

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Westfälischen Wilhelms-Universität
Münster i. Westf. (Direktor: Prof. Dr. A. PONSOLD)

Die Leistungsfähigkeit des Kraftwagenlenkers und die Analyse der Fahrweise*

Von

G. ABELE

Mit 10 Textabbildungen

(Eingegangen am 16. März 1957)

Mit Zunahme der Verkehrsdichte und Fahrgeschwindigkeit wachsen die Anforderungen an den Verkehrsteilnehmer. Diesen sind nach RANKE die Sinnesleistungen bereits nicht mehr gewachsen. Der Gegensatz zwischen Anforderungen und Leistungsfähigkeit erklärt einen Großteil der Verkehrsunfälle, bei denen menschliches Versagen in 80—85 % (Bundesstatistik 1953) ursächlich ist.

Nach § 2 StVZO darf am Verkehr nicht teilnehmen, wer sich infolge körperlicher oder geistiger Mängel nicht sicher bewegen kann. Eine ausreichende Leistungsfähigkeit, die sich nach der Art des Fahrzeuges richtet, wird damit vorausgesetzt. Die Ermittlung der Leistung, der Anforderungen und der noch tragbaren Leistungsminderung ist für die Beurteilung von Fahrer und Verkehrsbedingungen notwendig.

Eine verstärkte Beanspruchung bis zur Überforderung kann durch Witterung, Straßenbeschaffenheit, Fahrzeugart und Arbeitsdauer erfolgen. Enge und unübersichtliche Straßen, glatte Fahrbahndecken, Regen, Nebel, dichter Verkehr, schwerfällige (z. B. Lastzug) oder labile Fahrzeuge (z. B. Motorrad) und zu lange Arbeitszeit vergrößern die Abspannung unterschiedlich. Bei einer durch Krankheiten, Gebrechen, Ermüdung oder Alkoholgenuß verminderter Leistungsfähigkeit setzt die Überforderung mit zunehmender Schädigung früher ein.

* Die Arbeit (teilweise vorgetragen als Diskussionsbemerkung auf dem 1. Stuttgarter Kongreß des Medizinisch-Psychologischen Instituts für Verkehrssicherheit beim Technischen Überwachungsverein Stuttgart e. V., am 22. 11. 56 und auf dem Kongreß der Rheinisch-Westfälischen Gesellschaft für Innere Medizin in Düsseldorf am 24. 11. 56) wurde ermöglicht durch die Unterstützung des Herrn Ministers für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, des Generaldirektors des Volkswagenwerkes Herrn Prof. NORDHOFF, der Herren Ober-Ing. RIEGGER und Dipl.-Ing. MENZEL der Firma Kienzle, der Herren BÜNGELER und GEMMING der Firma Niehues & Dütting, sowie der Herren ROTTKE und HINTZ der Firma I. B. M.

Bisher wurden neben der Geschicklichkeit des Fahrers nur die einzelnen Funktionen im Laboratorium geprüft. Die geistige Beanspruchung des Personenwagenfahrers untersuchte BORNEMANN. Die Reaktionszeit wurde in Form der Vorbremszeit während 30-Tage-Fahrten (zit. BUSSIER) ermittelt. MOEDE, SIMONEIT sowie GROSSJOHANN beschrieben Untersuchungen durch Tests, am Tachistoskop, Bremsfahrgerät und der „Rollenden Straße“. Den Einfluß der Ermüdung auf das räumliche Sehen und die Herabsetzung der Tiefensehschärfe in der Dämmerung beschreibt SACHSENWEGER, die Steigerung der Dunkeladaptation durch Medikamente v. STUDNITZ. Die Leistungsbeeinflussung durch Blendung untersuchten LOSSAGK, SCHOLZ und REBENTISCH.

Derartige Laboratoriumsuntersuchungen dienen auch zur Überprüfung der Kraftfahrer auf ihre Tauglichkeit. Auf den Einzelergebnissen wird dann die Beurteilung des Fahrers aufgebaut; doch sind Rückschlüsse häufig sehr gewagt.

Eine Annäherung an die Wirklichkeit strebte GRAF durch Versuche auf einem Fahrstand an. Er beschrieb Versuche unter Einfluß von Ermüdung, Phandorm, Alkohol, Coffein und Pervitin. Auch derartige Untersuchungen entsprechen nicht der Wirklichkeit, denn bei der Fahrzeugführung wirken in großem Maße erworbene Automatismen (gebahnte Reflexe im Sinne PAVLOVS) mit. Sie sind Voraussetzung für ein sicheres Fahren und besitzen bei einem geübten Fahrer eine hohe Konstanz. Der gute Fahrer handelt meist unter Ausschaltung von Denkvorgängen reaktiv. Er schaltet beispielsweise vor einem Hindernis automatisch herunter, bremst oder weicht aus. Diese Automatismen werden auch an einem Fahrgerät nicht berücksichtigt, da eine Einübung entsprechend dem Können eines erfahrenen Kraftfahrers nicht möglich ist. Auch fehlt der Umgebungseinfluß der Verkehrsbedingungen. Die Übertragung der Ergebnisse auf den sehr komplexen Fahrvorgang ist deshalb ebenfalls nicht erlaubt.

Die bisherigen Fahrversuche waren Geschicklichkeitsfahrten, bei denen Fehlerzahlen verglichen wurden. Einübung, Nervosität, Zufall und Eignung für Geschicklichkeitsfahrten, die nicht der Eignung für den normalen Straßenverkehr entspricht, sind von Einfluß; die Fahrten bleiben wirklichkeitsfremd. Untersuchungen während der Fahrten im normalen Verkehr wurden deshalb angestrebt. Die Schwierigkeit liegt in der Registrierung der Fahrweise. Eine Möglichkeit bietet der von SHAW beschriebene Kraftwagen, bei dem Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung und seitliche Kräfte an Instrumenten angezeigt und zusammen mit der Fahrbahn etwa alle 5 m fotografiert werden. Doch erscheint eine Messung in solchen Abständen nicht ausreichend, da gerade die kleinen Unstetigkeiten zur Bewertung der Fahrleistung herangezogen werden müssen. Zur Vermeidung dieser Nachteile wurde von ABELE eine fortlaufende Registrierung der Fahrweise entwickelt. Als Leistungsmaß diente anfänglich die „mittlere Geschwindigkeit“. Gegenüber Fahrten bei Tageslicht ergab sich eine Leistungsminderung bei erschwerenden Bedingungen (Dunkelheit, Nebel, nasse Fahrbahn). Damit lag es nahe, eine größere Anzahl von Fahrern zu prüfen. Die Ermittlung der Leistungsverteilung in einem Fahrerkollektiv der Normalleistung und der Leistungsminderung, insbesondere durch Alkoholgenuß oder Ermüdung war zu erwarten.

Definition der Fahrleistung

Fahrzeug und Verkehr bestimmen neben Können und Einsatz die Leistung und müssen bei deren Ermittlung eliminiert werden. Bei gleichem Fahrzeug und gleicher Fahrstrecke erfordert nur die Verkehrsdichte eine Korrektur. Die Leistung (Abb. 1) ergibt sich durch Beobachtung bestimmter Leistungsmerkmale. Diese sind nach Fahrzeugart und Fahrbedingungen unterschiedlich zu bewerten. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Fahrern ist nur bei gleichem Fahrzeug und gleicher Strecke möglich. Die Leistung ist zu Beginn des Fahrens immer

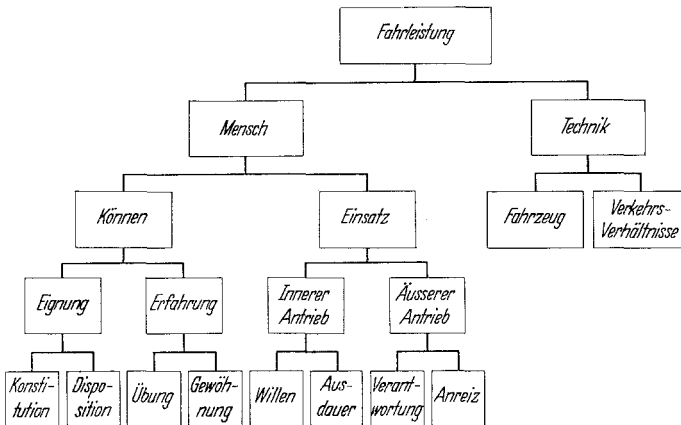


Abb. 1. Zusammensetzung der Leistungsmerkmale

geringer, das „Einfahren“ wiederholt sich stets. Erst nach der „Einfahrzeit“ darf die Leistungsermittlung erfolgen.

