

# GERÄTE FÜR DIE BESTIMMUNG DES KRAFTSTOFF- VERBRAUCHES VON VERBRENNUNGSMOTOREN\*

ANFORDERUNGEN, ÜBERSICHT DER MESSVERFAHREN UND BAUARTEN

Von

E. KOVÁCS

Lehrstuhl für Schienenfahrzeuge, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 16. Oktober 1971)

Vorgelegt von Prof. Dr. K. HORVÁTH

## Einleitung

In den letzten zwei Jahrzehnten werden neben den gewissermaßen schon für klassisch geltenden Ausführungen zahlreiche neue Gerätetypen zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauches der Verbrennungsmotoren eingesetzt.\*\* Die Auswahl des für die praktische Aufgabe am besten geeigneten Verbrauchsmessers erfordert eine immer größere Übersicht.

Der zweckdienlichste, die Anforderungen optimal befriedigende Verbrauchsmesser kann nur ausgewählt, eine neue Ausführung nur dann beurteilt oder für einen neuen Typ nur dann zuverlässig ein Entwicklungsziel gesetzt werden, wenn für die große Anzahl der fraglichen Lösungen ein eindeutiges Bewertungssystem zur Verfügung steht. Als zweckmäßige Bewertungsgrundlage bietet sich die Prüfung der Frage, inwiefern das untersuchte Gerät die an die Verbrauchsmesser gestellten Forderungen erfüllt. Für die Bewertung sind ferner auch die wichtigsten Grundbegriffe zu klären, festzulegen. Anhand einer Systematisierung nach Meßverfahren und Bauart wird man sich unter der großen Anzahl der Geräte leichter zurechtfinden, die verhältnismäßigen Vor- und Nachteile der verschiedenen Lösungen besser beurteilen können. Darüber hinaus ist die Systematisierung dazu geeignet, die Grundlage für Weiterentwicklungen zu bilden, indem sie die Aufmerksamkeit auf noch nicht angewandte Meßprinzipkombinationen lenkt.

Aus dem Fachschrifttum läßt sich feststellen, daß die an Verbrauchsmesser gestellten Anforderungen bis jetzt nicht genau formuliert wurden, die meßtechnischen Grundbegriffe nicht eindeutig interpretiert werden, eine einigermaßen umfassende Systematisierung der Kraftstoffmesser nicht vorhanden ist.

Im vorliegenden Beitrag wurden als erster Schritt der Arbeit die an die Verbrauchsmesser gestellten Forderungen gesammelt und die Meßgeräte nach Meßverfahren und Bauart in ein System gebracht.

\* Der Beitrag ist die Kurzfassung eines Abschnitts der unter dem gleichen Titel in Vorbereitung befindlichen Arbeit des Verfassers zur Erlangung des Grades eines Dr. techn.

\*\* Die zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauches von Verbrennungsmotoren dienenden Geräte sollen im weiteren — wo irgend möglich — kurz Verbrauchsmesser genannt werden.

### An die Verbrauchsmesser gestellte Forderungen

Die an Verbrauchsmesser gestellten Forderungen werden zum Teil bei der Prüfung der Kennwerte, der vorteilhaften Eigenschaften der zur Ausführung gelangten Geräte erkannt, zum Teil aus den Ansprüchen abgeleitet. Nach der Auswertung einer bedeutenden Anzahl von Ausführungen läßt sich feststellen, daß angestrebt wird, eine oder eine Gruppe der folgenden Forderungen zu erfüllen:

