

Résumé

Horst C. Schulz: "Functional Tests and Measurements with Tractor and Implement."

First the necessity of testing is discussed and the question of prototypes and test-stand testing is dealt with. To exemplify a test in agricultural engineering a tractor test with control hydraulics is described.

The main point of trials in which the function and measuring technique are to be tested is to drive with a minimum risk and to utilize the time as much as possible. Therefore, the measuring devices and transmitters must be as simple and reliable as they can be. The same applies to the whole procedure and arrangement of measurement. It follows that testing is often determined by the measuring method. When testing the control hydraulics, for example, the ploughing depth was recorded with a particularly reliable and simple method of measurement, which required however a special treatment of the soil. What matters is that with such measurements the reason and causes of the function can be cleared.

Horst C. Schulz: «Essais de fonctionnement et de mesure entrepris avec le tracteur et l'outil.»

On souligne d'abord la nécessité de l'essai et traite des prototypes et des essais au banc. On décrit ensuite l'essai d'un relevage hydraulique asservi incorporé au tracteur en tant qu'exemple d'un essai technique.

Pour la réalisation de l'essai de fonctionnement et des mesures, il importe de se déplacer avec un risque aussi faible que possible et

d'utiliser au maximum le temps d'essai. Les appareils de mesure et les organes transmetteurs doivent être aussi simples et sûrs que possible. C'est également nécessaire pour l'assemblage d'appareillage et sa disposition. C'est pourquoi il est souvent nécessaire d'adapter l'essai à la méthode de mesure. Pendant l'essai du relevage hydraulique asservi, on a par exemple enregistré la profondeur de labour à l'aide d'une méthode de mesure particulièrement sûre et simple, mais qui exigeait une préparation particulière du sol. Il importe surtout de telles mesures que les causes des réactions signalées puissent être éclaircies.

Horst C. Schulz: «Ensayo funcional y mediciones en tractor y aperos.»

Se trata primero de la necesidad de los ensayos, de los prototipos y de su ensayo en el banco de pruebas. Como ejemplo de una prueba de técnica agrícola se presenta el ensayo de una regulación hidráulica en un tractor.

En la comprobación funcional y de medición técnica es importante que se proceda con riesgo mínimo y con el mayor aprovechamiento de tiempo, por lo que los instrumentos y las transmisiones tienen que ser tan sencillos como sea posible, rigiendo lo mismo para la disposición de las mediciones, de lo que resulta que con frecuencia el ensayo depende del método de medición. Así se ha registrado p. e. la profundidad del surco en unas pruebas de la hidráulica de regulación con un método especialmente sencillo y seguro, pero que exigió un tratamiento especial del campo. En tales mediciones el punto esencial consiste en aclarar las causas de la función.

Helmut Laible:

Lebensdauerprüfung von Fahrzeugbauteilen im Labor

Der folgende Aufsatz ist ein Auszug aus dem Referat, das Ing. HELMUT LAIBLE auf der Tagung „Erprobungsmethoden für Landmaschinen der VDI-Fachgruppe Landtechnik in Heidelberg am 22. Oktober 1963 gehalten hat. Im Anschluß an den Vortrag wurde ein Film vorgeführt, der die im Aufsatz geschilderten Prüfmethode zeigt und einen Einblick in das umfangreiche Versuchswesen einer Automobilfabrik gewährte.

Alle Automobilfabriken stellen heute noch die Lebensdauer und Zuverlässigkeit eines Kraftfahrzeuges fest, indem sie ihre Prototypen auf besonders ausgewählten Straßen über mehr oder weniger langen Zeitraum laufen lassen. Die Beanspruchung soll dabei etwas konzentrierter sein als auf normalen Straßen, damit möglichst frühzeitig eventuelle Schwachstellen sich zu erkennen geben. Diese Art praktischer Erprobung befriedigt aber nicht mehr und ist auch ganz allgemein mit dem Stand der technischen Entwicklung nicht mehr in Einklang zu bringen. Aus einer ganzen Reihe von Nachteilen stellt die lange Versuchsdauer das schwerwiegendste Hindernis dar. Für eine Fahrstrecke von 100 000 km — die unterste Grenze der Lebensdauer — benötigt man auch mit Schichtbetrieb zehn bis zwölf Monate.

