

Pour apprécier la qualité de séparation, on a déterminé les cas de mauvaise séparation. Deux possibilités se présentent: Présence de paille dans les grains et présence de grains dans la paille. Le premier cas signifie des grains malpropres, le deuxième pertes de grains. Afin de pouvoir comparer la qualité de séparation de turbines à ventilation ascendante de tailles différentes, on s'est servi de l'indice de charge de l'air. Il permet en outre une détermination simple du débit d'air nécessaire.

Les essais entrepris avec les différentes constructions expérimentales de turbines à ventilation ascendante ont montré que la charge du courant d'air peut être augmentée par une meilleure introduction et une meilleure répartition des produits sur toute la section du couloir de ventilation. On obtient ainsi des indices de charge de l'air plus élevés et peut réduire la section du couloir en conséquence. Des études constructives sont nécessaires si l'on veut améliorer les dispositifs d'introduction et de répartition de telle sorte que les avantages de la turbine à ventilation ascendante puissent être mis à profit dans la construction des grandes machines de récolte.

Bodo Hassebrauck: «La separación de trigo y paja cortada de mezclas en aventadoras de corriente de aire en ascenso vertical.»

Se da una relación de las diferentes formas constructivas de canales de aventar con las corrientes respectivas. Se hicieron ensayos de

separación de granos y de pajas con aventadoras de corriente ascensional que demostraron la imposibilidad de una separación completa por la corriente de ascenso vertical. Se ha podido conseguir solamente una separación parcial de pajas y nudos de los granos. Un aumento de humedad en las pajas aumenta la dificultad de separación.

Para poder juzgar de la calidad de la separación, se comprobaron las separaciones deficientes, resultando que existen las dos posibilidades siguientes: Pajas entre el grano y grano entre la paja. La primera significa grano sucio, la otra pérdida de grano. Para que las condiciones de separación de aventadoras de tamaño diferente pudiesen compararse, se ha formado un índice de carga que facilita además el encontrar la cantidad de aire necesaria para la circulación.

Las investigaciones hechas con aventadoras ascensionales de ensayo de construcción diferente, demostraron que la presión de la corriente puede mejorar con una alimentación más conveniente y con reparto más equitativo del material sobre toda la sección transversal del canal de aventar, es decir que aumenta el índice de carga, pudiendo reducirse la sección transversal del canal. Es pues preciso emprender trabajos constructivos para mejorar los dispositivos de alimentación y de distribución, para que puedan aprovecharse las ventajas que ofrecen las grandes máquinas cosechadoras de empleo en el campo.

Walter Schütz:

## Sichere und wirtschaftliche Konstruktionen durch Betriebsfestigkeits-Versuche

Laboratorium für Betriebsfestigkeit, Darmstadt

Der folgende Aufsatz ist ein Auszug aus dem Referat, das Dipl.-Ing. WALTER SCHÜTZ auf der Tagung „Erprobungsmethoden für Landmaschinen“ der VDI-Fachgruppe Landtechnik in Heidelberg am 22. Oktober 1963 gehalten hat.

Bauteile von Fahrzeugen sind im Betrieb wiederholten Beanspruchungen statistisch veränderlicher Größe ausgesetzt, die regellos und mit unterschiedlicher Häufigkeit und Frequenz aufeinanderfolgen. Für die zutreffende Bemessung solcher Bauteile steht seit etwa 15 Jahren ein Verfahren zur Verfügung, für das sich die Bezeichnung „Betriebsfestigkeits-Versuche“ eingeführt hat. Das Verfahren wird in der deutschen Automobilindustrie in größtem Umfang angewendet. Auch in der amerikanischen Land- und Baumaschinenindustrie wird auf diesem Gebiet intensiv gearbeitet, wenn auch mit etwas anderen Methoden. Der heutige Stand des Betriebsfestigkeits-Versuchs soll im folgenden erläutert werden; zwei alternativ mögliche Bemessungsmethoden werden ebenfalls kurz gestreift und ihre Nachteile beziehungsweise Gefahren erörtert.

Bild 1 zeigt einen typischen Beanspruchungsablauf an einem Achsschenkel, aufgenommen mittels Dehnungsmeßstreifen. Die geschätzte Dauerfestigkeit, das heißt die Beanspruchung, die ohne Bruch beliebig oft ertragen wird, wird um erhebliche Beträge überschritten. Das bedeutet, daß am Achsschenkel früher oder später Ermüdungsanrisse auftreten werden, die schließlich zum vollständigen Bruch führen. Diese Konzession an den Leichtbau war im Fahrzeugbau und Flugzeugbau, wenn auch oft ungewollt, seit jeher üblich und hat sich in der letzten Zeit auch in anderen Sparten des Maschinenbaus durchgesetzt.

Durch eine geeignete Konstruktion und Bemessung muß aber dafür gesorgt werden, daß die Brüche nicht in größerer Zahl

vorzeitig auftreten, das heißt vor dem Ende der wirtschaftlichen Nutzungsdauer des Fahrzeugs. Diese Forderung mag vor dem zweiten Weltkrieg noch erfüllt gewesen sein. In der Zwischenzeit wurde aber der Leichtbau wesentlich weitergetrieben, zum Teil durch staatliche Vorschriften direkt erzwungen, und die Lebensdauerforderungen auf das Mehrfache erhöht. So werden heute bei Lastwagen 500 000 Kilometer Fahrstrecke ohne Bruch von tragenden Bauteilen verlangt, bei Stadtbussen 1 000 000 Kilometer und bei Personenzugwagen mindestens 300 000 Kilometer.