- Empfindlichkeit;
- geringer Meßfehler, Meßfehler und Fehlerkurve sollen bekannt sein;
- hinreichend großer Meßbereich;
- Bestimmung mit geringem Meßfehler von sehr niedrigen Verbrauchswerten;
- Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse innerhalb enger Fehlergrenzen;
- Ein- und Nachstellbarkeit zur Behebung von fertigungstechnischen Ungenauigkeiten oder Verschleiß während des Betriebes;
- Unempfindlichkeit der Viskosität des Meßgutes gegenüber;
- Eignung zur Messung der Kraftstoffe verschiedener Dichte und Viskosität (Gasöl, Benzin);
- minimaler Druckverlust, u. U. gleich Null beim Einbau des Gerätes in eine Rohrleitung;
- der Betrieb soll womöglich keine Hilfsenergiequelle (z. B. Stromquelle) erfordern;
- wäre dennoch eine Hilfsenergiequelle nötig, soll der Leistungsbedarf gering sein;
- das Gerät soll zur Bestimmung des Gesamtverbrauchs geeignet sein;
- es soll die Ermittlung des Verbrauchs je Zeiteinheit gestatten;
- die Bestimmung des Augenblickswertes des Verbrauchs ermöglichen;
- sich zum Einbau in einen Regelkreis,
- zum Anschluß an einen Datenspeicher eignen;
- mit einem Beeinflussungsorgan ausgerüstet sein, das den Betrieb des Verbrennungsmotors bei optimalem Kraftstoffverbrauch ermöglicht oder gewährleistet;
- Einfachheit;
- niedrige Investitions-, Instandhaltungs- und Betriebskosten;
- geringer Raumbedarf;
- die Ausführungsform soll sich an die Meßaufgabe sowie an die Verwendungs- und Einbaubedingungen anpassen lassen;
- das Gerät soll sich sowohl für Labormessungen wie auch für Messungen in Betrieb eignen;
- Unempfindlichkeit gegenüber mechanischen, chemischen und elektrischen Angriffen;

- Betriebssicherheit;
- das etwaige Versagen des Meßgeräts darf keine Betriebsunfähigkeit des Verbrennungsmotors zur Folge haben.

Selbstverständlich ist z. Z. kein Gerät bekannt, das sämtliche Forderungen auch nur annähernd erfüllen könnte. Die Entwicklung der Vielfalt der Geräte liegt gerade darin begründet, daß sie einer oder mehreren Forderungen in überdurchschnittlichem Maße, auf einem höheren Niveau entsprechen.

Die Forderungen lassen sich zum Teil nur auf Kosten anderer erfüllen. Dieser Widerspruch führt bei der Entwicklung der Geräte zu Kompromissen.

Es liegt auf der Hand, die widersprüchlichen Forderungen einander entgegenzustellen. Anstatt sie aufzuzählen, sollen über die Anforderungen einige Bemerkungen gemacht werden.

Aus der vorstehenden Aufführung sind Betriebssicherheit und die Forderung, daß das etwaige Versagen des Verbrauchsmessers die Betriebsfähigkeit des Verbrennungsmotors nicht beeinträchtigen darf, besonders hervorzuheben. Das ist die Grundbedingung der Brauchbarkeit eines stetig arbeitenden, also auf das Fahrzeug oder auf den Verbrennungsmotor ständig montierten Meßgerätes.

Ähnlich wie auf anderen Gebieten der Technik, führten die hohen Anforderungen der Kriegstechnik, vor allem der Flugzeugindustrie, zur Entwicklung von komplexen Einrichtungen, die sich bald auch auf anderen Gebieten der Industrie bzw. des Verkehrs geltend machen. Diese messen den Gesamtverbrauch, die Zeiteinheits-, Augenblicks- und spezifischen Werte des Verbrauchs, können an Datenspeicher angeschlossen werden und sind in den Regelkreis der Getriebe eingebaut. Derartige Ausführungsformen sind sehr kostspielig. Es ist jedoch die Tendenz zu verzeichnen, derartige Geräte in Prüfständen, für die Prüfung von großen Schiffsmotoren einzubauen und in Zukunft werden sie voraussichtlich auch im Eisenbahnbetrieb eingesetzt werden. Auch bei einfacheren Lösungsformen ist es auffallend, daß sie durch andere Zweige von der Flugzeugindustrie übernommen wurden.

Für einen breiteren Einsatz im Eisenbahn- und Kraftfahrzeugbetrieb, in der Landwirtschaft oder in der Bauindustrie sind jedoch in erster Reihe einfache und kostengünstige Meßgeräte geeignet.

Die vorstehende Aufführung der Anforderungen erfolgte keineswegs in der Reihenfolge der Wichtigkeit. Es hängt vor allem von der Bestimmung des gegebenen Gerätes ab, wie die einzelnen Forderungen bei der Konstruktion ins Gewicht fallen.