Welches Bauteil übersteht aber schon in einer Entwicklungsphase zehn Monate, ohne irgendwie geändert zu werden? Dann muß das Teil wieder ausgetauscht werden, und man beginnt mit der Erprobung und Zählung der Kilometer wieder von vorne. Dieses Spiel wird sich über den ganzen vorgesehenen Entwicklungszeitraum mehrfach wiederholen, und wenn dann die endgültige Form gefunden oder beschlossen ist, stellt man fest, daß nicht alle Bauteile eine ausreichende Lebensdauer im Erprobungslauf absolviert haben. Es ist dann oftmals der Kunde, der die restlichen Kilometerzahlen fehlender Erprobung übernehmen muß und dies mit dem bekannten Ausdruck der „Kinderkrankheiten“ als unvermeidbar ansieht.

Noch ein weiterer Grund läßt den Test auf der Straße nicht mehr tragbar erscheinen. Die Teile eines Kraftfahrzeuges werden nach den Grundsätzen einer ausgeprägten Leichtbauweise entworfen. Das Gewicht möglichst niedrig zu halten, ist im Hinblick der Wirtschaftlichkeit geboten und senkt auch die Herstellungskosten. Leichtbau heißt maximale Ausschöpfung des Werkstoffes; er bringt neben Vorteilen auch eine Reihe von Problemen, denen sorgfältig nachgegangen werden muß, wenn die Zuverlässigkeit des Fahrzeuges nicht in Frage gestellt sein soll.

Der Konstrukteur wird bei der Bemessung der Teile darauf achten müssen, daß er die Dauerfestigkeit verlassen hat und in das Gebiet der Zeitfestigkeit vorgedrungen ist. Wenn er seine Sache gut

gemacht hat, bedeutet das, daß nach einer vorausbestimmten Laufzeit alle Bauteile möglichst gleichmäßig ermüdet sind.

Man wird also im Automobilbau darüber nachzudenken haben, welche Erprobungsmethoden geeignet sind, die lange Prüfungsdauer zu verkürzen. Der nächstliegende Gedanke ist, das Fahrzeug in einem Zeitintervall öfter als normal zu beanspruchen, unter Anwendung der schwersten Bedingungen, die aber immer noch tatsächlich im Betrieb vorkommen. Man versucht hierbei über eine vergleichbare Schadensausbildung eine Relation der Lebensdauer in der gefahrenen Kilometerzahl zu bekommen. Die hierbei erreichbare Zeitraffung ist aber immer noch unbefriedigend.

Will man die Schäden in noch kürzerer Zeit ermitteln, indem man eine Straße mit künstlichem maximalem Schwierigkeitsgrad zur Hilfe nimmt, dann werden Brüche auftreten, die zu normalen Betriebsschäden keine Analogie mehr besitzen und demgemäß für eine Lebensdauerbeurteilung sich ausschließen.

Auch der Verlauf der WÖHLERlinie bei den einzelnen Bauteilen kann über die Fragwürdigkeit der Lasterhöhung Aufschluß geben. Hoch in der Zeitfestigkeit muß bei vergleichbaren Versuchsteilen das Verhältnis der ertragbaren Spannung durchaus nicht dem nächst der Dauerfestigkeit sein, man kann also die Belastung nicht beliebig erhöhen, ohne Gefahr zu laufen, die Reihenfolge der zu erwartenden Schäden betriebsfremd zu ändern. Es gibt aber noch andere Gründe, die gegen einen in der Belastung so erhöhten Test sprechen. Man denke nur daran, daß ein Kraftfahrzeug schließlich aus einer ganzen Reihe resonanzfähiger Systeme zusammengesetzt ist, deren Abstimmung und Dämpfung recht unübersichtlich reagiert, wenn der Bereich normaler Beanspruchung verlassen wird.

Es drängt sich dann eigentlich von selbst der Gedanke auf, die Hauptentwicklungsarbeit von diesem ebenso langfristigen wie teuren Test auf der Straße in das versuchstechnisch viel übersichtlichere Labor zu verlegen. Dabei lassen sich die Bauteile getrennt prüfen und sind so gefahrlos für einen wirklichen Zeitraffungseffekt zugänglich. Diese Unabhängigkeit von anderen Bauteilen ist von außerordentlicher Bedeutung und ermöglicht, daß

1. mit dem Versuch sehr früh begonnen werden kann, lange bevor der erste Prototyp zusammengebaut ist;
2. mit der Reproduzierbarkeit eines Prüfstandversuchs eine wertvolle Vergleichsbasis geschaffen ist, die den Einfluß von konstruktiven und werkstofftechnischen Varianten auf die Lebensdauer erkennen läßt;

3. eine Aussage auch darüber ermöglicht, in welchem Umfang Gewichtserleichterungen durchführbar sind.