Dazu kommt noch das typische „Wachsen“ im Zuge der Weiterentwicklung eines Fahrzeugtyps. Hierunter wird die Erhöhung der Nutzlast bei meist unveränderter Konstruktion verstanden oder die Leistungssteigerung und Hubraumvergrößerung des Motors. Diese Maßnahmen und Forderungen haben zur Folge, daß die wiederholten Beanspruchungen der betreffenden Bauteile ansteigen. In solchen Fällen und bei Neuentwicklungen, für die beispielsweise infolge geänderter Konstruktionsprinzipien keine Erfahrungen vorliegen, sind auch heute noch Betriebsbrüche an lebenswichtigen Bauteilen nach relativ kurzen Laufzeiten nicht selten. Es entsteht die Frage, wie die Lebensdauer auf einen ausreichenden Wert anzuheben ist, ohne daß mehr als die notwendigen Änderungen durchgeführt werden.

Für die Beurteilung der eingeleiteten Maßnahmen hat sich der Betriebsfestigkeits-Versuch gut bewährt. Normalerweise ist die Messung der Betriebsbeanspruchungen der erste notwendige Schritt. Dabei werden mittels Dehnungsmeßstreifen die Spannungen über eine längere Fahrstrecke unter relativ harten, aber typischen Einsatzbedingungen fortlaufend registriert [1]. Auf Landmaschinen übertragen bedeutet dies die Messung der Beanspruchungen über längere Zeit während typischer Arbeitsgänge.

Der Meßschrieb wird anschließend nach Größe und Häufigkeit der Einzelwerte, also nach statistischen Gesichtspunkten, ausgewertet. Es gibt eine Vielzahl von Auswertmethoden [2]. Hiervon sind diejenigen zu wählen, die am besten die Gesichtspunkte der Werkstoffanstrengung bei wiederholter Beanspruchung berücksichtigen [1]; die Entscheidung über die geeignete Auswertmethode kann nur anhand des Meßschriebes von Fall zu Fall getroffen werden.

Die Auswertung ist zeitraubend, wenn nicht automatische oder direkt zählende Geräte, sogenannte Klassiergeräte, verwendet werden. Solche Geräte sind bereits auf dem Markt; auch das Laboratorium für Betriebsfestigkeit hat eines für den Eigenbedarf entwickelt.

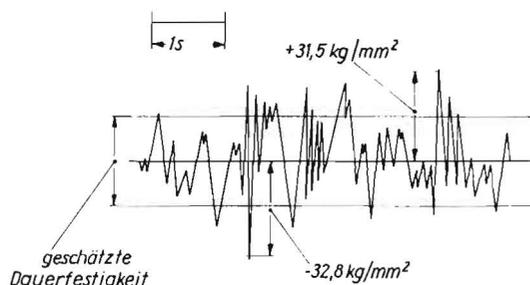


Bild 1: Beanspruchungsablauf am Achsschenkel

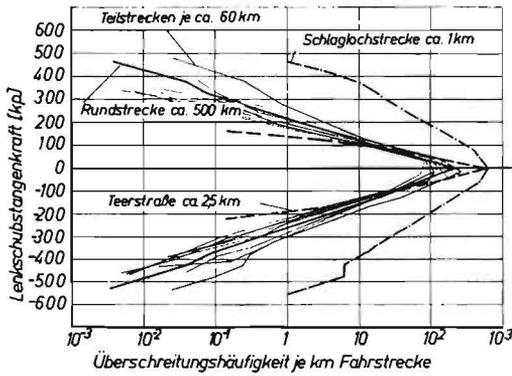


Bild 2: Häufigkeitsverteilung der Lenkschubstangenkraft

Das Auswertergebnis wird im sogenannten Belastungskollektiv dargestellt, das beispielsweise angibt, wie oft eine bestimmte Spannung überschritten oder gerade erreicht wird. Ein solches Kollektiv, es handelt sich um Lenkschubstangenkräfte, zeigt Bild 2. Die unterschiedlichen Einsatzbedingungen ergeben stark abweichende Lastkollektive. Bemerkenswert ist außerdem, daß sich die Kollektive für Teilstrecken mit einer Länge von 60 km im allgemeinen nicht wesentlich vom Gesamtkollektiv für 500 km Fahrstrecke unterscheiden.

Bild 3 zeigt in idealisierter Form das Lastkollektiv für eine Vorderachse, extrapoliert auf 500 000 km. In der oberen Bildhälfte ist ein typischer Beanspruchungsablauf eingezeichnet.

Liegt eine Anzahl solcher Messungen an Fahrzeugen verschiedener Größe vor, so können häufig verallgemeinerungsfähige Lastannahmen abgeleitet werden [3]. Ein Beispiel zeigt Bild 4. Solche Lastannahmen sind bei Neukonstruktionen und bei den eingangs erwähnten Gewichts- und Achslasterhöhungen von großem Wert, da sie ohne Messung eine überschlägige Berechnung der auftretenden Beanspruchungen erlauben. Voraussetzung ist allerdings, daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der am Bauteil gemessenen Spannung und den äußeren Kräften besteht.

