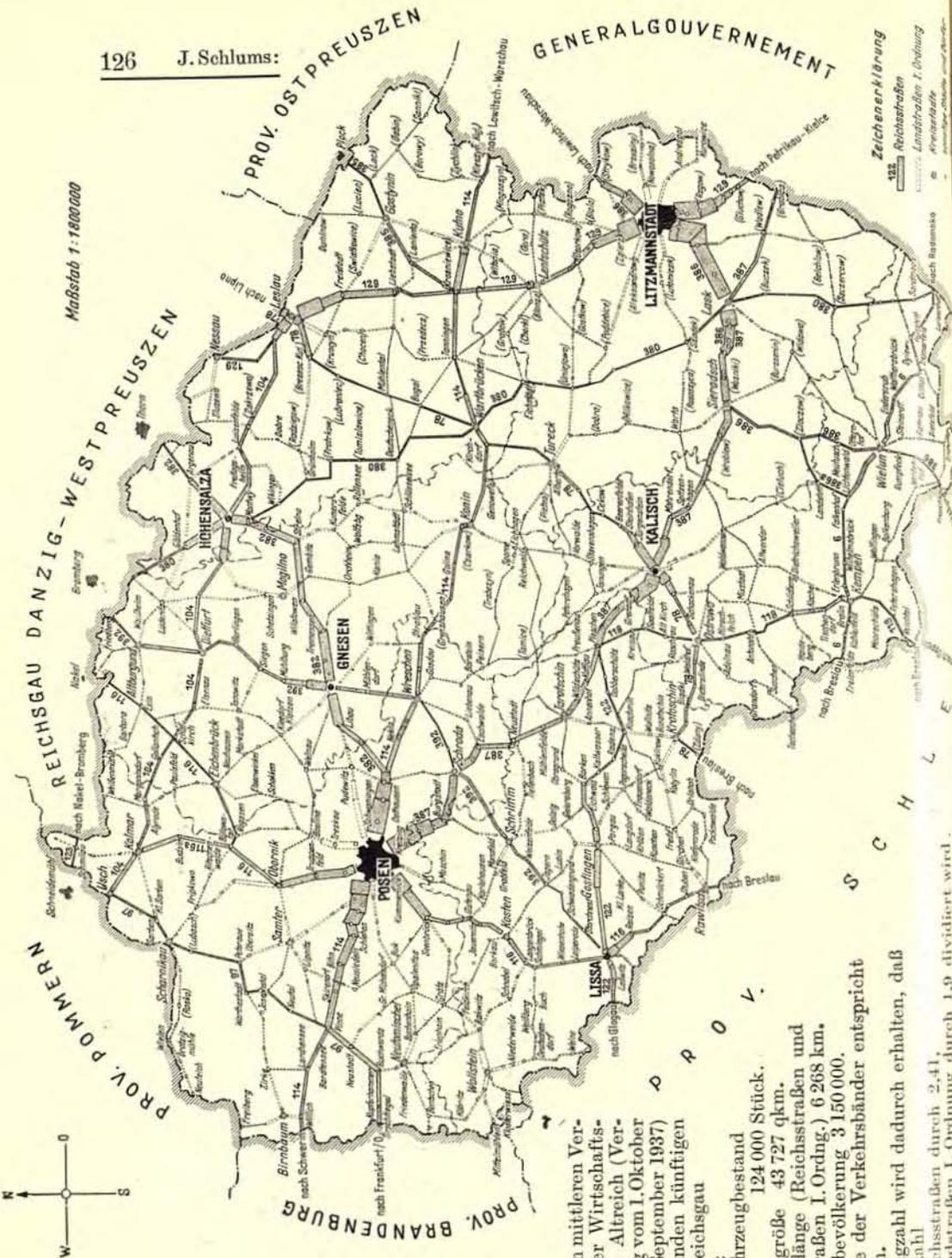


Abb. 36. Wahrscheinlicher mittlerer Tagesverkehr auf den Reichsstraßen und Landstraßen I. Ord. im Reichsgau Wartheland.

Berechnet auf Grund korrelativer Beziehungen zwischen dem mittleren Verkehr und der Wirtschaftsstruktur im Altreich (Verkehrszählung vom 1. Oktober 1936 bis 30. September 1937) für die folgenden künftigen Werte im Reichsgau Wartheland:

- Kraftfahrzeugbestand 124 000 Stück.
- Flächengröße 43 727 qkm.
- Straßenlänge (Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordng.) 6 268 km.
- Gesamtbevölkerung 3 150 000.