Dem Fahrversuch verbleiben immer noch genügend Probleme, beispielsweise dem Einfluß von schlecht nachzuhaltenden „Umweltbedingungen“ nachzugehen und all die vielen versteckten sogenannten „Routinefehler“ ausfindig zu machen. Er hat am Ende der Entwicklungszeit dann auch die Aufgabe, die Richtigkeit aller vorausgegangenen, bereits im Labor getroffenen Überlegungen und Maßnahmen zu bestätigen.

Im Versuchswesen ist es ganz entscheidend, ein Problem als solches überhaupt zu sehen, die zugehörige Frage richtig zu stellen und den theoretisch und praktisch einfachsten Lösungsweg zu finden. Mit einfachen und relativ billigen Hilfsmitteln ist auch ein kleines Unternehmen durchaus in der Lage, wertvolle Versuchsarbeit im Rahmen seines Fabrikationsprogrammes zu leisten. Ein solch hervorragendes Hilfsmittel ist der Schwinger als Kraft-erzeuger. Es gibt wenig festigkeitsmäßige Aufgaben, die mit einem Schwinger nicht vorteilhaft zu lösen wären. Die ganze Kunst besteht eigentlich nur darin, den Versuchsaufbau mit einer betriebsnahen Krafteinleitung derart zu entwickeln, daß ein definiert schwingungsfähiges Gebilde entsteht. Nach einer Art Baukastenprinzip in einer Staffelung lassen sich die erforderlichen Elemente leicht auf einem Spannfundament zusammenfügen, wobei ein Regelmotor mit guter Drehzahlkonstanz den einzigen wesentlichen Kostenfaktor darstellt. Wenn man meßtechnisch sich dann noch eines Föppldreiecks bedient, so hat man einen zweckdienlichen Versuchsaufbau (Bild 1).

Es gibt natürlich viele Möglichkeiten, die Gestaltfestigkeit in einem Labor zu praktizieren. Um den vielzähligen Aufgaben in diesem Rahmen gerecht zu werden, ist es notwendig, alle Versuchsmethoden zu kennen und ihre zweckmäßigste Einsatzmöglichkeit zu übersehen. Ein Labor für alle Fragen der Gestaltfestigkeit muß so ausgestattet sein, daß Probleme versuchstechnisch sich von mehreren Seiten anfassen lassen. Die notwendigen Investitionen sind dann aber doch recht erheblich, zumal wenn der Einstufenversuch nicht mehr genügt und ein Mehrstufenversuch mit betriebsnahen Lastverteilungen nur noch Aufschluß geben kann.

Der Mehrstufenversuch ist für die Konstruktionsforschung in der Automobilindustrie heute bereits unentbehrlich. Seine Anwendung auf breiter Basis ist aber recht kostspielig wegen der Anschaffung entsprechender Prüfmaschinen. Die auf dem Markt befindlichen Prüfmaschinen sind meist viel zu universell ausgelegt und werden mit der schnellen Veralterung zwangsläufig unwirtschaftlich. Es wurden deshalb Möglichkeiten gesucht, das Kernproblem in der Praktizierung der Betriebsfestigkeit, einen unter Last stufenlos regelbaren Schwinghub, irgendwie einfach konstruktiv zu lösen. Mit der Phasenverstellung zweier Exzenter in einem Kreis über

vier Räder fand sich das geeignete Hilfsmittel, einen regelbaren Schwinghub selbst für größte Amplituden zu erhalten (Bilder 2 und 3). Nach diesem Prinzip ließen sich spezielle Einrichtungen bauen und von einem Regelpult auf Potentiometerbasis in den gewünschten Programmablauf der Lastfolgen automatisch steuern. Untersuchungen der ausreichenden Lebensdauer von Polstersitzbänken werden beispielsweise auf einer solchen selbstgebauten Programmaschine durchgeführt (Bild 4). Mit bereits vier Varianten solcher Maschinen, alle basierend auf einer Phasenverschiebung feststehender Exzenter, konnte die Betriebsfestigkeit für alle Bereiche der Bauteilentwicklung festgestellt und ihr damit ein weites Anwendungsgebiet zugeführt werden.