Das im Betrieb gemessene Kollektiv wird im Labor auf das Bauteil gebracht. Dabei sind gewisse Vereinfachungen notwendig. So wird die kontinuierliche Kurve des Lastkollektivs durch eine Treppenkurve ersetzt und zur betriebsähnlichen Vermischung der hohen und niederen Lasten in Teilfolgen unterteilt [4]. Die Teilfolgen werden, mit einer mittleren Laststufe beginnend, steigend und fallend wiederholt durchlaufen, bis Bruch eintritt. Die Auf-

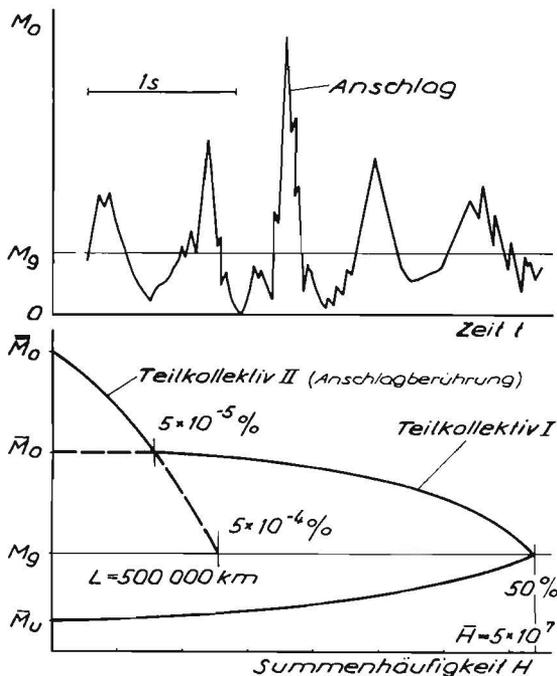


Bild 3: Biegemoment M an einer Fahrzeug-Vorderachse

tragung der Versuchsergebnisse erfolgt in der sogenannten Lebensdauerlinie (Bild 5). Die Lebensdauerlinie gibt die Abhängigkeit der Gesamtzahl aller bis Bruch ertragenen Lastspiele  $\bar{N}$  von der maximalen Spannungsamplitude  $\bar{\sigma}_a$  des Kollektivs an. Durch Grundsatzuntersuchungen und umfangreiche Erfahrungen bei der Prüfung von mehreren tausend Bauteilen steht fest, daß die Lebensdauerlinie einer Funktion folgt, die

- über einen weiten Bereich von  $10^6$  bis etwa  $10^8$  Lastspiele bei doppeltlogarithmischer Auftragung von Lastspielen  $\bar{N}$  und Spannungsamplituden  $\bar{\sigma}_a$  eine Gerade ist und
- für die im Fahrzeugbau am häufigsten vorkommenden Kollektive eine ganz bestimmte Neigung  $\bar{z}$  hat, die offenbar im wesentlichen nur vom Werkstoff, dagegen nicht von der Form des untersuchten Bauteils und anderen versuchstechnischen Parametern abhängt.

Die Formel für diese Funktion lautet:

$$\bar{N} = \left( \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\sigma}_a} \right)^{\bar{z}}$$

wobei  $\bar{z}$  für Stahl 7—8 ist. Man beachte die Ähnlichkeit mit der bekannten Lebensdauerformel für Kugellager, bei der lediglich der Exponent  $\bar{z}$  einen anderen Wert, nämlich 3, hat. Durch die bekannte Neigung der Lebensdauerlinie läßt sich angeben, wie sich eine Erhöhung der Spannungsamplitude im Bauteil auf die Lebensdauer auswirkt. Beispielsweise verringert eine 10%ige Erhöhung der Beanspruchungen die Lebensdauer auf etwa die Hälfte. Im eingangs erwähnten Fall vom „Wachsen“ einer Konstruktion läßt sich also ohne Messung und ohne Versuch überschlägig die relative Verringerung der Lebensdauer bestimmen.

Genügt die im Versuch oder auch im Betrieb ermittelte Lebensdauer nicht den Anforderungen, so muß sie durch konstruktive oder fertigungstechnische Maßnahmen wieder auf einen ausreichenden Wert angehoben werden [5]. Zunächst könnte man an die Verwendung eines Werkstoffs mit geänderter Legierungszusammensetzung denken. Ein Beispiel gibt Bild 5. Es zeigt sich, daß die Legierung bei etwa gleicher statischer Bruchfestigkeit keinen Einfluß auf die Lebensdauer hat. Dies gilt nicht nur für die vorliegenden zwei Achsschenkeltypen, sondern beispielsweise auch für Blattfedern und Lenkungsteile. Der Übergang auf teure,