Die Leistung hängt von Können und Einsatz ab. Letzterer ist durch den inneren (Willen, Ausdauer) und äußeren Antrieb (Anreiz, Verantwortung) bestimmt. Ein Maß für ihn ist neben der körperlichen die geistige Anstrengung durch die Beanspruchung des Denkvermögens und des Willens, da eine fortdauernde periphere und zentrale Aufmerksamkeit, Umstellungs-, Reaktions- und Urteilsfähigkeit erforderlich ist. Die Leistungswerte wechseln damit bei gleichem Können je nach schneller oder verhaltener Fahrweise. Deshalb sind von der Geschwindigkeit unabhängige Leistungsfaktoren anzustreben.

Weiterhin sind die Leistungsunterschiede durch unterschiedliches Können bedingt. Dieses ist teilweise durch die „Fahrform“ bestimmt, die anerzogen werden kann. Eine „Fahrbestform“ mit zielbewußten, flüssigen Bewegungen mittels der kleinen Muskelgruppen (Hände, Füße, Finger) ist anzustreben. Arm- und Beinbewegungen sollen klein, Kopf und Rumpf ruhig gehalten werden. Unnötige statische Belastungen

sind zu vermeiden. Voraussetzung ist hierfür die Betriebssicherheit des Fahrzeuges mit griffgünstigen, leichtgängigen Bedienungshebeln und geringen Schaltwegen, eine sinnvolle und möglichst gleichmäßige Beschäftigung beider Hände sowie eine gelockerte und bequeme Sitzweise. Das Können resultiert aus konstitutioneller Eignung, dispositioneller Verfassung sowie durch Übung und Gewöhnung gewonnener Erfahrung. Ein Maß ist die Fahrweise und Geschicklichkeit in der Fahrzeugbedienung. Der gute Fahrer zeigt gelockertes und ruhiges Fahren mit sparsamen, zweckentsprechenden Handgriffen. Sicherheit und Leichtigkeit im Bewegungsablauf erscheinen selbstverständlich. Verkehrsschwierigkeiten werden bereits im Entstehen bemerkt, starkes Beschleunigen und Bremsen vermieden. Die Fahrweise ist automatisiert, vorausschauend und zügig. Der schlechte Fahrer wechselt häufig zwischen Beschleunigen und Bremsen. Er erkennt die Verkehrsverhältnisse spät, wird ihnen nur langsam gerecht, bremst oder beschleunigt scharf und hastet. Seine Muskulatur ist aus Angst, etwas falsch zu machen, verkrampft. Er schaltet zu häufig oder zu selten und paßt die Motorleistung nicht der Fahrgeschwindigkeit an. Seine Lenkbewegungen sind unruhig. Seiner Fahrweise fehlt die Automatik, die Vorausschau oder beides.

Die Normalleistung kann von einer größeren Anzahl geübter, gesunder und ausgeruhter Fahrer unter normalen Verkehrsbedingungen gehalten werden. Nach den Erfahrungen des Refa-Systems (BRAMESFELD, GRAF) streut die Normalleistung einer Arbeit um $\pm 5\%$ um die Grenze von zureichender und unzureichender Leistung. Die Möglichkeit der Leistungssteigerung beträgt im Mittel bis zu 35%. Doch ist hier eine durch das Fahrzeug bedingte engere Streuung der Leistung zu erwarten. Die Momentanleistung ist von Normalleistung und Ermüdung abhängig. Letztere ist ein durch teilweise Erschöpfung bedingter Zustand, der durch eine reversible Leistungsminderung gekennzeichnet ist. Die Maximalleistung ist nur kurze Zeit zu halten. Kleine Leistungsänderungen bedingen hier bereits große Änderungen in Ermüdungszeit und -tiefe. Unterschiedliches Können ist in extremen Bereichen besonders deutlich. Bei zunehmender Verlangsamung der Geschwindigkeit zerfällt die Fahrweise, die Zügigkeit geht verloren. Dies tritt ebenso bei einer Übersteigerung der Geschwindigkeit wegen der Häufung des Beschleunigens und Bremsens ein. Dieser Zerfall der Fahrweise erfolgt mit zunehmendem Können des Fahrers später. Die Beanspruchung des Kraftfahrers ist bereits unter günstigen Bedingungen relativ groß. Mit Zunahme des Beschleunigungsvermögens und der Fahrgeschwindigkeit werden die Anforderungen an den Fahrer durch vermehrte Handgriffe, Aufmerksamkeitssteigerung und erhöhte Reaktionsbeanspruchung

größer. Dies gilt auch für häufig erzwungenes Langsamfahren oder Anhalten. Nach Refa streut die Grenze der Leistungsbreite bei noch erhaltener Zügigkeit der Arbeit zwischen 70 und 130%. Die Streubreite für das Fahren dürfte aber enger liegen.

Eine verstärkte Beanspruchung der Sinnesorgane durch ungünstige Beleuchtung, Blendung, Geräusche, Temperatur oder körperliche Erschütterungen muß durch erhöhten Einsatz ausgeglichen werden. Die Beanspruchung kann hierbei soweit steigen, daß bereits die volle Leistungsfähigkeit des Fahrers ausgenutzt wird. Bei verminderter Leistungsfähigkeit (z. B. Krankheit, Ermüdung, Alkoholeinfluß) ist der Fahrer dann dem Verkehr nicht mehr gewachsen.

Experimentelle Untersuchungen zur Leistungsermittlung

Ein Rückschluß auf die Fahrweise des Fahrers ist aus Geschwindigkeit und Richtung des Fahrzeuges möglich, da dieses sich weitgehend geradlinig und parallel zur Fluchtlinie der Straße unter Anpassung der Geschwindigkeit an die Straßen- und Verkehrsverhältnisse bewegen soll. Die Erfassung der Fahrzeugbewegung bedeutet eine Erfassung der Fahrweise, damit aller wesentlichen Tätigkeiten des Fahrers. Lassen sich nun die Lenkbewegungen sowie Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverteilungen für definierte Fahrbedingungen ermitteln, so ist auch die Leistung des Fahrers erfaßt. Die Geschicklichkeit hat dabei nur den ihr auch in Wirklichkeit zustehenden Anteil der Fahrform. Vergleiche unter verschiedenen Bedingungen sind möglich.

1. Methodik

Die Komplexheit des Fahrens macht es unmöglich, die Fahrweise durch einen Beobachter aufzeichnen und beurteilen zu lassen. Es ist deshalb nur die fortlaufende Registrierung von Lenkbewegungen und Fahrgeschwindigkeit geeignet. Der Verlauf der Beschleunigung und Verzögerung sowie Leistungsfaktoren lassen sich nachträglich ermitteln.

Meßfahrzeug ist ein Personenwagen mit einem zweiten Kupplungspedal, einem Betätigungsknopf für das Boshorn und einer Leselampe vor dem Beifahrersitz, die dem Versuchsleiter Notizen bei Nachtfahrten ermöglichen soll. Die Handbremse ist besonders wirksam eingestellt.

Fabrikat:	Volkswagen, Typ 111
Motor:	1131 cm ³ ; 25 Ps
Personen:	2 (Fahrer und Versuchsleiter)
Leistungsgewicht:	34 kg/Ps (fahrfertig einschließlich der Personen)
Getriebe:	nicht synchronisiert
Höchstgeschwindigkeit:	105 km/h
Reifen:	5.00 — 16; Profiltiefe 3 mm
Betriebsstoff:	Benzin; Octanzahl 80 (Motorverfahren)

Zur fortlaufenden Registrierung der Fahrgeschwindigkeit und Lenkausschläge sind Meßgeräte eingebaut (Abb. 2), die je nach Fahrbedingungen (Höchstgeschwindigkeit, Fahrtdauer) eingeschaltet werden:

1. Kienzle-Fahrtenschreiber mit einer Umlaufzeit der Diagramm-Scheibe von 3 Std, für eine Höchstgeschwindigkeit von 105 km/h.
2. Kienzle-Fahrtenschreiber mit einer Umlaufzeit von 24 Std, für eine Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h.
3. Kienzle-Fahrtenschreiber mit einer Umlaufzeit von 24 min, für eine Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h.
4. Kienzle-Papierbandschreiber mit einem Bandvorschub von 0,09 mm/m Weg bei einer Schreibbreite von 8 cm, entsprechend einem Radeinschlag von 50° (außen gemessen) und 2,4 Umdrehungen des Lenkrades von Anschlag zu Anschlag.