## Übersicht der Meßverfahren und Bauart der Verbrauchsmesser

In der Fachliteratur werden die Methoden zur Mengenummessung von Flüssigkeiten im allgemeinen oder nur von strömenden Flüssigkeiten sowie die entsprechenden Meßgeräte in einer großen Anzahl von Büchern und Veröffentlichungen behandelt. In der Mehrzahl beschäftigen sich diese lediglich mit den theoretischen und praktischen Seiten einer einzigen oder einiger Methoden. Beschreibungen mehrerer Methoden und eine gewisse Systematisierung werden in den Arbeiten von BECZKÓY und HARGITTAY [1], HABERLAND [2], KREMLEWSKI [3], KALKHOF [4], EDINGER und THOMAE [5], MEYER [6] und KATISZ [7] gegeben. Von den Beiträgen in Zeitschriften, die eine Übersicht geben, sind die Publikationen von EGGERS [8] und LOHMANN [9] hervorzuheben. SÜSS [10] und LIVESEY [11] beschreiben mehrere Meßverfahren ohne den Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs der Verbrennungsmotoren läßt sich meistens auf die Mengenummessung von strömenden Flüssigkeiten zurückführen. Daher sind im Prinzip die Methoden und Geräte zur Durchfluß- bzw. Mengenummessung von Flüssigkeiten für die Verbrauchsmessung geeignet. Bei der Systematisierung der Verbrauchsmesser darf dennoch nicht nur von der üblichen Gruppierung der Durchflußmesser oder Strömungsmesser ausgegangen werden. Einerseits dürfen bei Verbrauchsmessern die zahlreichen Methoden und Geräte für Strömungsmessungen in offenen Leitungen unbeachtet bleiben, während eine Anzahl Methoden und Geräte bekannt sind, die infolge ihres Betriebsprinzips lediglich zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs der Verbrennungsmotoren geeignet sind.

Die Verbrauchsmesser werden in zahlreichen Veröffentlichungen behandelt, die sich jedoch größtenteils auf die Beschreibung des Prinzips, der Konstruktion und der Anwendung einer bestimmten Ausführung beschränken. Mehrere Methoden bzw. Geräte werden in den Fachbüchern über die Prüfung der Verbrennungsmotoren, vor allem in den Arbeiten von JUDGE [12], TERPLÁN [13] und EISELE [14] beschrieben, jedoch werden sie auch von diesen Verfassern in kein umfassendes System gebracht.

Die Verbrauchsmesser lassen sich am zweckmäßigsten nach Meßverfahren und Bauart systematisieren. Eine Systematisierung auf dieser Grundlage wird durch den Umstand gerechtfertigt, daß Anwendungsbereiche, Ausführungsformen und Abmessungen (Meßbereiche) nach der Vielfalt der Geräte sehr verschieden sind.

Die Verbrauchsmesser wurden also in der vorliegenden Arbeit nach Meßverfahren und Bauart gruppiert (Abb. 1, Beilage). Es ist logisch und zweckmäßig, dabei eine »mehrstufige« Gliederung anzusetzen. Auf den »Stufen« 1, 2 und 3 wurde die Gliederung nach den Grundprinzipien des Meßverfahrens unternommen, auf den »Stufen« 4, 5, 6 und 7 wurden Untergruppen unter Berück-

sichtigung der konstruktiven Lösungen gebildet, während auf »Stufe« 8 einzelne Verbrauchsmessertypen mit unterschiedlichen Betriebsprinzipien erfaßt wurden. Innerhalb einzelner Typen würden z. B. Gliederungen je nach Ansprech- oder Steuerorgan (mechanische, hydraulische, elektrische, elektronische Organe) eine weitere »Stufe« darstellen; noch weitere »Stufen« könnten sich aus der Gliederung nach der konstruktiven Ausführung oder nach Herstellerwerk ergeben. Die letzteren beiden »Stufen« stellen bereits keinen grundsätzlich neuen Verbrauchsmessertyp dar, daher wurden sie bei der Zusammenstellung außer acht gelassen.