1 mm Breite der Verkehrsbänder entspricht 3000 Tonnen. Die Fahrzeugzahl wird dadurch erhalten, daß die Tonnenzahl bei Reichsstraßen durch 2,41, bei Landstraßen I. Ordnung durch 1,9 dividiert wird.

Das Verfahren wurde zur Ermittlung des wahrscheinlichen mittleren Tagesverkehrs auf den Reichsstraßen und Landstraßen I. Ordnung des Reichsgaues Wartheland angewendet. Das Ergebnis zeigt Abb. 36. Die in die Beziehungsgleichung eingeführten Werte  $X_2$  bis  $X_5$  sind auf dieser Abbildung links unten angegeben. In den Abb. 22 bis 35 ist jeweils der für den Reichsgau Wartheland maßgebende Wert eingetragen, der sich bei der Anwendung des Verfahrens ergibt.

Mit Hilfe des angegebenen Verfahrens kann man nun also auch die statische Verkehrsbelastung auf dem Landstraßennetz eines neu zu erschließenden Gebietes im voraus abschätzen. Selbstverständlich kann diese Extrapolation in den Verkehrsgrößen mit Hilfe der gewonnenen Beziehungsgleichung nur für solche Gebiete vorgenommen werden, die eine wesensverwandte Wirtschaftsstruktur und ähnliche geographische Voraussetzungen wie das Altreich besitzen. Um aber nicht nur für deutsche Verhältnisse, sondern für alle denkbaren Gelände- und Wirtschaftsstrukturen die Stärke des Straßenverkehrs aus korrelativen Beziehungen im voraus abschätzen zu können, erscheint es angebracht, die gleiche Korrelation für alle diejenigen Länder durchzurechnen, in denen Straßenverkehrszählungen stattfanden. Allerdings müssen hierbei zur Ermöglichung eines Vergleiches in jedem Einzelfalle sehr sorgfältig die Voraussetzungen ermittelt werden, unter denen die Verkehrszählungen durchgeführt wurden. Ebenso werden die Fahrzeugbestände und die Bevölkerungszahlen unter verschiedenen, von der Statistik des Reiches abweichenden Gesichtspunkten bestimmt worden sein. Es sei in diesem Zusammenhange erwähnt, daß sich auch bereits in anderen Ländern Ansätze zu korrelativen Untersuchungen zeigen. So wurden z. B. in den Niederlanden derartige Korrelationen aufgestellt, allerdings immer nur zwischen zwei Veränderlichen.

**Zusammenfassung.**

Zusammenfassend kommt man also zu dem folgenden Ergebnis: Die Verkehrszählungen und Verkehrsschätzungen auf den Straßen sind soweit ausgebaut, daß sie die gewünschten Ergebnisse zu liefern vermögen, nämlich

1. die statischen Verkehrsbelastungen nach dem Gewicht und nach der Fahrzeuganzahl,
2. die Geschwindigkeit, mit der die Straßen befahren werden, und
3. Angaben über die Verkehrsstruktur.

Die im Reich und den anderen europäischen Ländern durchgeführten Verkehrszählungen der letzten Zeit halten das Bild des Straßenverkehrs fest, das den politischen und verkehrswirtschaftlichen Verhältnissen vor dem Kriege entsprach. Bei der Neuordnung Europas wird die Aufgabe gestellt, die Verkehrszählungen auf den Straßen in den einzelnen Ländern soweit aufeinander abzustimmen, daß bei Wahrung der örtlich charakteristischen Eigenheiten — denn diese sollen ja im Verkehrsbild zum Ausdruck kommen — ein guter Vergleich der Zählungen der verschiedenen Länder möglich ist und ein geschlossenes und einheitliches Bild vom gesamten europäischen Straßenverkehr gewonnen wird. So werden z. B. einheitliche Zählzeiten zugrunde zu legen sein. Die Ermittlung der Gewichte muß nach gleichen Grundsätzen erfolgen. Dadurch kann der Straßenbauingenieur dann zu seinem Teil zu einer einheitlichen europäischen Raumforschung und Raumplanung sowie zu einer gefestigten Verkehrswirtschaft in Europa beitragen.

Für den Unterricht an unseren Technischen Hochschulen müssen wir aber die Forderung stellen, daß die Ingenieure des Straßenbaufaches zur Lösung ihrer Berufsaufgaben auch eine gute Ausbildung im gesamten Verkehrswesen, also in der Verkehrsgeographie, in der Verkehrswirtschaft, in der Verkehrspolitik und in der Verkehrs-

statistik erhalten. Dann wird der Straßenbauingenieur mit vollem Erfolg zur Lösung der Aufgaben auf dem Gebiete der Raumplanung und der Raumschließung beitragen können. Der einzelne Straßenbauingenieur wird dadurch die volle Befriedigung in seiner Berufsarbeit finden, weil er dann auch die Grenzgebiete seiner eigentlichen Berufstätigkeit mit beherrscht.