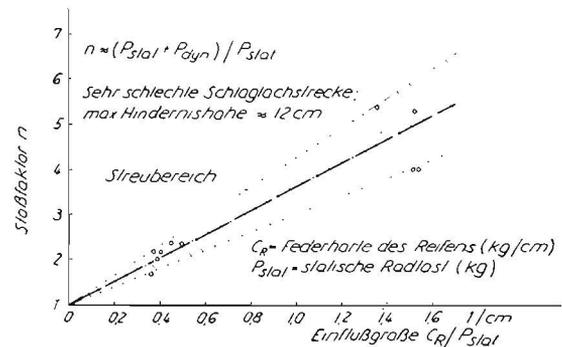


Bild 4: Stoßfaktor n in Abhängigkeit von  $C_R / P_{stat}$

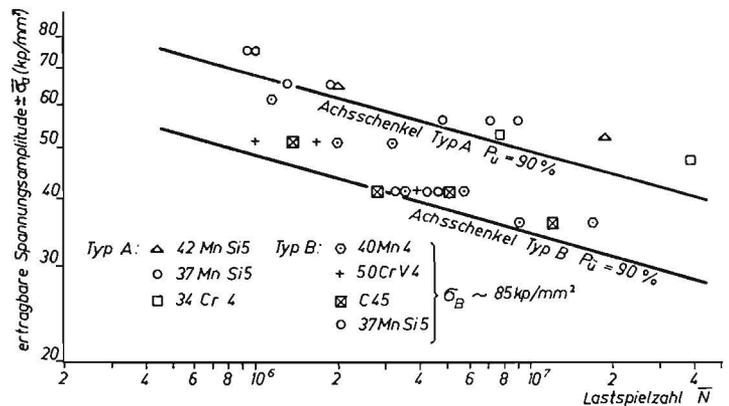


Bild 5: Einfluß des Werkstoffs auf die ertragbare Spannung von Achsschenkeln

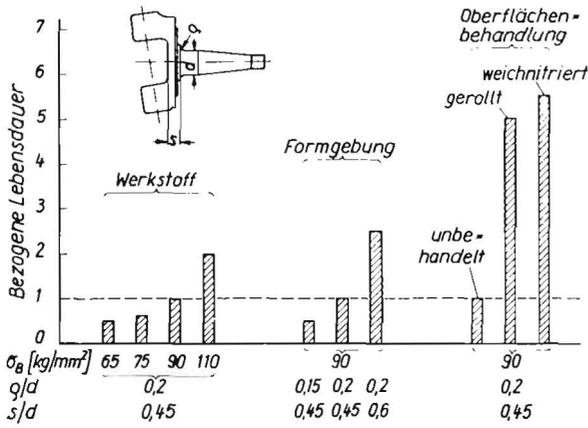


Bild 6: Stelgerung der Lebensdauer von Achsschenkeln

höher legierte Werkstoffe verspricht also in solchen Fällen im allgemeinen keinen Erfolg.

Wird dagegen die Bruchfestigkeit des Werkstoffs durch Änderung der Wärmebehandlung gesteigert, so läßt sich bei bestimmten Bauteilen eine Erhöhung der Belastbarkeit erreichen, die aber immer kleiner als die Erhöhung der statischen Festigkeit ist (Bild 6, links). Nach oben sind außerdem durch die Bearbeitbarkeit des Werkstoffs gewisse Grenzen gesetzt, die zur Zeit bei 110 kp/mm<sup>2</sup> statischer Bruchfestigkeit liegen dürften.

Als eine weitere Möglichkeit ist die konstruktive Verfeinerung des Bauteils durch verbesserte Formgebung zu nennen [5; 6]. Dies ist im allgemeinen die wirksamste und auch eleganteste Methode; denn es ist mit geringem Gewichtsaufwand und auch meist kleinen Kosten möglich, die Lebensdauer oder Belastbarkeit des Bauteils ganz wesentlich zu steigern. Da meist nur der kritische Querschnitt geändert werden muß, beträgt das Mehrgewicht auch bei relativ großen Bauteilen oft nur wenige hundert Gramm. Auf Bild 6, Mitte, ist ebenfalls ein Beispiel angegeben.

Durch eine Erhöhung des Übergangsradius  $\rho$  und der Plattenstärke  $s$  konnte die fünffache Lebensdauer erreicht werden; dabei hatte bereits der Ausgangstyp eine günstige Formgebung; in vielen anderen Fällen lassen sich noch wesentlich höhere Gewinne erzielen, bei Achsschenkeln insbesondere durch eine große Plattenstärke.

Als letzte Möglichkeit kommen schließlich fertigungstechnische Maßnahmen in Frage, deren Wirkung meist auf der Erzeugung von günstigen Eigenspannungen in der höchstbeanspruchten Zone beruht. Es handelt sich um Rollen oder Kugelstrahlen, Salzbad- oder Gasnitrieren sowie Induktions- oder Flammhärten. Auf Bild 6, rechts, ist ein Beispiel für die Gewinne an Lebensdauer

gezeigt, welche durch Rollen beziehungsweise Salzbadnitrieren bei dem betreffenden Achsschenkel erreicht wurden. Beide Verfahren erfordern in der Produktion eine genaue Überwachung; sie werden von verschiedenen deutschen und ausländischen Firmen für hochbeanspruchte Bauteile verwendet. Das Salzbadnitrieren ist in der Zwischenzeit unter den Namen TENIFER-Verfahren noch wesentlich weiter entwickelt worden und würde heute vermutlich die damals erreichten Werte übertreffen.

Verfahren, welche die Härte der Randzone zu sehr steigern, wie beispielsweise das Induktionshärten und das Gasnitrieren, sind bei Bauteilen, welche gelegentliche sehr hohe Überbeanspruchungen erhalten, mit Vorsicht zu betrachten. Bei diesen hohen Beanspruchungen, die durchaus noch im Rahmen des normalen Fahrbetriebs auftreten können und die, darauf soll besonders hingewiesen werden, die Lebensdauer normalerweise nicht verringern, können nämlich bei zu geringem plastischen Verformungsvermögen Anrisse entstehen, die dann schnell zum Durchbruch führen. Allerdings ist bekannt, daß das Induktionshärten von Pkw-Achsschenkeln in den USA in großem Umfang angewendet wird und sich offenbar bewährt hat. Bei Bauteilen ohne solche Überbeanspruchungen, beispielsweise bei Kurbelwellen oder Achswellen, sind die genannten Verfahren in jedem Falle günstig [5; 7].