Bei der Übersicht der Verbrauchsmesser in Abb. 1 wurde von den ausgeführten Geräten ausgegangen, die Möglichkeiten blieben unberücksichtigt. Neben der Fachliteratur wurden auch die ungarischen, österreichischen, schweizerischen, deutschen (DDR und BRD) sowie englischen Patente herangezogen. Obwohl eine große Anzahl der Quellenwerke erfaßt wurde, ist es nicht ausgeschlossen, daß der eine oder andere Typ dem Verfasser entgangen ist. Es hat jedoch keine Schwierigkeit — und kam auch während der Arbeit mehrfach vor —, weitere Typen in das Schema einzufügen.

Einzelne Verbrauchsmessertypen lassen sich auch auf mehrfache Weise einordnen. Solche sind z. B. die nach dem Prinzip der Wegmessung konstruierten Geräte, wo die Flüssigkeit die Schaufelung eines Laufrads durchströmt und dabei das Laufrad mit einer der Strömungsgeschwindigkeit proportionalen Umdrehungszahl dreht. Jede Laufradumdrehung entspricht einer gewissen Weglänge des Flüssigkeitsstromes. Der freie Durchflußquerschnitt ist bekannt, damit läßt sich einer jeden Laufradumdrehung eine bestimmte durchströmende Kraftstoffmenge zuordnen. Durch Summierung der Laufradumdrehungen erhält man die im gegebenen Zeitraum durchströmende gesamte Flüssigkeitsmenge, in diesem Sinne wird also mit diesen Geräten die Gesamtmenge gemessen. Mit Hilfe des die augenblickliche Laufradumdrehungszahl anzeigenden Instruments erhält man hingegen die in der Zeiteinheit durchströmende Kraftstoffmenge; das Gerät kann also zur Messung des momentanen Verbrauches eingesetzt werden.

Eine beträchtliche Anzahl der Geräte ist zur direkten Bestimmung des spezifischen Kraftstoffverbrauches geeignet. Einer der Hauptbauteile dieser Geräte ist ein Verbrauchsmesser nach einem der Typen in Abb. 1, der andere ein Mechanismus, der die Menge im Verhältnis zur Leistung des Verbrennungsmotors (in  $[g/PS\text{h}]$  ausgedruckter spezifischer Verbrauch) oder im Verhältnis zum durch das Fahrzeug zurückgelegten Weg (in  $[l/km]$  ausgedruckter spezifischer Verbrauch) mißt. Durch die Verbindung dieser beiden Hauptmechanismen wird das Instrument für die direkte Bestimmung des spezifischen Kraftstoffverbrauches ausgebildet.

Zur besseren Übersicht sind im weiteren die wichtigsten Kennwerte der verschiedenen Verbrauchsmessertypen in Tabelle 1 zusammengefaßt. Von

Tabelle 1

Nr.	Verbrauchsmessertyp	$\Sigma Q$	$dq/dt$				$[\Delta Q] \pm \dots \%$	Entw. st.
1	Vbrm. mit Meßgefäßen	+		+			0,2-5	+++
2	Einzyylinder-Schaltkolben-Vbrm.	+			+		0,2-3	+++
3	Mehrzyylinder-Hubkolben-Vbrm.	+		+		+	0,5-2	++
4	Lamellen-Vbrm.	+	+	+				+
5	Ringkolben-Vbrm.	+	+	+			<1	++
6	Ovalrad-Vbrm.	+	+	+			0,1-1	+++
7	Zahnrad-Vbrm.	+	+	+			<0,2	+++
8	Membran-Vbrm.	+			+		0,2-3	++
9	Schaltkolbenvbrm. mit Rollmembrane	+			+			+
10	Mehrstrahl-Flügelradvbrm.	+	+	+			>3	+
11	Turbinenvbrm.	+	+	+	+		0,25-1	+++
12	Kraftstoffverbrauchsmessung nach der gravimetrischen Methode	+		+	+		0,2-2	+++
13	Massenströmungsmesser	+	+			+	<1	+++
14	Venturi-Rohr, Querschnittsverengung		+	+			<1	+++
15	Hydraulische Wheatstone-Brücke		+	+			<0,5	+
16	Vbrm. mit Drosselstück		+			+		+
17	Vbrm. mit Prallplatte		+			+	<5	+
18	Vbrm. mit Prallplatte mit Winkelausschlag		+			+	<5	+
19	Schwebekörper-Vbrm.		+	+		+	1-2	+++
20	Schwebekörper-Vbrm. mit Schlitzsteuerung		+	+		+		+
21	Hitzdrahtvbrm.		+	+		+	1-5,5	+
22	Mechanische Kraftstoffzähler	+				+		+
23	Elektrische Kraftstoffverbrauchsmesser		+			+		+