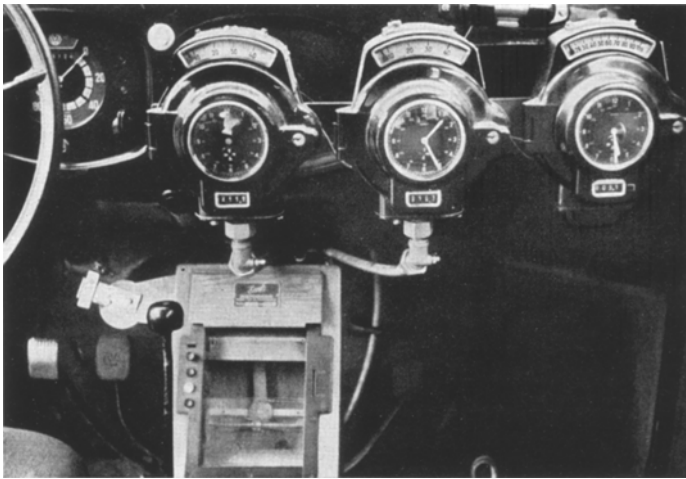


Abb. 2. Versuchswagen mit eingebauten Instrumenten

Die Fahrtenschreiber registrieren die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit. Die Lenkungsregistrierung erfolgt abhängig vom Weg. Aus den Aufzeichnungen lassen sich nachträglich Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Bremsungen sowie Größe, Form und Zahl der Lenkausschläge entnehmen.

Die Fahrversuche sollten entsprechend dem praktischen Fahrbetrieb auf Bundes- und Provinzialstraßen durchgeführt werden. Autobahnstrecken wurden wegen der besonderen Verkehrsverhältnisse außer acht gelassen. Um durchschnittliche Verkehrsbedingungen zu erzielen, wurden Straßen ausgewählt, die zur Hälfte starken Verkehr, zur Hälfte mäßigen Verkehr aufwiesen. Ortsdurchfahrten unterschiedlicher Verkehrsbehinderung waren eingeschlossen. Viele Streckenabschnitte waren für die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeugtype geeignet. Als Versuchsstrecke diente der Straßenzug Münster-Greven-Lengerich-Osnabrück-Iburg-Telgte-Münster (Abb. 3). Das Streckenprofil (Abb. 4) wies Höhendifferenzen bis zu 170 m, Steigungen bis zu 9% auf. Die Fahr-

bahndecken bestanden aus Bitumen, kurze Strecken aus Kleinsteinpflaster (Granit und Basalt), sehr kurze Stücke aus Kopfsteinpflaster. Die Fahrbahn war trocken. Es herrschte Tageslicht und gute Sicht.

Jeder Fahrer machte sich mit dem Kraftwagen vor Versuchsbeginn vertraut. Am Startort wurde die Tachographenscheibe eingelegt, die

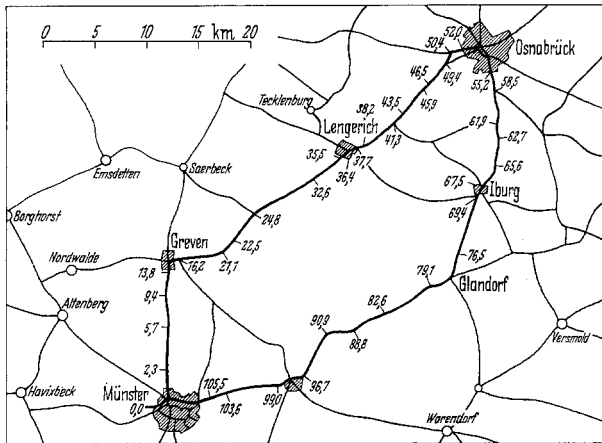


Abb. 3. Versuchsstrecke: Münster-Osnabrück-Münster. Die Zahlen sind Entfernungsangaben, gemessen vom Start aus

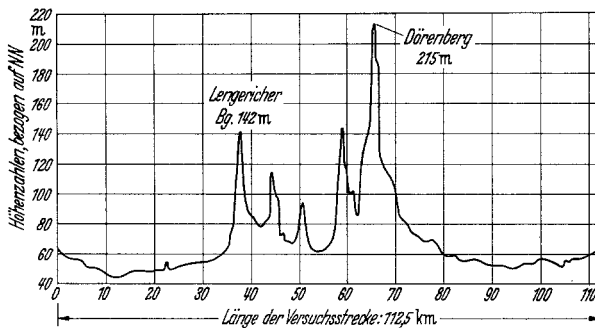


Abb. 4. Streckenprofil der Versuchsstrecke

Ausgangswerte der Instrumente wurden abgelesen und notiert. Die Abfahrt erfolgte in Münster am Coesfelder-Kreuz. In Osnabrück wurde die Fahrt kurz unterbrochen, die Zwischenwerte abgelesen und neben den Personalien, Alter, Beruf, Körpergewicht, letzte Mahlzeit, letzter Alkoholgenuß, letzter Kaffeegenuß und Fahrerfahrung notiert.

Während der Fahrt wurde der übrige Verkehr, gegliedert in Personenwagen, Lastwagen, Lastzüge, Bauernfahrzeuge, Motorradfahrer und Radfahrer, getrennt nach Überholungen und Begegnungen, durch

den Beifahrer (Versuchsleiter) gezählt und laufend in einen Vordruck eingetragen. Besondere Hindernisse (Baustellen, gesperrte Bahnübergänge) und Verkehrsstockungen wurden als Aufenthalte oder langsame Fahrten notiert.

Von Juli bis Dezember 1955 wurden mit 102 Personen zwischen 20 und 45 Jahren (mittleres Alter 28 Jahre) 110 Fahrten, darunter 3 Fahrten (Nr. 108—110) bei freier Strecke in den frühen Morgenstunden als Zweitfahrten, durchgeführt. Etwa 65% der Fahrer hatten öfters, 7% noch nie einen Volkswagen gefahren; 28% waren mit dem

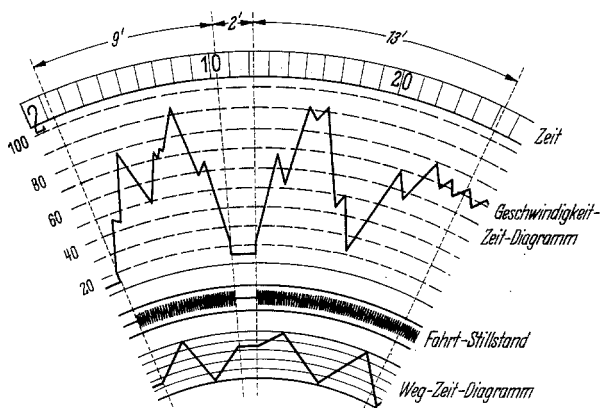


Abb. 5. Ausschnitt der Tachographenscheibe

Wagen vertraute Berufsfahrer. Diese Verteilung entspricht der durch Befragung ermittelten allgemeinen Fahrerfahrung. Die Strecke war 90% der Fahrer unbekannt. Wegen der oft unzureichenden Beschilderung gab der Versuchsleiter rechtzeitig Hinweise. Einzelne Fahrer standen bei Fahrbeginn unter dem Eindruck des „Getestet-werdens“. Doch war nach kurzer Fahrt eine Ablenkung durch den Verkehr, meist vor Versuchsbeginn, gegeben. Die Spannung klang schnell ab; eine freie Fahrweise wurde erreicht.