Durch Kugelstrahlen lassen sich im allgemeinen keine so hohen Steigerungen erzielen; das Verfahren eignet sich aber besonders gut für große Flächen und nicht rotationssymmetrische Körper, beispielsweise für Blattfedern und Räder; hierfür wird es auch häufig verwendet.

Daß es auch ungünstige Eigenspannungen gibt, soll noch kurz erwähnt werden. Sie können beim unkontrollierten Richten von Bauteilen in der Produktion auftreten und zu zunächst unerklärlichen Betriebsbrüchen führen [5].

Anstelle der geschilderten Methode können, wie eingangs erwähnt, auch andere Verfahren zur Festlegung der zulässigen Spannungen verwendet werden, von denen zwei erwähnt werden sollen: einmal die Bemessung auf Dauerfestigkeit, zum zweiten die Bemessung nach statischen Kennwerten des Werkstoffs.

Die Dimensionierung im ersten Fall erfolgt so, daß alle, auch die höchsten Spannungen des Kollektivs dauerfest ertragen werden. Dies ergibt zwar, wenigstens theoretisch, eine vollkommen sichere Konstruktion von unbegrenzter Lebensdauer; Gewicht und Kosten sind aber unnötig hoch. Auf Bild 7 sind einige Versuchsergebnisse, abhängig von der Kollektivform, dem Werkstoff, der Beanspruchungsart usw., dargestellt. Für eine Gesamlastspielzahl von 10<sup>7</sup>, einen Wert, der für Straßenfahrzeuge heute nicht mehr ausreicht, bei Land- und Erdbewegungsmaschinen dagegen genügen dürfte, sind bei Bemessung auf Betriebsfestigkeit die zulässigen Spannungen  $\bar{\sigma}_{a, Koll, 10^7}$  durchschnittlich etwa doppelt so hoch wie bei Bemessung auf Dauerfestigkeit  $\sigma_{a, D, 10^7}$ . Dies gilt für die Kollektivform der GAUSSschen Normalverteilung, in Bild 7 mit „NV“ bezeichnet.

Liegt dagegen ein weniger „hartes“ Kollektiv vor, in Bild 7 mit „log NV“ (logarithmische Normalverteilung) bezeichnet, so sind die zulässigen Spannungen noch höher und in gewissen Fällen wegen Streckgrenzenüberschreitung nicht mehr ausnützbar. Im übrigen bietet diese Methode bezüglich der Entwicklungskosten kaum Vorteile, da auch bei ihr das Kollektiv, wenigstens in seinen Spitzenwerten, und die Dauerfestigkeit des Bauteils bekannt sein müssen.

Das heute noch viel angewendete Verfahren, gegenüber der Bruchfestigkeit oder der Streckgrenze des Werkstoffs mit einer bestimmten Sicherheitszahl zu dimensionieren, ist dagegen weder sicher noch wirtschaftlich. Bei dieser Methode darf unter einer gewissen, willkürlich gewählten Belastung gerade ein bestimmter