Die Abkürzung in der Tabelle: Vbrm. = Verbrauchsmesser

den an diese Instrumente gestellten Forderungen wurden die den Meßfehler betreffenden Daten hervorgehoben, da sich bei der Wahl des geeigneten Verbrauchsmessers meistens diese Frage stellt. Aus der Tabelle erhält man Auskunft darüber, ob der Verbrauchsmesser

ein Gesamtmengenmesser ( $\Sigma Q$ )

ein den Momentanverbrauch anzeigendes Instrument ( $dq/dt$ )

eine Labor- (Einbau-)einrichtung  $\left( \begin{array}{c} \text{Rechteck} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$

ein auf das Fahrzeug provisorisch montiertes Prüfgerät  $\left( \begin{array}{c} \text{Rechteck} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$

ein auf das Fahrzeug ständig montiertes Prüfgerät  $\left( \begin{array}{c} \text{Rechteck} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$  ist;

in welchen Grenzen sich die Meßfehler im Betriebsbereich halten ( $[\Delta Q]$ );

wie hoch der Entwicklungsstand ist (Etw. st.).

Gliederungsstufen

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

Kraftstoffverbrauchsmesser für Verbrennungsmotoren

Verbrauchsmesser für die Bestimmung der die Kraftstoffteilung durchströmenden Flüssigkeit

Meßgeräte zur indirekten Bestimmung des Kraftstoffverbrauches

Gesamt mengenmesser (Mengen-Zähler)

Verbrauchsmesser zur Messung des Momentanwertes des Durchflusses

Geräte zur Bildung des Produkts aus der Motorumdrehungszahl und der Einspritzmenge proportionalen Größen

Verbrauchsmesser auf volumetrischer Grundlage (Volumen-Zähler)

Verbrauchsmesser auf Massenmessungsbasis (Massen-Zähler)

Verbrauchsmesser nach dem Prinzip der Druckdifferenzmessung

Strömungsdruck-Verbrauchsmesser

Verbrauchsmesser besonderer Art

Gesamt mengenmesser (Mengen-Zähler)