2. Versuchsergebnisse

a) *Auswertungsmethoden.* Während aller Fahrten waren in den Fahrtenschreiber Tachographenscheiben eingelegt. Diese wurden nachträglich ausgewertet.

1. Die Bestimmung der *Gesamtfahrzeit* t_0 erfolgt aus der Minuteneinteilung am Rand der Scheibe, Ablesegenauigkeit ± 5 sec. Halte werden miterfaßt (Abb. 5).

2. Geschwindigkeiten unter 10 km/h werden vom Tachographen nicht registriert. Schritttempo, das im Stadtverkehr an Baustellen, Verkehrs-

stockungen und Gefahrenstellen gefahren wird, erscheint damit zwar als Fahrt, aber ohne Geschwindigkeitsangabe. Die Bestimmung der reinen Fahrzeit t_1^* erfolgt durch Abzug aller Haltezeiten und Schrittfahrten von der Gesamtfahrzeit t_0 .

3. Die *Streckenlänge* S wird am inneren Teil der Tachographenscheibe aus dem Weg-Zeit-Diagramm abgelesen. Eine vollständige Auf-Abwärtszacke entspricht 10 km, ein Teilstrich 1 km. Zur Kontrolle dient der jeweilige Kilometerstand am Zählwerk. Die Länge der Fahrtstrecke ist $S = 117,0$ km.

4. Für die *Geschwindigkeitsverteilung* werden die Fahrzeiten in den einzelnen Geschwindigkeitsbereichen (Bereich-Breite = 10 km/h) ermittelt. Hierzu wird mit Hilfe des Ablesegerätes jede Kreiskoordinatenlinie für 20, 30 bis 100 km/h verfolgt und die Länge der Zeitintervalle gemessen, während der die Geschwindigkeit oberhalb der Koordinatenlinie liegt. Die Summe dieser Zeiten ergibt die Fahrzeit oberhalb der betreffenden Geschwindigkeit. Die Zeit oberhalb der Geschwindigkeit 10 km/h (reine Fahrzeit) heißt t_1 , die Zeit oberhalb 20 km/h heißt t_2 usw., die Zeit oberhalb 100 km/h heißt t_{10}^* . Die Fahrzeit für ein Geschwindigkeits-Intervall ist die Differenz zwischen den Werten für die beiden das Intervall begrenzenden Geschwindigkeitslinien.

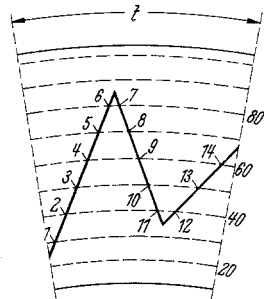


Abb. 6. Darstellung zur Definition der Wechselzahl

5. Die *Wechselzahl* W ist die Anzahl der Durchgänge der Geschwindigkeitskurve durch die 10, 20 . . . 100 km/h-Koordinatenlinien (Abb. 6). Je häufiger und stärker während der Fahrt beschleunigt oder verzögert wird, um so größer ist diese Zahl. Die Wechselzahl ist also ein Maß für die absolute Beschleunigung $|b|$. Die Wechselzahl ist an einem Zählwerk des Fahrtenschreibers abzulesen. Die Differenz zwischen Ausgangs- und Endwert ergibt die Wechselzahl der Fahrt*. Die Wechselzahlen haben den Mittelwert 420,9 bei einer mittleren quadratischen Abweichung** von 65,2. Sie liegen zwischen 272 und 594.

6. Zur Ermittlung der *Verkehrsdichte* werden die Anzahlen der entgegenkommenden und überholten Radfahrer (A_1, A_7), Motorräder (A_2, A_8), Personenwagen (A_3, A_9), Lastkraftwagen (A_4, A_{10}), Lastzüge (A_5, A_{11}) und Bauernwagen (A_6, A_{12}) durch den Versuchsleiter notiert*.

b) *Ergebnisse*. 1. Für jede Fahrt wird die *Durchschnittsgeschwindigkeit*

$$V = \frac{S}{t_1}$$

errechnet*. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten aller Fahrten, aus-

* Die tabellierten Ergebnisse und ** mathematischen Erläuterungen können vom Verfasser angefordert werden.

genommen die Fahrten 108—110, liegen zwischen 52 und 70 km/h; die mittlere Durchschnittsgeschwindigkeit \bar{V} beträgt 61,3 km/h bei einer mittleren quadratischen Abweichung von 4,69.

2. Die Spitzengeschwindigkeit V_s wird definiert als die größte Geschwindigkeit, die während 5% der reinen Fahrzeit überschritten wurde (Abb. 7). Höhere Geschwindigkeiten während sehr kurzer Zeit, die bei zufällig günstigen Bedingungen möglich sind, werden dadurch ausgeschlossen. Zur Ermittlung wird die Geschwindigkeitsverteilung für

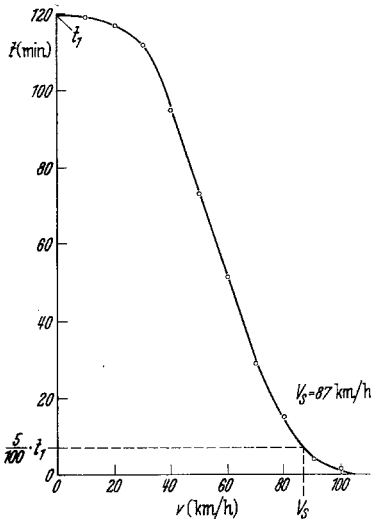


Abb. 7. Bestimmung der Spitzengeschwindigkeit

jede Fahrt graphisch dargestellt, indem die Fahrzeiten t oberhalb der Geschwindigkeiten 10, 20 . . . 100 km/h als Funktion der Geschwindigkeit V aufgetragen werden. Der Punkt der Verteilungskurve, der als Ordinate den Wert von 5% der reinen Fahrzeit hat, liefert als Abszisse V_s . Die Spitzengeschwindigkeiten V_s liegen zwischen 74 und 100 km/h*, die mittlere Spitzengeschwindigkeit \bar{V}_s beträgt 86,9 km/h bei einer mittleren quadratischen Abweichung von 6,17.

3. Da die Fahrten in verschiedenem Maße vom Verkehr beeinflusst worden sind, stellt V kein unmittelbares Maß für die Leistung der Fahrer dar. Die Verkehrskorrektur ΔV^* , die aus den Verkehrsgrößen $A_1 . . .$

A_{12} berechnet wird**, wird unter Berücksichtigung des Vorzeichens zu V addiert und gleicht die unterschiedlichen Einflüsse aus. Die so errechnete verkehrskorrigierte Durchschnittsgeschwindigkeit $V' = V + \Delta V^*$ entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit bei durchschnittlichem Verkehr. Die statistische Untersuchung** der Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit von $A_1 . . . A_{12}$ zeigt, daß sich Gegenverkehr und Überholverkehr wesentlich in ihren Auswirkungen unterscheiden***. Weiterhin ist der Einfluß der verschiedenen Fahrzeugarten innerhalb dieser 2 Gruppen unterschiedlich. Im Gegenverkehr wird die Durchschnittsgeschwindigkeit durch Lastzüge und Lastwagen stark, durch Personenwagen mäßig, durch Motorräder schwach und durch Fahrräder kaum merklich herabgesetzt. Bauernwagen dagegen wirken geringgradig beschleunigend. Im Überholverkehr — dazu ge-

*** Die Lösung des Gleichungssystems mit 13 Unbekannten erfolgte mit Hilfe einer „Elektronischen Rechenanlage“ (I. B. M. 650).

hören die überholten Fahrzeuge — erhöhen Personenwagen die Durchschnittsgeschwindigkeit des überholenden Fahrzeuges sehr stark, Lastwagen stark und Motorräder mäßig. Lastzüge verzögern sehr stark, Bauernwagen und Radfahrer weniger. Diese Auswirkungen gelten im Mittel. Sie können je nach Verkehrssituation und psychologischen Bedingungen, denen der Fahrer unterliegt, verstärkt oder abgeschwächt sein. Bei Berücksichtigung der Häufigkeit und Stärke des Einflusses der einzelnen Fahrzeugarten ergibt sich, daß der Gegenverkehr die Durchschnittsgeschwindigkeit senkt, während der Überholverkehr sie leicht erhöht**. Bei einer Fahrt mit überdurchschnittlichem Verkehr ist ΔV positiv. Also wird V' größer als V . Bei unterdurchschnittlichem Verkehr ist ΔV negativ, V' infolgedessen kleiner als V . Die Verkehrskorrekturen ΔV haben den Mittelwert 0** bei einer mittleren quadratischen Abweichung** von 2,39. Sie liegen zwischen $-6,6$ km/h und $5,2$ km/h. Die verkehrskorrigierten Durchschnittsgeschwindigkeiten betragen im Mittel $61,2$ km/h, ihre mittlere quadratische Abweichung** ist $3,46$. Der kleinste Wert liegt bei $53,5$ km/h, der größte bei $72,9$ km/h.