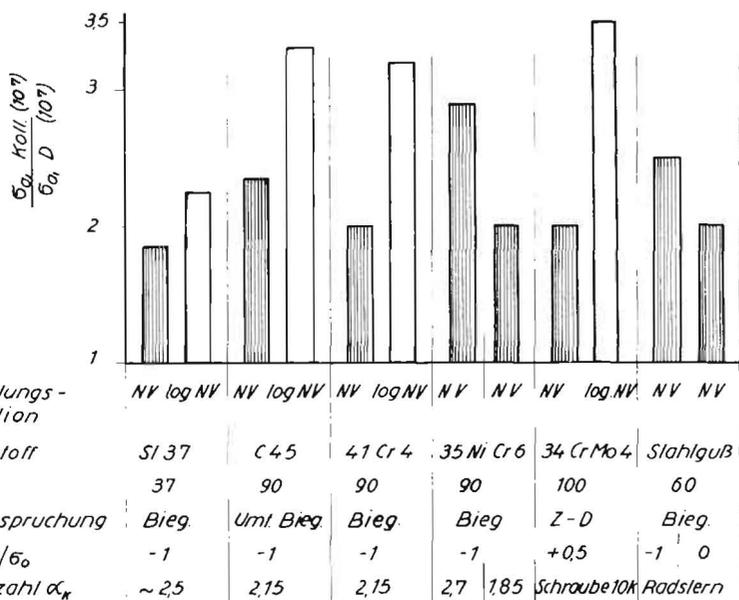


Bild 7: Dauerfestigkeit und Betriebsfestigkeit als Bemessungsgrundlage

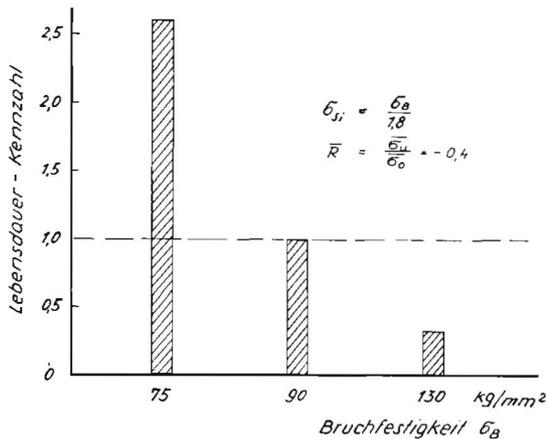


Bild 8: Einfluß der statischen Festigkeit auf die Lebensdauer Cr-Mo-V-Stahl

Bruchteil der Streckgrenze oder Bruchfestigkeit, die sogenannte „sichere Spannung“, erreicht werden. Die für die Lebensdauer bei wiederholter Beanspruchung viel wichtigeren Einflußgrößen, wie die Form des Bauteils, Art und Umfang des Belastungskollektivs, eventuell verwendete Methoden der Oberflächenverfestigung usw., werden überhaupt nicht berücksichtigt. Das Verfahren ist insbesondere dann gefährlich und führt zu vollkommen absurden Ergebnissen, wenn bei Beibehaltung der Konstruktion die statische Festigkeit des Werkstoffs gesteigert wird. Ein Beispiel hierfür zeigt Bild 8. Wie oben erwähnt wurde, steigt die Belastbarkeit bei wiederholter Beanspruchung in jedem Fall erheblich weniger an als die statische Festigkeit. Dies hat zur Folge, daß bei dem angegebenen Bemessungsschema („sichere Spannung“  $\sigma_{si} = \sigma_B / 1,8$ ) die Lebensdauer auf etwa 1/7 abfällt, wenn die Bruchfestigkeit des Werkstoffs von 75 auf 130 kp/mm<sup>2</sup> gesteigert wird.

Im Verlauf der Tagung wurde immer wieder der den statistisch veränderlichen Betriebsbeanspruchungen „äquivalente“ Einstufenversuch erwähnt, der den Versuchsablauf gegenüber dem Betriebsfestigkeits- (Mehrstufen-) Versuch wesentlich vereinfachen und beschleunigen könnte. Die Voraussetzung für einen solchen äquivalenten Einstufenversuch ist allerdings eine gültige Schadensakkumulationshypothese, die es bis heute trotz vieler Ansätze nicht gibt. Die Regel von PALMGREN-MINER [8] soll hier als bekannteste genannt werden. Eine andere Methode, die insbesondere für die Bemessung im Projektstadium aussichtsreich sein dürfte, wurde in [9] vorgeschlagen. Die Beziehungen zwischen dem Ein- und dem Mehrstufenversuch sind allerdings wesentlich komplizierter als zum Zeitpunkt der Veröffentlichung (1959) angenommen wurde. Zusammenfassend kann man sagen, daß bis auf weiteres für die Bemessung betriebssicherer und zugleich wirtschaftlicher Konstruktionen mit statistisch veränderlichen Beanspruchungen Festigkeitswerte erforderlich sind, die aus einem Mehrstufenversuch gewonnen wurden, der die Betriebsverhältnisse weitgehend annähert.

In diesem Zusammenhang ist natürlich die Relation zwischen den im Betriebsfestigkeits-Versuch ermittelten Lebensdauerwerten und der Lebensdauer im Betrieb wichtig. Die Lebensdauer im Betrieb ergibt sich aus dem Lastkollektiv und der Betriebsfestigkeit des Bauteils. Im Versuch dagegen wird das Kollektiv gemessen und ausgewertet, wozu gewisse Annahmen und Vereinfachungen notwendig sind. Das Bauteil wird mit dem vereinfachten Lastkollektiv geprüft und erreicht im Versuch eine bestimmte Lebensdauer. Diese Lebensdauer in Lastspielen muß mit Hilfe des gemessenen und ausgewerteten Kollektivs in Kilometer Fahrstrecke umgerechnet werden. Es ist nun die Frage zu klären, ob die so ermittelte Lebensdauer im Versuch mit der Lebensdauer im Betrieb übereinstimmt. Hierfür wurde vor sechs Jahren ein umfangreiches Programm begonnen. Eine Ermüdungsprüfmaschine wurde in den Heckkofferraum eines Pkw eingebaut (Bild 9). Die Maschine ist mit der schwingenden Halbachse verbunden und überträgt die Bewegungen der Achse beim Befahren der Straße auf vier gekerbte Prüfstäbe c. Es werden gleichzeitig vier Versuche mit den wirklichen Betriebsbeanspruchungen durchgeführt; Brüche, die entstehen, sind Betriebsbrüche. Alle Einflußfaktoren, die im Laborversuch nicht berücksichtigt werden können, bei-

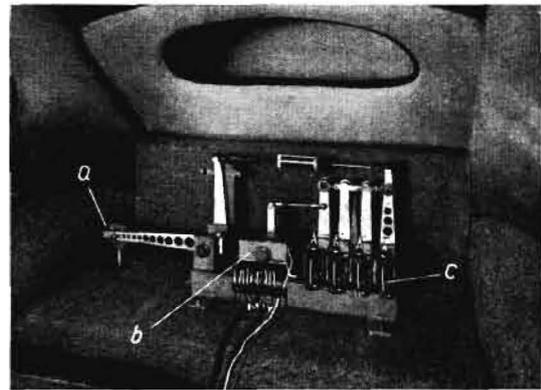


Bild 9: Ermüdungsprüfmaschine für 4 Probestäbe im Pkw

spielsweise die regellose Aufeinanderfolge der Beanspruchungen, die Betriebspausen usw., gehen in den gezeigten Versuch mit ein. Ein Verdrehkontaktgeber b betätigt gleichzeitig Zählwerke, die das Lastkollektiv, dem die Stäbe unterworfen sind, direkt zählen. Nach Beendigung der Fahrversuche wird die Maschine ausgebaut und gleichartige Prüfstäbe werden im Laboratorium mit dem gemessenen und in der üblichen Weise vereinfachten Lastkollektiv bis Bruch beansprucht. Damit ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Lebensdauer im Versuch und im Betrieb hergestellt. Zwei Versuchswagen haben inzwischen über 100000 km Fahrstrecke zurückgelegt; eine große Anzahl von Betriebsbrüchen wurde erzeugt. Die Untersuchungen wurden mit St 37 durchgeführt und ergaben bei allen wichtigen Parametern, das sind Lebensdauer, Neigung der Maßstablinie und Streuung, eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Versuch und Betrieb [10].