Geräte zur Bestimmung des Momentanwertes des Kraftstoffverbrauches

Verbrauchsmesser mit Meßkammern

Verbrauchsmesser ohne Meßkammern

Verbrauchsmesser mit Meßkammern

Verbrauchsmesser ohne Meßkammern

Verbrauchsmesser mit unveränderlichem Durchflußquerschnitt

Verbrauchsmesser mit veränderlichem Durchflußquerschnitt

Verbrauchsmesser mit unveränderlichem Durchflußquerschnitt

Verbrauchsmesser mit veränderlichem Durchflußquerschnitt

Verbrauchsmesser mit unbeweglichen Meßkammerwänden

Verbrauchsmesser mit beweglichen Meßkammerwänden

Verbrauchsmesser nach dem Wegmessungsprinzip

Verbrauchsmesser mit unbeweglichen Meßkammerwänden

Elektrischbetriebebene Massenströmungsmesser

Verbrauchsmesser mit starren Meßkammerwänden

Verbrauchsmesser mit elastischen Meßkammerwänden

Verbrauchsmesser mit tangentialer Beaufschlagung des Flügelrades

Verbrauchsmesser mit axialer Beaufschlagung des Flügelrades

Schallkolben-Verbrauchsmesser

Drehkolben-Verbrauchsmesser

Membran-Verbrauchsmesser

Verbrauchsmesser mit Meßgefäßen

Einzylinder-Schallkolben-Verbrauchsmesser

Mehrzylinder-Hubkolben-Verbrauchsmesser

Lamellen-Verbrauchsmesser

Ringkolben-Verbrauchsmesser

Ovalrad-Verbrauchsmesser

Zahnrad-Verbrauchsmesser

Membran-Verbrauchsmesser

Schallkolben-Verbrauchsmesser mit Rollmembrane

Einstrahlfügelrad-Verbrauchsmesser

Mehrstrahl-Fügelrad-Verbrauchsmesser

Turbinen-Verbrauchsmesser

Kraftstoffverbrauchsmessung nach der gravimetrischen Methode

Massenströmungsmesser mit elastisch gekuppeltem Drehrstück

Venturi-Rohr (Querschnittsverengung)

Hydraulische Wheatstone-Brücke

Verbrauchsmesser mit Drosselstück

Verbrauchsmesser mit geradlinig beweglicher Prallplatte

Verbrauchsmesser mit Prallplatte mit Winkelausschlag

Schwebekörper-Verbrauchsmesser

Schwebekörper-Verbrauchsmesser mit Schlitzeuerung

Hitzdraht-Verbrauchsmesser

Elektromagnetischer Verbrauchsmesser

Ultraschall-Verbrauchsmesser

Mechanische Kraftstoffzähler

Elektrische Kraftstoffverbrauchsmesser

Abb. 1

In den Klammern sind die Zeichen in Tabelle 1 für die angeführten Begriffe angegeben. Das + Zeichen zeigt den Charakter und die Anwendung des betreffenden Typs an. Für die Meßfehler wurden die Grenzwerte der dem Fachschrifttum entnommenen Angaben angeführt. Der untere Grenzwert ist in der Regel der zum Konstruktionspunkt des Verbrauchsmessers gehörende niedrigste Meßfehler, der obere Grenzwert der höchste relative Meßfehler bei geringem Verbrauch.

Der Entwicklungsstand wurde in Anlehnung an die Fachliteratur, doch im wesentlichen nach subjektiver Beurteilung des Verfassers bewertet; dabei bedeuten + einen niedrigen, ++ einen mittelmäßigen und +++ einen hohen Entwicklungsstand.

Es wurde der Entwicklungsstand eines Verbrauchsmessers als niedrig bezeichnet, wenn Patente, Veröffentlichungen über Geräte, die nach dem für den betreffenden Typ kennzeichnenden Betriebsprinzip arbeiten, bekannt sind, einzelne derartige Geräte auch hergestellt wurden, jedoch keine Angaben über eine breitere Anwendung vorhanden sind. Die Geräte auf mittelmäßigem Entwicklungsstand wurden in breiterem Umfang eingesetzt, meistens auch in mehreren Ausführungen. Die hochentwickelten Geräte werden von mehreren Werken seit längerer Zeit in großer Anzahl erzeugt bzw. wird die Methode allgemein angewandt. Auch die in geringerer Stückzahl unter Umständen in Einzelfertigung hergestellten Kraftstoffmesser wurden hierher gezählt, die mit Hilfe von Zusatzeinrichtungen ermöglichen, einen sehr niedrigen Meßfehler zu haben.

Aus Tabelle 1 läßt sich feststellen:

1. Für Labormessungen stehen mehrere Methoden bzw. Verbrauchsmesser mit geringem Meßfehler und hohem Entwicklungsstand zur Verfügung (in der Tabelle: 1, 3, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 19). Unter diesen sind sowohl Gesamt mengenmesser (1, 3, 6, 7, 11, 12) wie auch den Momentanverbrauch anzeigende Instrumente (6, 7, 11, 14, 15, 19). Es wurden auch Meßgeräte für sehr kleine Durchflußmengen entwickelt (7, 15).