4. Außer vom Verkehr hängt die Durchschnittsgeschwindigkeit V von der Spitzengeschwindigkeit ab. Sie nimmt im Mittel mit steigender Spitzengeschwindigkeit zu. Die Größe der verkehrskorrigierten Durchschnittsgeschwindigkeiten V' lassen Schlüsse auf die Fahrtüchtigkeit zu. Die Leistung des Fahrers ist jedoch bei gleicher Durchschnittsgeschwindigkeit um so größer, je niedriger seine (benötigte) Spitzengeschwindigkeit liegt. Zudem ergibt sich dann eine gleichmäßigere Fahrweise. Um die Werte der Durchschnittsgeschwindigkeiten vergleichbar zu machen, werden sie so transformiert, daß sie sich auf den Mittelwert der Spitzengeschwindigkeiten** beziehen. Es wird hierzu eine Korrektur $\Delta V'$ zu V' addiert, die positiv ist, wenn die Spitzengeschwindigkeit unter dem Mittelwert der Spitzengeschwindigkeiten liegt, und negativ, wenn sie darüber liegt. Die so erhaltene vollständig korrigierte Durchschnittsgeschwindigkeit $V_k = V' + \Delta V'$ kann als direktes Maß für die Geschwindigkeitsleistung des Fahrers angesehen werden. Der Mittelwert der Korrekturgrößen $\Delta V'$ liegt bei 0**, die mittlere quadratische Abweichung** beträgt $2,89$. Die Korrekturen $\Delta V'$ liegen zwischen $-6,1$ km/h und $6,3$ km/h. Die Werte V_k haben den Mittelwert $61,2$ km/h bei einer mittleren quadratischen Abweichung** von $1,88$. Sie liegen zwischen $56,4$ km/h und $66,8$ km/h. Die Abweichung vom Mittelwert beträgt also maximal $7,8\%$ nach unten und $9,2\%$ nach oben.

5. Die Wechselzahlen hängen, wie die Durchschnittsgeschwindigkeit, vom Verkehr ab. Sie werden deshalb ebenfalls durch eine Verkehrskorrektur ΔW , die unter Berücksichtigung des Vorzeichens zu W addiert wird, auf den durchschnittlichen Verkehr umgerechnet**. Aus der statistischen Untersuchung** der Abhängigkeit der Wechselzahl

von den Verkehrsgrößen $A_1 \dots A_{12}$ ergibt sich für die verschiedenen Verkehrsteilnehmer ein anderer Einfluß als bei der Durchschnittsgeschwindigkeit. Im Gegenverkehr setzen Motorräder und Personenwagen die Wechselzahl mäßig stark, Lastwagen sehr schwach herauf. Herabgesetzt wird sie von Bauernwagen sehr stark, von Lastzügen schwach und von Radfahrern kaum merklich. Im Überholverkehr wird die Wechselzahl nur von Motorrädern stark gedrückt, alle übrigen Fahrzeuge heben sie an. Lastzüge und Personenwagen machen sich dabei stark, Lastwagen und Bauernwagen mäßig, Radfahrer nur sehr gering bemerkbar. Auch hier handelt es sich um einen mittleren Einfluß des Verkehrs, der durch die Verschiedenheit der Situation und der Fahrer eine gewisse Variationsbreite hat.

Die Häufigkeit und Stärke des Einflusses der einzelnen Fahrzeugarten zeigt, daß sowohl der Gegenverkehr als auch der Überholverkehr die Wechselzahl anheben**, also den Fahrer zu einer ungleichmäßigeren Fahrweise mit gehäuften Beschleunigen und Bremsen veranlassen. Die Wirkung des Gegenverkehrs verhält sich etwa wie 5:4 zu der des Überholverkehrs. Die Verkehrskorrekturen der Wechselzahlen haben den Mittelwert 0** bei einer mittleren quadratischen Abweichung** von 23,5. Sie liegen zwischen -61 und 80. Die korrigierten Wechselzahlen $W' = W + \Delta W^*$ betragen im Mittel 420,9 ihre mittlere quadratische Abweichung** ist 58,1. Sie liegen zwischen 291 und 570.

6. Die Wechselzahl W hängt weiter von der Durchschnittsgeschwindigkeit ab, sie nimmt im Mittel mit steigender Durchschnittsgeschwindigkeit ab. Da die Durchschnittsgeschwindigkeit bereits zur Beurteilung der Fahrleistung dient, werden die verkehrskorrigierten Wechselzahlen W' durch Addition einer weiteren Korrektur $\Delta W'^*$ so transformiert, daß sie sich auf den Mittelwert der Durchschnittsgeschwindigkeiten beziehen**: $W' + \Delta W'^* = W''$. Hierdurch wird vermieden, daß die Durchschnittsgeschwindigkeit noch einmal bei der Bewertung der Leistung ins Gewicht fällt. Die Wechselzahl eines Fahrers mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit über dem Mittelwert wird durch die Korrektur $\Delta W'^*$ vergrößert; bei einer unter dem Mittelwert liegenden Durchschnittsgeschwindigkeit ist $\Delta W'^*$ negativ. Der Mittelwert der Korrekturen $\Delta W'^*$ liegt bei 0**, die zugehörige mittlere quadratische Abweichung** beträgt 19,1. Die Korrekturen liegen zwischen -38 und 88. Die Werte W'' haben den Mittelwert 420,5 mit der mittleren quadratischen Abweichung** 66,0. Sie liegen zwischen 256 und 581.

7. Die Wechselzahl hängt noch von der Spitzengeschwindigkeit ab; sie steigt im Mittel mit zunehmender Spitzengeschwindigkeit. Diese Abhängigkeit muß beseitigt werden, da die Wechselzahl als Maß für die Ungleichmäßigkeit des Fahrens herangezogen werden soll. Auch ist es unter sonst gleichen Bedingungen schwieriger, bei hoher Spitzen-

geschwindigkeit gleichmäßig zu fahren als bei niedriger Spitzengeschwindigkeit. Deshalb wird ein dritter Korrekturwert $\Delta W''^*$ addiert, der die Wechselzahlen aller Fahrer auf die mittlere Spitzengeschwindigkeit korrigiert**: $W'' + \Delta W'' = W_k^*$. Der Wert W'' eines Fahrers mit hoher Spitzengeschwindigkeit wird durch die in diesem Falle negative Korrektur herabgesetzt auf W_k ; die in W'' erfaßte Ungleichmäßigkeit ist also zum Teil durch die hohe Spitzengeschwindigkeit bedingt und ist kein Zeichen für eine geringere Fahrtüchtigkeit. Bei einem Fahrer mit unterdurchschnittlicher Spitzengeschwindigkeit wird W'' durch die hier positive Korrektur $\Delta W''$ zu W_k vergrößert und damit der Ungleichmäßigkeitswert für den Fahrer erhöht, da die von ihm erzielte Gleichmäßigkeit im Fahren zum Teil auf seine niedrige Spitzengeschwindigkeit zurückzuführen ist.

Die Korrekturen $\Delta W''$ haben den Mittelwert 0** und die mittlere quadratische Abweichung** 45,2. Sie liegen zwischen —95 und 98. Die vollständig korrigierten Wechselzahlen W_k haben 420,7 als Mittelwert bei einer mittleren quadratischen Abweichung** von 48,0. Die kleinste ist 321, die größte 554. Die Abweichung vom Mittelwert beträgt also maximal 24% nach unten und 32% nach oben.