#### Quellenangabe für die Abbildungen:

- Abb. 1. Hoffmann, R., Die Entwicklung des Kraftverkehrs. S. 32.  
 Abb. 2. I. Verkehrszählung auf den Staatsstraßen in der Tschechoslowakei vom 1. September 1929 bis zum 31. August 1930.  
 Abb. 3. Fuchs, Die stunden- und richtungsweise Verkehrszählung. Die Straße 1937, S. 603.  
 Abb. 4. Schlums, Erste Ergebnisse der Zusatzverkehrszählung 1936/37. Die Straße 1937, S. 660.  
 Abb. 5. Schlums, Die Reichshauptstadt und der Lastkraftwagenverkehr. Die Straße 1938, S. 111.  
 Abb. 6 und 7. Schlums, Der Lastkraftwagenverkehr zwischen Hamburg und dem Reich. Verkehrstechnik 1938, Straßenbauteil, S. 248.  
 Abb. 8. Schlums, Der Lastkraftwagenverkehr als ein Kriterium für die Wirtschaftsstruktur der Verkehrsgebiete. Verkehrstechnik 1939, S. 280.  
 Abb. 9 bis 15. Schlums, Raumschließung durch den Kraftwagen. Volk und Reich Verlag Berlin, S. 8 und ff.  
 Abb. 16. Pirath, Die Raumschließung durch die Reichsautobahnen. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 1938, S. 181.  
 Abb. 17. Schlums, Raumschließung durch den Kraftwagen. Volk und Reich Verlag Berlin, S. 13.  
 Abb. 18. Schlums, Der Lastkraftwagenverkehr als ein Kriterium für die Wirtschaftsstruktur der Verkehrsgebiete. Verkehrstechnik 1939, S. 278.  
 Abb. 19. RKB-Bericht. Verlag Gustav Fischer, Jena 1938, S. 76.  
 Abb. 20. Schlums, Die dänische Landesverkehrszählung 1939. Verkehrstechnik 1943, S. 38.  
 Abb. 21. Schlums, Landstraßenverkehr, Untersuchungen über Verkehrsgrößen, Bevölkerung, Fahrzeuge und Straßennetz und deren Beziehungen zueinander. Dissertation Dresden 1929, Taf. III.  
 Abb. 22 bis 36. Schlums, Verfahren zur Abschätzung der Stärke des Straßenverkehrs ohne Durchführung neuer Verkehrszählungen. Raumforschung und Raumordnung 1941, Heft 8, S. 237 bis 249.

### Verkehr und Verkehrswissenschaft.

(Zur Frage der Begriffsbestimmungen und Systematik<sup>1</sup>.)

Von Dipl.-Ing. Dr. pol. habil. Gábor von Veress, Direktor der königl. ung. Staatsbahnen, Vizepräsident und Generaldirektor der IBUSZ, Dozent für Verkehrspolitik an der Universität zu Kolozsvár.

#### I. Verkehr.

Grunderscheinung des Verkehrs ist die Ortsveränderung von Personen und Dingen. Der Begriff „Dinge“ wird hier ab-

<sup>1</sup> Zur Veröffentlichung dieser Abhandlung erhielt ich die Anregung in einer zuerst schriftlichen, dann persönlichen Fühlungnahme mit Herrn Prof. Most und kürzlich durch den Artikel von Herrn Prof. Napp-Zinn über „Grundbegriffe des Verkehrs“ (in der Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 18. Jahrgang, Heft 4), der mir erst Ende 1943 zugänglich wurde. Meine Stellungnahme zur Frage dieser Begriffsbestimmungen und zur Systematik der Verkehrswissenschaft veröffentlichte ich zum ersten Male i. J. 1940 in einer ungarischen Schrift, die unter Acta Universitatis Szegediensis erschien und in kurzer deutscher Fassung an manchen Herrn der deutschen Verkehrswissenschaft und des Verkehrsfaches ging. Der hier vertretene Standpunkt in diesen Fragen entwickelte sich allmählich in den Vorlesungen während zwanzig Semestern, die ich über Verkehrspolitik an den Universitäten zu Szeged und später zu Kolozsvár gehalten habe.

rechtswissenschaftlicher Kunstausdruck in erweitertem Sinne gebraucht, der einerseits gemäß der klassischen Begriffsbestimmung: *res, quae tangi potest*, allerlei Materielles, andererseits verschiedenes Immaterielles, das unter Rechtsschutz steht, bedeutet. (Nachrichten, wissenschaftliche, dichterische, musikalische Werke, Naturkräfte usw.)