Der Betriebsfestigkeitsversuch in einem Industrielabor unterscheidet sich zwangsläufig von dem einer rein wissenschaftlichen Untersuchung. Der Grund liegt zum Teil darin, daß eine Vielzahl von Aufgaben in der Regel terminlich dicht gedrängt zusammenfällt und so aus Zeitgründen nur die notwendigste zweckgebundene Aussage möglich ist, ohne auf wünschenswerte weitere Ausschöpfung und Vertiefung eingehen zu können.

Von den Bodenunebenheiten werden in einer unperiodischen Erregung Kräfte in die gekoppelten Schwingensysteme eines Kraftfahrzeuges eingeleitet und in der Beanspruchung des Tragwerkes aufgenommen. Die entsprechend nach Größe und Häufigkeit mit statistischen Mitteln erfaßten Kräfte führen zu der Häufigkeitsverteilung der im Betrieb für das betrachtete Bauteil zu erwartenden Beanspruchung. Ein solches Belastungskollektiv wird eine gewisse Verteilungsfunktion aufweisen, die in einer repräsentativ gemischten und normal gefahrenen Versuchsstrecke von mehreren hundert Kilometern im halblogarithmischen Netz annähernd eine gerade Linie ergibt. Der Höchstwert des Kollektivs kann durch Extrapolation auf die Häufigkeit 1 ermittelt werden und verkörpert den härtesten Schlag, den ein Fahrzeug in seinem Leben hinnehmen mußte.

Ist die befahrene Strecke für die Aufnahme des Kollektivs nicht mehr vergleichbar im Sinne eines normalen Straßenspektrums, beispielsweise weil der Anteil schlechtester Schlaglochstrecke sich wesentlich vergrößert hat, ist diese gerade Linie in der Verteilungsfunktion des Gesamtkollektivs nicht mehr gegeben. Man erkennt also aus einer Summenkurve der Überschreitungshäufigkeit eingestellter Belastungsstufen, ob Beladung, Geschwindigkeit und Zustand der befahrenen Strecke eine vergleichbare repräsentative Basis haben. Wenn man umgekehrt von der Erkenntnis ausgeht, daß auf kurzen, einheitlichen Strecken die Verteilungsfunktion in etwa einer bekannten Normalverteilung entspricht, läßt sich ein Belastungskollektiv mit der Überlagerung der verschiedenen Normalverteilungen zusammensetzen. Wir brauchen also die einzelnen Normalverteilungen kurzer Versuchsstrecken, deren

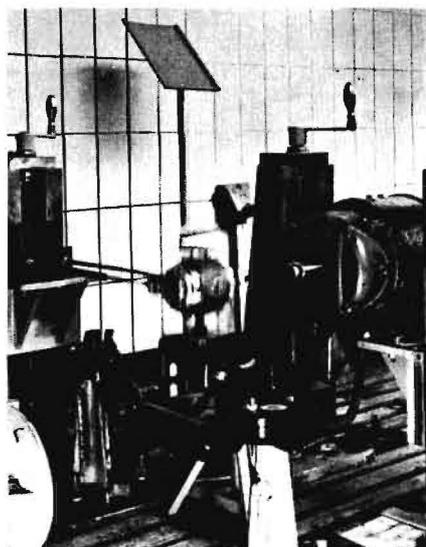


Bild 1: Versuchsaufbau mit Schwinger für die Erprobung eines Motorträgers
Oberhalb des gerichteten Schwingers ein Föppl-Dreieck für die Regelung und Überwachung des Schwingweges

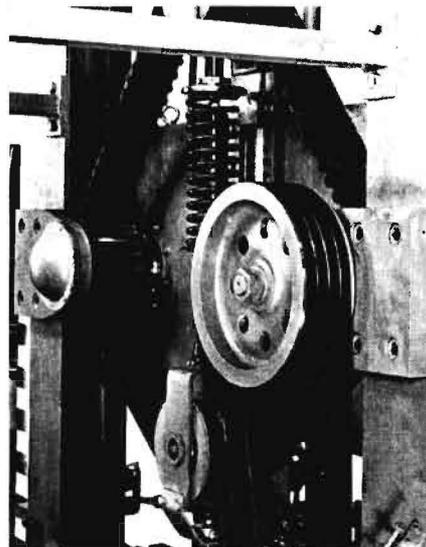


Bild 2: Die Phasenverstellung zweier feststehender Exzenter in einem Zahnriemenkreis über vier Räder für einen stufenlos unter Last regelbaren Schwinghub