8. Zur zahlenmäßigen Erfassung der Gesamtfahrleistung werden Geschwindigkeits- und Gleichmäßigkeitsleistung zusammengefaßt. Als direktes Maß für die Geschwindigkeitsleistung dient die nach Verkehr und Spitzengeschwindigkeit korrigierte Durchschnittsgeschwindigkeit V_k . Damit aus den Werten direkt abgelesen werden kann, ob ein Fahrer mit seiner Geschwindigkeitsleistung über oder unter dem Durchschnitt liegt, werden die V_k auf den Mittelwert 0** und die mittlere quadratische Abweichung** 1 transformiert**. Das Resultat ist der Leistungs-faktor

$$L_1 = (V_k - \bar{V}_k) \cdot \sqrt{\frac{1}{s^2}},$$

der für unterdurchschnittliche Leistungen negativ, für überdurchschnittliche Leistungen positiv ist (Abb. 8)*. Der schlechteste Wert liegt bei —2,57, der beste bei 2,96. Der Wert 1,00 entspricht einer Leistungssteigerung von 3,1%, der Wert —1,00 einer gleich großen Leistungsminderung gegenüber der Normalleistung.

9. Die nach Verkehr, Durchschnitts- und Spitzengeschwindigkeit korrigierte Wechselzahl W_k ist ein direktes Maß für die Ungleichmäßigkeit des Fahrens. Durch die drei Korrekturen sind die Werte der verschiedenen Fahrer miteinander vergleichbar gemacht worden. Die W_k -Werte werden zunächst durch Bildung von $(W_k - \bar{W}_k)$ auf den Mittelwert 0 gebracht. Ein positiver Wert von $(W_k - \bar{W}_k)$ bedeutet überdurchschnittliche Ungleichmäßigkeit, also schlechte Leistung, ein

negativer Wert überdurchschnittliche Gleichmäßigkeit, also gute Leistung. Da aber der Gleichmäßigkeitsfaktor mit dem Geschwindigkeitsfaktor zusammengefaßt werden soll und bei diesem positive Werte gute Leistungen bedeuten, werden die Vorzeichen bei $(W_k - \bar{W}_k)$ umgedreht: $-(W_k - \bar{W}_k)$. Jetzt zeigt eine positive Zahl eine gute Leistung an. Die mittlere quadratische Abweichung** der Werte $-(W_k - \bar{W}_k)$ wird ebenso wie die der Werte für die Geschwindigkeitsleistung auf 1 normiert**. Das Ergebnis ist der Leistungsfaktor

$$L_2 = -(W_k - \bar{W}_k) \cdot \sqrt{\frac{1}{s^2}}$$

Die L_2 -Werte (Abb. 9)* liegen zwischen $-2,81$ und $2,10$. Der Wert $1,00$ entspricht einer Leistungssteigerung von $11,3\%$, der Wert $-1,00$ einer gleich großen Leistungsminderung gegenüber der Normalleistung.

10. Im Gesamtleistungsfaktor $L_3 = L_1 + L_2$ werden die beiden Einzelleistungen zusammengefaßt (Abb. 10)*. Da Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung** für L_1 und L_2 übereinstimmen, erreicht man durch Addition der Werte, daß Einzelleistungen in L_3 mit gleicher Stärke eingehen, daß also Geschwindigkeitsleistung und Gleichmäßigkeitsleistung für die Gesamtleistung von gleicher Bedeutung sind. Der schlechteste Wert für L_3 ist $-4,32$, der beste $3,17$. Der Mittelwert liegt bei 0 ** , die mittlere quadratische Abweichung** ist $1,4$.

3. Diskussion

An Hand einiger für jeden Fahrer bestimmter Fahrtwerte sollen Fahrweise und Fahrleistung diskutiert werden.

1. Der erste Fahrtwert F_1 wird durch die Spitzengeschwindigkeit V_s gebildet. Sie ist nicht vom Verkehr abhängig, da der Verkehr nicht so dicht ist, daß es dem Fahrer nicht möglich wäre, während 5% der Fahrzeit so schnell zu fahren, wie er es sich und dem Wagen zutraut bzw. beabsichtigt. Hohe Spitzengeschwindigkeit ist häufig das Zeichen für gute Beherrschung und Ausnutzung der Situationen. Wenn die Grenze der Fahrsicherheit nicht überschritten wird, setzt dies eine gute körperliche Verfassung und schnelles Reaktionsvermögen voraus. Es wird aber auch eine hohe Spitzengeschwindigkeit von Fahrern erreicht, die die Grenze der Fahrsicherheit überschreiten und durch ihr gewagtes Fahren das Fahrzeug nicht mehr beherrschen. Sie fahren entweder bewußt mit Risiko oder überschätzen ihre Fahrtüchtigkeit.

Eine mittlere Spitzengeschwindigkeit erzielen Fahrer, die bei Beherrschung des Wagens sich nicht verausgaben wollen (verhaltenes

Fahren) oder solche, deren Fahrtüchtigkeit gering ist, die aber versuchen, sich selbst und dem Wagen eine gute Leistung abzufordern.

Niedrige Spitzengeschwindigkeiten treten bei Fahrern auf, deren geringe Fahrfähigkeiten eine Steigerung der Spitzengeschwindigkeiten nicht erlauben, z. B. bei geringer Fahrerfahrung oder bei körperlichen Mängeln wie starkem Sehfehler, abnorm großer Reaktionszeit oder ähnlichem. Auch träge, phlegmatische Fahrer erreichen trotz durchschnittlicher Fahrtüchtigkeit nur eine niedrige Spitzengeschwindigkeit.

Tabelle 1. Beispiele zum Fahrtwert F_1

	Nr.	Beschreibung	F_1	F_2	F_3
groß	67	Sehr zügige, gekonnte, sichere Fahrweise. Seit 10 Jahren laufend Fahrpraxis . . .	99,0	699	510
	5	Sehr scharfe, manchmal leichtsinnige, das Leistungsvermögen überschreitende Fahrweise, dadurch oft unvorhergesehene Hindernisse, starker Geschwindigkeitsabfall, wenig Fahrpraxis			
mittel	85	Zügige, ruhige, sichere und gekonnte Fahrweise	87,5	623	381
	103	Ziemlich zügige, einigermaßen geschickte, aber nicht ganz sichere Fahrweise. Erst 1 Jahr Fahrpraxis	86,5	595	426
klein	60	Übervorsichtige Fahrweise, fast hinter jedem Lastzug und Lastwagen gehalten, nicht zügig überholt, nicht richtig geschaltet	74,5	571	311
	72	Sehr vorsichtige und einigermaßen sichere Fahrweise, häufig nicht zügig gefahren	73,5	586	341

2. Als zweiter Fahrtwert F_2 dient die nach Verkehr korrigierte Durchschnittsgeschwindigkeit V' . Sie ist noch von der Spitzengeschwindigkeit abhängig. Die Leistungswerte für die einzelnen Fahrer sind deshalb nicht miteinander vergleichbar. Ein großer Wert F_2 wird von Fahrern erreicht, die einen guten Überblick haben, die Situationen vorher abschätzen und ihre Geschwindigkeit danach einrichten. Sie bremsen und beschleunigen selten scharf und fahren zügig. Aber auch die Fahrer erlangen ein großes F_2 , die so lange als möglich mit äußerster Geschwindigkeit fahren, vor Kurven oder Hindernissen scharf bremsen um dann bei freier Fahrbahn stark zu beschleunigen.

Fahrer mit einer ausgeglichenen, ruhigen, auf Gleichmäßigkeit und Sicherheit bedachten Fahrweise oder langsamem Auffassungsvermögen erlangen einen mittleren Wert. Ein niedriger Wert wird von Fahrern erzielt, die übervorsichtig oder nervös sind, Entfernungen und Abstände schlecht schätzen können und deshalb häufiger als notwendig bremsen, oder sehr geringe Fahrerfahrung haben.