Damit dürfte nachgewiesen sein, daß es möglich ist, die Betriebsbeanspruchungen unter gewissen Vereinfachungen im Laboratorium nachzuahmen, ohne daß dabei entscheidende Unterschiede in der Lebensdauer auftreten.

### Zusammenfassung

Fahrzeugbauteile sind im Betrieb einem Lastenkollektiv ausgesetzt. Sie sind im allgemeinen nicht dauerfest dimensioniert und haben daher nur eine begrenzte Lebensdauer.

Für die zutreffende Bemessung solcher Bauteile steht der Betriebsfestigkeits-Versuch zur Verfügung. Er basiert auf folgenden Voraussetzungen:

- Messung der statistisch veränderlichen Betriebsbeanspruchungen,
- deren Auswertung im Sinne eines Lastenkollektivs,
- Nachahmung des Lastenkollektivs im Betriebsfestigkeits- (Mehrstufen-) Versuch.

Andere Bemessungsmethoden haben demgegenüber erhebliche Nachteile bezüglich Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit.

### Schrifttum

- SVENSON, O.: Beanspruchung und Lastkollektiv am Fahrwerk von Kraftfahrzeugen. ATZ 65 (1963), S. 334—337
- SCHJVE, J.: The analysis of random loadtime histories with relation to fatigue tests and life calculations. In: Proceedings of the 9th ICA F-AGARD-Symposium, Paris 1961. Oxford, London, New York, Paris 1963, S.115—149
- SVENSON, O.: Untersuchung über die dynamischen Kräfte zwischen Rad und Fahrbahn und ihre Auswirkung auf die Beanspruchung der Straße. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik, Heft 130. Düsseldorf 1959
- GASSNER, E.: Betriebsfestigkeit, eine Bemessungsgrundlage für Konstruktionsteile mit statistisch wechselnden Betriebsbeanspruchungen. Konstruktion 6 (1954) S. 97—104
- BAUTZ, W.: Gestaltfestigkeit bei dynamischer Beanspruchung. Wege zur Erhöhung durch konstruktive und fertigungstechnische Maßnahmen. In: VDI-Berichte, Bd. 28. Düsseldorf 1958, S. 35—42
- GASSNER, E., und W. SCHÜTZ: Beurteilung lebenswichtiger Fahrzeugbauteile durch Betriebsfestigkeits-Versuche. In: FISITA, Proceedings of the Ninth International Automobile Technical Congress, London 1962, S. 195—205
- GASSNER, E., und W. SCHÜTZ: Zur Dauerfestigkeit von Fahrzeugkurbelwellen. Motortechnische Zeitschrift 22 (1961), S. 321—323
- MINER, M. A.: Cumulative damage in fatigue. Journal of Applied Mechanics 12 (1945) S. A 159—A 164

- [9] GASSNER, E., und W. SCHÜTZ: The significance of constant load amplitude tests for the fatigue evaluation of aircraft structures. In: Proceedings of the Symposium on Full Scale Fatigue Testing of Aircraft Structures, Amsterdam 1959, Oxford, London, New York, Paris 1961, S. 14—40
- [10] GASSNER, E., und W. LIPP: Wirklichkeitsgetreue Lebensdauerfunktion für Fahrzeugbauteile. In: „Beispiele angewandter Forschung“, Jahrbuch der Fraunhofer Gesellschaft 1963, S. 63—69

## Résumé

Walter Schütz: „Programme fatigue testing, an important aid to reliable and economic design.“

Vehicle components in service are exposed to a load spectrum, that is to an irregular mixture of high and low stresses of differing numbers and frequencies. The high loads of the spectrum are in many cases above the endurance limit, resulting in a finite life of the component.

With a view to provide data for the correct dimensioning of such components a new section of fatigue strength studies has been developed termed Betriebsfestigkeit (program fatigue strength). It is based on the following requisites:

- Measuring the magnitudes and frequency of the statistically varying service loads,
- their evaluation according to a method which best satisfies fatigue criteria,
- reproducing, by program fatigue test, the load spectrum on the component.

Other dimensioning methods have considerable disadvantages as regards costs, safety and reliability of the results.

Walter Schütz: «Réalisation de constructions solides et économiques par des essais de résistances pratiques.»

Les pièces de construction de véhicules sont soumises pendant la marche à une collective de charges. Elles ne sont en général pas

dimensionnées pour une résistance illimitée et n'ont en conséquence qu'une durée de vie limitée. Pour dimensionner de telles pièces de façon appropriée, on se sert de l'essai de résistance pratique. Il doit être entrepris dans les conditions suivantes:

- Mesure, pendant la marche, des sollicitations statistiquement variables,
- Leur interprétation par une collective de charges,
- Imitation de la collective de charges par un essai de résistance pratique (à plusieurs paliers).