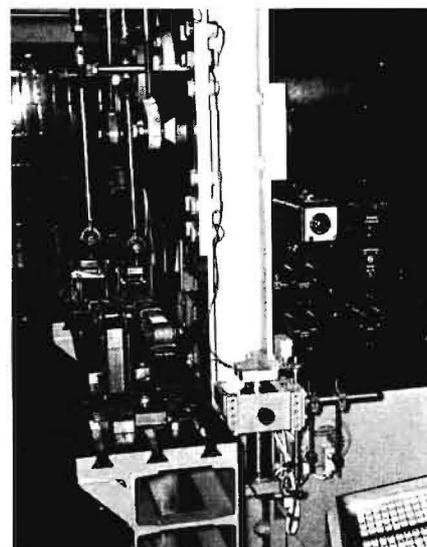


Bild 3: Die Vorderseite des in Bild 2 gezeigten Verstellmechanismus als Prüfmaschine für Hinterfedern
Rechts unten im Bild das Regelpult

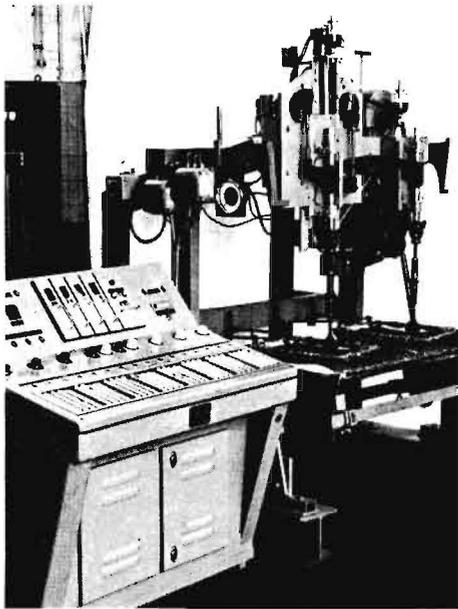


Bild 4: Prüfmaschine für die Untersuchung der Lebensdauer von Polstersitzbänken mit Programmpult für den vollautomatischen Ablauf des Mehrstufenversuches

unterschiedliche Maximalwerte und deren anteilige Häufigkeit nur so zu behandeln, daß eine Gerade als Gesamtverteilungsfunktion sich ergibt; dann führt diese Methode zu einer stets gleichbleibenden Kollektivbasis. Ein weiterer Vorteil ist, daß alle Unterlagen sich auf einem Prüfgelände gewinnen lassen und damit die Geheimhaltung eines neuen Modells gewahrt bleibt. Ein so erhaltenes Lastenkollektiv wird dann für den Mehrstufenversuch in ein bekannt treppenförmiges Gebilde der Versuchslasten abgewandelt und zur Erzielung einer betriebsähnlichen Vermischung in Teilfolgen kleineren Umfanges unterteilt und jeweils steigend und fallend im Versuch bis zum Bruch durchlaufen. Die Zuordnung einer Teilfolge in anteilige Betriebskilometer gestattet dann eine Aussage der im Fahrbetrieb zu erwartenden Lebensdauer.

Man mag dieses Verfahren verschiedentlich anzweifeln und durch das Zählverfahren einer Lastgrenzenüberschreitung als mit zu großer Häufigkeit belastet darstellen. Die Methode liefert jedenfalls erfahrungsgemäß in der kürzesten Zeit ein auf der sicheren Seite liegendes Ergebnis. Mit der heute möglichen vielspurigen Bandaufnahme der Beanspruchungen lassen sich gewisse Mängel in der Überschreitungshäufigkeit von eingestellten Lastgrenzen auch noch verbessern; man kann also die eigentliche Klassierung im Labor nach verschiedenen Methoden vornehmen. Tatsache ist, daß in vielen Fällen Ergebnisse aus dem Betriebsfestigkeitsversuch nach Monaten des Fahrversuches verblüffend zutreffend bestätigt wurden: ein sicherer Beweis für die Richtigkeit der Bemühungen, die Straße in das Labor zu verlegen.