Tabelle 2. Beispiele zum Fahrtwert F_2

	Nr.	Beschreibung	F_1	F_2	F_3
groß	67	Sehr zügige, gekonnte, sichere Fahrweise. Seit 10 Jahren laufend Fahrpraxis . . .	99,0	699	510
	79	Fahrweise sehr zügig, sicher und gut. Oft starker Geschwindigkeitsabfall in Kurven	99,0	694	433
mittel	99	Fahrweise sicher, geschickt, einigermaßen zügig. Viel Fahrpraxis	86,5	611	467
	59	Gute, manchmal etwas zögernde Fahrweise	87,0	607	346
klein	80	Fahrweise sehr unsicher, besonders im Stadtverkehr, nicht zügig.	74,0	535	256
	19	Ruhige, oft sehr vorsichtige Fahrweise. .	80,0	553	402

3. Als drittes Maß für die Fahrweise (Fahrtwert) wird die nach Verkehr und Durchschnittsgeschwindigkeit korrigierte Wechselzahl $W'' = F_3$ herangezogen. F_3 läßt wegen der Abhängigkeit von der Spitzengeschwindigkeit noch keinen direkten Leistungsvergleich zwischen den Fahrern zu.

Großes F_3 ist das Resultat scharfen Fahrens, das durch häufiges starkes Beschleunigen und starkes Bremsen gekennzeichnet ist. Auch eine sehr unruhige, nervöse Fahrweise mit nicht der Verkehrssituation entsprechendem Beschleunigen und Bremsen verursacht einen großen F_3 -Wert.

Tabelle 3. Beispiele zum Fahrtwert F_2

	Nr.	Beschreibung	F_1	F_2	F_3
groß	73	Sehr gute, zügige, scharfe und sichere Fahrweise. Oft starker Geschwindigkeitsabfall	90,5	652	381
	8	Sehr nervöse, leichtsinnige Fahrweise, nicht immer Herr der Lage. Starke Geschwindigkeitsabfälle durch Verschätzen, scharfe Fahrweise	92,0	607	541
mittel	93	Fahrweise geschickt, sicher, nicht sehr zügig, aber gleichmäßige Geschwindigkeit. Viel Fahrpraxis	78,5	543	423
	103	Ziemlich zügige, einigermaßen geschickte, aber nicht ganz sichere Fahrweise. Erst 1 Jahr Fahrpraxis	86,5	595	426
klein	49	Sehr ruhig und sicher, etwas langsam . .	79,0	581	279
	33	Sehr vorsichtige, langsame, sichere Fahrweise	81,0	576	280

Eine ruhige, aber vorsichtige Fahrweise ergibt einen mittleren Wert für F_3 . Dasselbe ist der Fall bei einem Fahrer, der schnell, aber vorausschauend mit gutem Überblick fährt. Kleine F_3 -Werte erreichen die Fahrer, die bei mittlerer oder niedriger Durchschnittsgeschwindigkeit sehr ruhig, verhalten und gleichmäßig fahren.

4. Im Unterschied zu F_2 ist L_1 durch die Korrektur nach der Spitzengeschwindigkeit ein Leistungsfaktor, aus dem sich nicht mehr die Fahrweise, dafür aber die Güte des Fahrers erkennen läßt (Abb. 8). In den L_1 -Werten wird die Geschwindigkeitsleistung, nicht die Geschwindig-

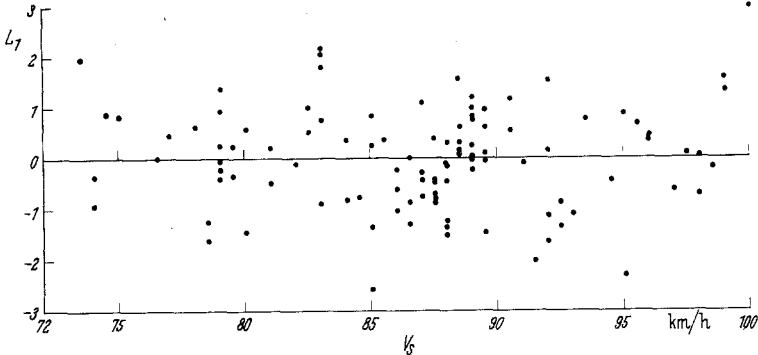


Abb. 8. Leistungsfaktor L_1 als Funktion der Spitzengeschwindigkeit

Tabelle 4. Beispiele zum Leistungsfaktor L_1

	Nr.	Beschreibung	L_1	L_2	L_3
gut	74	Fahrweise geschickt, sicher, schnell, zügig. Manchmal Kurvenfestigkeit des Wagens zu hoch eingeschätzt	1,526	-1,925	-0,399
	23	Zügige, sehr gleichmäßige, ruhige Fahrweise, wenig scharfes Bremsen, Strecke gut bekannt.	2,058	0,709	2,767
mittel	49	Sehr ruhig und sicher, etwas langsam	0,250	1,763	2,013
	71	Sehr vorsichtig und manchmal unsichere Fahrweise. Selten schneller als 80 km/h gefahren	-0,015	-0,049	-0,064
schlecht	21	Sehr vorsichtige, trotzdem einigermaßen zügige, unausgeglichene und manchmal unsichere Fahrweise, oft unnötige Geschwindigkeitsminderung	-2,568	-1,756	-4,324
	5	Sehr scharfe, manchmal leichtsinnige, das Leistungsvermögen überschreitende Fahrweise, dadurch oft unvorhergesehene Hindernisse, starker Geschwindigkeitsabfall, wenig Fahrpraxis	-2,302	-1,292	-3,594

keit selbst (wie in F_2) ausgedrückt; denn es ist eine bessere Leistung, bei niedriger Spitzengeschwindigkeit eine hohe Durchschnittsgeschwindigkeit zu fahren als bei größerer Spitzengeschwindigkeit.

5. L_2 gibt die Gleichmäßigkeit und Zügigkeit des Fahrens wieder, wobei aber neben dem Verkehr noch berücksichtigt ist, daß es bei hoher Spitzengeschwindigkeit nicht so einfach ist, gleichmäßig zu fahren, wie

bei niedriger Spitzengeschwindigkeit. Da in L_2 eine Leistung bewertet werden soll, sind die Werte auf gleiche Spitzengeschwindigkeiten bezogen worden (Abb. 9).

Gute L_2 -Werte finden sich bei den Fahrern, die sehr ruhig, aber trotzdem schnell fahren. Bei F_3 , dem noch von der Spitzengeschwindigkeit abhängigen Fahrwert, erreichen solche Fahrer einen schlechteren

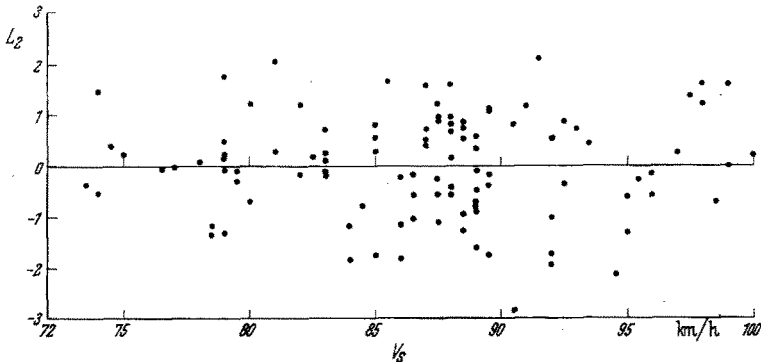


Abb. 9. Leistungsfaktor L_2 als Funktion der Spitzengeschwindigkeit

Tabelle 5. Beispiele zum Leistungsfaktor L_2

	Nr.	Beschreibung	L_1	L_2	L_3
gut	61	Gute, sichere und zügige Fahrweise	-1,983	2,100	0,117
	49	Sehr ruhig und sicher, etwas langsam	0,250	1,763	2,013
mittel	71	Sehr vorsichtige und manchmal unsichere Fahrweise. Selten schneller als 80 km/h gefahren	-0,015	-0,049	-0,064
	98	Sehr vorsichtige, sichere, geschickte Fahrweise. „Ich kenne den Wagen zu wenig“	0,623	0,077	0,700
schlecht	73	Sehr gute, zügige, scharfe und sichere Fahrweise. Oft starker Geschwindigkeitsabfall	1,154	-2,810	-1,656
	8	Sehr nervöse, leichtsinnige Fahrweise, nicht immer Herr der Lage. Starke Geschwindigkeitsabfälle durch Verschätzen, scharfe Fahrweise . . .	-1,610	-1,735	-3,345

Wert, weil sie im Vergleich mit ebenso ruhigen, aber langsameren Fahrern eine größere Wechselzahl haben. Fahrer, die bei unruhiger, nervöser Fahrweise keine hohe Spitzengeschwindigkeit erreichen, haben den niedrigsten L_2 -Wert. Diejenigen, die durch scharfe Fahrweise eine hohe Wechselzahl, aber auch eine hohe Spitzengeschwindigkeit erreichen, erhalten durch die Korrektur der Spitzengeschwindigkeit einen besseren L_2 -Wert.