Nach den bekannten Begriffsbestimmungen sind Objekte der Ortsveränderung (Beförderungsgegenstände): „Personen, Güter (Waren!) und Nachrichten“. Es ist offenkundig, daß die „Personen und Dinge“ die Gesamtheit der Erscheinungen des Verkehrs allgemeiner, erschöpfender und ohne inneren Widerspruch umfassen. Die Güter bedeuten einen engeren Kreis des materiellen Dingbegriffes, als Dinge selbst. In der allgemeinen Wirtschaftslehre versteht man unter Gütern materielle Dinge, die menschlichen Bedürfnissen dienen. Nun kommen aber manche Dinge durch Verkehrsmittel zur Beförderung, die keinen menschlichen Bedürfnissen dienen, also nicht unter die Kategorie Güter gehören. In der Praxis hilft sich z. B. das internationale Eisenbahnfrachtrecht in der Weise, daß es unter Gut (im Sinne des Art. 1 des I. Ü. G.) alles versteht, was als Beförderungsgegenstand im Eisenbahnverkehr vorkommt<sup>2</sup>). Also z. B. auch Leichen (!), für die besondere Beförderungsbedingungen vorgeschrieben sind. Leichen sind doch keine Güter, was immer das I. Ü. G. aus praktischen Erwägungen verordnen mag. Auch unverwertbare Abfälle der Erzeugung, wie Asche, Schutt, Staub u. dgl. m., und Unrat, Kehrlicht, Müll usw. werden in großen Mengen befördert, also Dinge, die man nicht unter die Güter zu reihen pflegt. Auf diese Beförderungsgegenstände bezieht sich die angeführte Terminologie des I. Ü. G. nicht, da diese in dem internationalen Eisenbahnverkehr nicht vorkommen, d. h. nie „die Gebiete mindestens zweier Vertragsstaaten“ berühren. Außerdem gelangt ein Teil der Dinge gerade nach Verkehrsleistungen in die Rangliste der Güter. Die Ware ist ein noch engerer Begriff als das Gut<sup>3</sup>). Es ist also im Interesse der Genauigkeit und Vollständigkeit der Definition richtiger, für die materiellen Beförderungsgegenstände den Begriff Dinge anzuwenden.

Dies ist auch in bezug auf die Gruppe des Immateriellen begründet. Hier erscheint das allgemein gebräuchliche Wort „Nachricht“ offensichtlich zu eng für die allgemeine Benennung jener vielseitigen Geistesprodukte, welche heutzutage auf den Verkehrswegen befördert werden. Schon selbst der Brief (ebenso die Fernschrift und Fernsprechtschicht) braucht nicht bloß Nachrichten zu enthalten, sondern jede beliebige Mitteilung. Jedoch wird uns der Begriff „Nachricht“ insbesondere dann zu eng und unvollständig, wenn es sich um den Rundfunkdienst handelt, da der Rundfunk außer Nachrichten auch wissenschaftliche, dichterische und musikalische Werke überträgt.

Allerdings könnte man sich mit dem Begriff „Nachricht“ als *pars pro toto* noch abfinden, wenn es sich nur um Immaterielles, wie erwähnt, handeln würde. Wenn wir aber auch die Beförderung von Naturkräften<sup>4</sup>) (Wärme, elektrische Energie) in den Verkehrsbegriff einbeziehen, wie dies ja seit Anbeginn der wissenschaftlichen Behandlung des Verkehrswesens der Fall ist, dann müssen wir für die dritte Kategorie der Beförderungsgegenstände (Objekte der Ortsveränderung) einen weitaus umfassenderen Begriff anwenden. In dieser Kategorie ist das die aufgezählten Objekte einheitlich charakterisierende allgemeinste Element jener Umstände, daß alle diese Objekte unter Schutz des Privatrechtes stehen. Nicht alle immateriellen Dinge stehen unter Rechtsschutz. Man denke an beliebige, abstrakte Begriffe, die in der allgemeinsten Darlegung im-

<sup>2</sup> Dr. jur. Béla v. Nánássy: Das Internationale Eisenbahnfrachtrecht. Verkehrswissenschaftl. Lehrmittelgesellschaft 1943, S. 3.

<sup>3</sup> In dem französischen Text des I. Ü. G. steht an Stelle Güter „*merchandise*“, obwohl die französische Sprache den Begriff: wirtschaftliches Gut = *biens* kennt und gebraucht.

<sup>4</sup> Diese sind keine materiellen Dinge, sie sind also nicht Güter, sondern Leistungen.