D'autres méthodes de dimensionnement ont des inconvénients considérables quant à la rentabilité, la sécurité et la précision.

Walter Schütz: «Construcciones racionales y seguras por ensayos de resistencia en servicio.»

Los elementos constructivos de vehículos están expuestos en servicio a esfuerzos compuestos. Por regla general sus dimensiones no están calculadas para la resistencia hasta el límite de fatiga, por lo que suelen tener una vida limitada.

Para conocer las dimensiones correctas de tales elementos, se emplea el ensayo de resistencia en servicio que se funda en las condiciones siguientes:

- Medición de las sollicitaciones estadísticamente variables en servicio,
- su evaluación en el sentido de un compuesto de cargas, y
- reproducción del compuesto de cargas en el ensayo de resistencia en servicio (ensayo escalonado).

Se emplean también otros métodos que, en comparación, tienen las desventajas siguientes: falta de racionalidad, de seguridad y de precisión.

## 22. Tagung der Landmaschinenkonstruktoren

Dienstag, den 7. April 1964

9.00 Uhr Eröffnung und Begrüßung

Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dipl.-Ing. H. MEYER  
Maßnahmen zur Verbesserung der Laufruhe von Verbrennungskraftmaschinen — Dr.-Ing. H. HASSELGRUBER

Möglichkeiten zur Reduzierung der Beanspruchung des Schlepplers beim Einsatz von Frontladern (mit Film) — Dipl.-Landw. Dipl.-Ing. K. MEINCKE

Stufenloses hydrostatisches Getriebe mit Leistungsverzweigung — Dipl.-Ing. H. MOLLY

14.15 Uhr Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dipl.-Ing. H. MEYER

Lastkollektive als Hilfsmittel bei Entwicklungen landtechnischer Bauelemente — Dr.-Ing. H. H. COENENBERG

Stand des Wissens auf dem Gebiet der Fahrzeugschwingungen unter besonderer Berücksichtigung landwirtschaftlicher Fahrzeuge — Priv.-Doz. Dr.-Ing. W. SÖHNE

Die Unebenheiten landwirtschaftlicher Fahrbahnen als Schwingungserreger landwirtschaftlicher Fahrzeuge — Dipl.-Ing. J. WENDEBORN

Der Einfluß einiger Konstruktionsdaten auf die Aufbaubeschleunigung landwirtschaftlicher Fahrzeuge und die sich daraus ergebende günstigste Sitzlage — Dipl.-Ing. E. SCHILLING

Mittwoch, den 8. April 1964

9.00 Uhr Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. C. H. DENCKER

Über den Mähdrusch von Zuckerrübensamen — Prof. Dr.-Ing. K. GALLWITZ

Möglichkeiten zum mechanischen Vereinzeln von Zuckerrüben — Dr.-Ing. W. BRINKMANN

Betriebsmessungen an Rodewerkzeugen für Zuckerrüben — Dr.-Ing. E. KLAPP

14.15 Uhr Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dr.-Ing. F. WIENEKE

Einfluß der Zuführgeschwindigkeit, der Trommelumfangsgeschwindigkeit, der Spaltform, der Getreideart und des Grüngutanteiles auf den Dreschvorgang — Dipl.-Ing. L. CASPERS

Einfluß der Zuführmenge, der Lage der Ähren, des Trommeldurchmessers, der Trommelumfangsgeschwindigkeit, der Schlagleistungszahl, der Korblänge und -ausbildung, des Korbabstandes und der Spaltform auf den Dreschvorgang bei verschiedener Feuchte des Getreides (mit Film) — R. E. ARNOLD, MA

Einfluß der Beschickungsrichtung, der Lage des Beschickungspunktes zur Trommel und der Schlagleistenanordnung auf den Dreschvorgang — Dr.-Ing. W. BAADER

Zur Kornbewegung im Dreschkanal (mit Film) — Priv.-Doz. Dr.-Ing. K. H. SCHULZE

Donnerstag, den 9. April 1964

9.00 Uhr Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dr.-Ing. W. BATEL

Ein neues Verfahren zum Trennen von Steinen und Kartoffeln mit Hilfe akustischer Impulse (mit Film) — Dr.-Ing. M. KOCH  
Hydraulische Mähantriebe unter besonderer Berücksichtigung der Schwingtriebe — Dipl.-Ing. J. SCHAEFER

Untersuchungen über die Bruchsicherheit gehärteter Bodenbearbeitungswerkzeuge — Obering. TH. STROPPEL

Ein tragbares Gerät für die Leistungsmessung an Zapfwellen und ihre Anwendung (mit Vorführung) — Ir. A. A. BAHASOEVAN

14.15 Uhr Einführung und Diskussionsleitung — Prof. Dr.-Ing. H. J. MATTHIES

Zur optimalen Greiferfüllmenge beim Futtertransport im Rinderanbindestall — Dr. H. WALTER

Zum Leistungsbedarf von Stallungstreuern — Priv.-Doz. Dr.-Ing. K. H. SCHULZE

Untersuchungen über den Leistungsbedarf und die Streugüte von Stallungstreuern — Dipl.-Ing. W. DERNEDDE

Schlußwort

Anmeldungen zur Tagung bis spätestens 20. März 1964 an das Institut für landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig, Bundesallee 50. Die Tagungsgebühr beträgt DM 45,— je Teilnehmer.