6. In der Gesamtleistung sind Fahrer mit guter Geschwindigkeits- und Gleichmäßigkeitsleistung am besten; ist der Wert für die eine groß

und für die andere klein, oder sind beide Werte durchschnittlich, so ergibt sich ein mittlerer L_3 -Faktor. Sind L_1 und L_2 negativ, die Leistungen also schlecht, so ist die Gesamtleistung auch schlecht (Abb. 10).

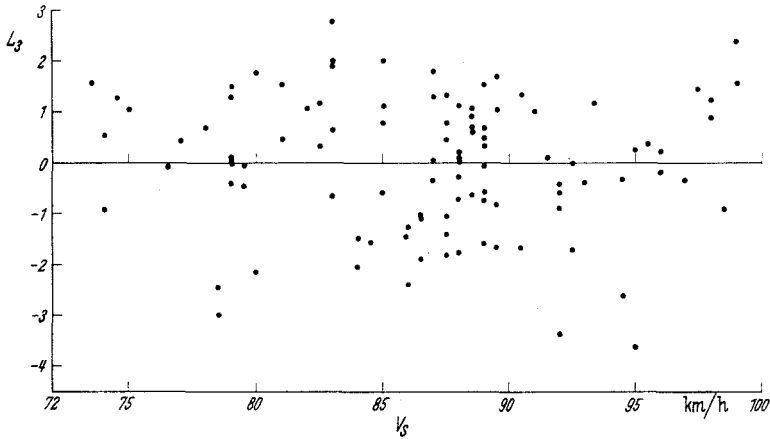


Abb. 10. Leistungsfaktor L_3 als Funktion der Spitzengeschwindigkeit

Tabelle 6. Beispiele zum Leistungsfaktor L_3

	Nr.	Beschreibung	L_1	L_2	L_3
gut	101	Sehr gekonnte, sichere und zügige Fahrweise. Viel Fahrpraxis	0,357	1,657	2,014
	23	Zügige, sehr gleichmäßige, ruhige Fahrweise, wenig scharfes Bremsen, Strecke gut bekannt.	2,058	0,709	2,767
mittel	47	Ruhiges Fahren mit nur mäßigen Spitzen. Selten schneller als 80 km/h gefahren	-0,228	0,225	-0,003
	71	Sehr vorsichtige und manchmal unsichere Fahrweise. Selten schneller als 80 km/h gefahren	-0,015	-0,049	-0,064
schlecht	8	Sehr nervöse, leichtsinnige Fahrweise, nicht immer Herr der Lage. Starke Geschwindigkeitsabfälle durch Verschätzen, scharfe Fahrweise . . .	-1,610	-1,735	-3,345
	5	Sehr scharfe, manchmal leichtsinnige, das Leistungsvermögen öfters überschreitende Fahrweise, dadurch oft unvorhergesehene Hindernisse, starker Geschwindigkeitsabfall, wenig Fahrpraxis	-2,302	-1,292	-3,594

7. Die Ermittlung der drei Leistungsfaktoren L_1 , L_2 und L_3 ermöglicht die Erfassung der Leistungsfähigkeit des Kraftwagenlenkers. Hierbei wird die Geschwindigkeits-, Gleichmäßigkeits- und Gesamtleistung getrennt errechnet und bewertet und kann dann zu der Gesamtbeurteilung der Fahrleistung zusammengefaßt werden.

Zusammenfassung

Eine Methode zur Erfassung der Fahrweise durch fortlaufende Registrierung der Fahrzeugbewegungen wurde entwickelt. Im normalen Straßenverkehr eines durchschnittlichen Straßensystems mit einer Länge von 117,0 km wurden 105 Fahrten unternommen. Das Fahrerkollektiv war entsprechend der allgemeinen Fahrerfahrung der Kraftfahrer ausgewählt. Die Meßergebnisse wurden mit mathematisch-statistischen Methoden in Leistungsfaktoren umgewandelt, die die Geschwindigkeits- und die Gleichmäßigkeitsleistung messen. Die Geschwindigkeitsleistungen, die weniger als $\pm 3\%$ vom Mittelwert abweichen, gelten als Normalleistungen. Die Geschwindigkeitsleistung streut von -8% bis $+9,2\%$ der Durchschnittsleistung.

Die Gleichmäßigkeitsleistungen, die bis $\pm 11,3\%$ vom Mittelwert abweichen, gelten als Normalleistungen. Die Gleichmäßigkeitsleistung streut von $-31,8\%$ bis $+23,7\%$ der Durchschnittsleistung.

Literatur

ABELE, G.: Abhängigkeit der Fahrweise bei Trunkenheit am Steuer von Lichtverhältnissen sowie Straßen- und Reifenbeschaffenheit. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1956**, 185. — BORNEMANN, E.: Untersuchungen über den Grad der geistigen Beanspruchung. Arb.physiol. Z. Physiol. d. Menschen bei Arbeit und Sport. **1943**, 142. — BRAMESFELD, E., u. O. GRAF: Praktisch-psychologischer und arbeitsphysiologischer Leitfadens für das Arbeitsstudium. München: Hauser 1949. — BUSSIEN, R.: Automobiltechnisches Handbuch, S. 661. Berlin: Herb. Cram 1951. — GRAF, O.: Über den Zusammenhang zwischen Alkoholblutkonzentration und psychischer Alkoholwirkung. Arb.physiol. **1933**, 169. — Eine Methode zur Untersuchung der pharmakologischen Beeinflussung von Koordinationsleistungen. Arb.physiol. **1943**, 449. — GROSSJOHANN, A.: Der Unfälle im motorisierten Straßenverkehr. Z. Verk.Sich. **1954/55**, 521. — Krankheit und Verkehrsunfall. Med. Monatsspiegel. **1956**, H. 2. — LOSSACK, H.: Die Blendstörwirkung im Straßenverkehr. Dtsch. Kraftfahrforsch. **1955**, H. 90. — MOEDE, W.: Die Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen und ihre Begutachtung. Z. Verk.Sich. **1954**, 3. — RANKE, O. F.: Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Körpers an die durch die Technik veränderten Lebensbedingungen. Verk.-Sich. **1952**, 201. — REBENTISCH, J.: Einfluß der Abmessungen und geometrischen Formen des Hohlspiegels auf die Lichtverteilung und den Wirkungsgrad von Kraftfahrzeugscheinwerfern. ATZ **52**, H. 3 u. H. 4, (1950). — Die Sehweite des Kraftfahrers unter dem Einfluß der Blendung. ATZ **53**, H. 12 (1951); **54**, H. 11 (1952). — SACHSENWEGER, R.: Die Tiefensehschärfe in der Dämmerung. Graefes Arch. **1954**, 496. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Ermüdung auf das räumliche Sehen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1955**, 66. — SCHOLZ, H.: Über den Einfluß der Blendung auf die Dämmersehleistung. Arb.physiol. **1953**, 1. — SHAW, W. J.: Prolonged car driving; industrial experiments in progress, April 1955. — SIMONEIT, M.: Eignungspsychologie in der deutschen Wehrmacht zwischen dem ersten und dem zweiten Weltkrieg. Z. Verk.-Sich. **1954**, 132. — STUDNITZ, G. v.: Die medikamentöse Beeinflussung des Helligkeits- und Farbensehens. Dtsch. med. Wschr. **1951**, 550.

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. med. GÖTZ ABELE, Institut für Gerichtliche Medizin
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster i. Westf.