2. Die Auswahl an Prüfgeräten, die auf Fahrzeuge zeitweilig montiert werden, ist nicht groß (2, 8, 11), wenn die Meßgefäße mit großem Meßfehler (1) und die Massenmeßmethode (12) sowie der Schaltkolbenverbrauchsmesser mit Rollmembrane (9) außer acht gelassen werden. Bei großen Durchflußmengen, also für Eisenbahn-Dieselmotoren, Schiffsmotoren, Flugzeugtriebwerke läßt sich der Turbinen-Verbrauchsmesser (11) anwenden, ein zuverlässiges, hochentwickeltes Gerät. Für geringere Motorleistungen, z. B. an Kraftfahrzeugen, werden Schaltkolben- (2) und Membran-Verbrauchsmesser (8) mit größerem Meßfehler eingesetzt. Turbinen-Verbrauchsmesser sind sowohl zur Gesamt mengenmessung wie auch für die Anzeige des Momentanverbrauches geeignet.

3. Von den auf das Fahrzeug ständig montierten Prüfgeräten werden einige Typen wegen ihrer Kostenaufwendigkeit einstweilen nur auf Flugzeugen



eingesetzt (3, 11, 13). Mit Ausnahme der Schwebekörper-Verbrauchsmesser (19) ist für alle übrigen Typen ein niedriger Entwicklungsstand kennzeichnend (16—18, 20—23); meistens handelt es sich lediglich um Einzelausführungen. Dabei deuten die Versuche mit einer Vielfalt von Typen darauf hin, daß die praktischen Forderungen in bezug auf einfache, billige Kraftstoffverbrauchsmesser bis jetzt unerfüllt blieben.

### Zusammenfassung

Anhand der Prüfung der Kennwerte, der günstigen Eigenschaften von ausgeführten Geräten sowie der Ansprüche wurde ein System der an Verbrauchsmesser gestellten Forderungen zusammengestellt. Diese Forderungen lassen sich teilweise lediglich auf Kosten anderer Forderungen erfüllen. Dieser Widerspruch führt bei der Konstruktion der Meßgeräte zu Kompromissen.

Die Verbrauchsmesser wurden nach den Meßverfahren und Bauarten in ein System eingeordnet. Das erarbeitete Schema weist eine mehrstufige Gliederung auf, die die Orientierung in der Vielfalt der Instrumente erleichtert, wobei sich neuere Typen leicht in das Schema einordnen lassen.

Der Übersichtlichkeit halber wurden die wichtigsten Kennwerte der verschiedenen Verbrauchsmessertypen in tabellarischer Form zusammengefaßt.

### Literatur

1. BECKKÓY, J.—HARGITTAY, E.: Mengenmeßgeräte.\* Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1959.
2. HABERLAND, L.: Wassermengenmeßung.\* Mérnöki Továbbképző Intézet, No. 3984, Budapest 1962.
3. KREMLEWSKI, P. P.: Raschodomery. Maschgis, Moskau, 1963.
4. KALKHOF, H. G.: Mengenmessung von Flüssigkeiten. Hanser Verlag, München 1964.
5. EDINGER, M.—THOMAE, H.: Durchflußmessung von Flüssigkeiten. Hallweg Verlag, Bern 1965.
6. MEYER, J.: Volumen- und Durchflußmessung von Flüssigkeiten und Gasen. VEB Verlag Technik, Berlin 1965.
7. KATISZ, G. P.: Moderne Durchflußmesser.\* Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1967.
8. EGGERS, G.: Kontinuierliche Volumenzählung flüssiger Körper. ATM, 1936. Nr. 3.
9. LOHMANN, H.: Messung fließender Stoffe. ATM 1936. Nr. 2, 3 und 4.
10. SÜSS, R.: Die Messung des Durchflusses von strömenden Stoffen. ATM 1959. Nr. 9. p. R. 89—92.
11. LIVESEY, R.: The control of flow. Engineering, 1969. No. 5365. p. 326—328.
12. JUDGE, A. W.: The testing of high speed internal combustion engines. Chapman and Hall Ltd., London 1955. p. 87—103.
13. TERPLÁN, S.: Kraftfahrzeugprüfungen.\* Tankönyvkiadó, Budapest 1961. p. 152—159. und 292—294.
14. Bussien Automobiltechnisches Handbuch. XVIII. Aufl. II. Band. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1965. EISELE, E.: p. 1163—1170.

\* In ungarischer Sprache.

Dr. Endre Kovács, 1502 Budapest, Postfach 91, Ungarn