Den Belastungsablauf direkt vom Band auf hydraulische Kraft-erzeuger zu übertragen, erscheint für eine bessere Erfassung der Lebensdauer noch problematisch, weil zunächst der Zeitraffungseffekt in erheblichem Umfang wieder verlorengeht. Auch bei ununterbrochenem Betrieb müßte für eine Lebensdaueruntersuchung mindestens zwei Monate gefahren werden; Das ist bei der

Wechsel in der Leitung des DNA

Der Direktor des Deutschen Normenausschusses (DNA), Prof. Dr.-Ing. habil. A. ZINZEN, ist nach Vollendung seines siebenzigsten Lebensjahres in den Ruhestand getreten.

Zum neuen Direktor wurde Dipl.-Ing. N. LUDWIG ernannt, der bisher Geschäftsführer des Fachnormenausschusses „Materialprüfung“ war. Dipl.-Ing. LUDWIG wird mit der Werkstoffprüfung in seiner Eigenschaft als geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Deutschen Verbandes für Materialprüfung (DVM) weiterhin verbunden bleiben.

Vielzahl der notwendigen Untersuchungen zeitlich nicht mehr vertretbar. Abgesehen davon, ist zu bezweifeln, ob man einer umfangreichen Pulsatoranlage einen derart langen Dauerbetrieb ohne Schaden zuzunutzen kann.

Ein schnellerer Ablauf des Bandes ist aber nicht möglich, weil sonst mit unliebsamen betriebsfremden Resonanzerscheinungen gerechnet werden muß und damit die Aussage des Versuches in Frage gestellt ist.

Zusammenfassung

Die praktische Erprobung der Prototypen von Kraftfahrzeugen durch Straßentestfahrten befriedigt nicht mehr, zumal die notwendige Fahrstrecke eine sehr lange Versuchsdauer bedingt und der Zustand der Straßen sich laufend verändert. Es werden Versuchsmethoden beschrieben, die eine Erprobung der Konstruktionsteile von Kraftfahrzeugen im Labor gestatten. Durch Prüfeinrichtungen auf der Grundlage von Schwingern einerseits und einer programmierten Lastfolge auf der Basis eines patentierten Verstellmechanismus andererseits, läßt sich die Betriebsfestigkeit für alle wesentlichen Bauteile feststellen. Die hierzu notwendigen Voraussetzungen werden beschrieben.

Résumé

Helmut Laible: *“Testing the Operational Life of Motor Vehicle Parts in the Laboratory.”*

The practical testing of prototypes of motor vehicles by road test runs does not satisfy any more, especially as the necessary travelling distance requires a very long duration of experiment and as the state of roads is changing permanently.

Methods of experiment are described which permit the testing of motor vehicle parts in the laboratory. Test programs based on oscillators and programmed load sequences based on a licensed control mechanism enable the operating reliability of all substantial structural parts to be determined. The experimental equipment and the evaluation of the experiments are described.

During the lecture a film was shown to demonstrate the above-mentioned testing methods.

Helmut Laible: *«Essais de durée de vie des éléments de construction de véhicules au laboratoire.»*

Les tests pratiques dans la rue de prototypes de véhicules ne satisfont plus, surtout puisque la longueur nécessaire du parcours exige une longue durée des essais et puisque l'état des routes change perpétuellement.

L'auteur décrit des méthodes d'essai qui permettent un essai des éléments de construction de véhicules au laboratoire. A l'aide d'installations d'essai comportant des vibrateurs d'une part et par une programmation de la variation des charges, à la base d'un mécanisme de manoeuvre breveté d'autre part, on détermine la résistance en fonctionnement de tous les éléments essentiels. Les installations d'essai nécessaires et le mode d'interprétation des essais sont décrits dans l'article.

Pendant la conférence, on a présenté un film démontrant les méthodes d'essais décrites.

Helmut Laible: *«Pruebas de durabilidad de elementos de vehículos en el laboratorio.»*

Las pruebas prácticas de los prototipos de vehículos a motor en las carreteras ya no dan satisfacción suficiente, porque estos recorridos larguísimos requieren demasiado tiempo y porque el estado de las carreteras cambia continuamente.

Se describen métodos de pruebas de elementos de vehículos a motor que pueden hacerse en los laboratorios. Instalaciones construidas para oscilaciones por una parte y con series de cargas programadas a base de un mecanismo patentado de ajuste por otra, permiten comprobar la durabilidad de todos los elementos importantes. Se describen las condiciones necesarias para tales pruebas.

En la conferencia se ha presentado además una película que ilustra estos métodos de comprobación.