

Die Gestaltfestigkeit der Kurbelwelle

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 3

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53983>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

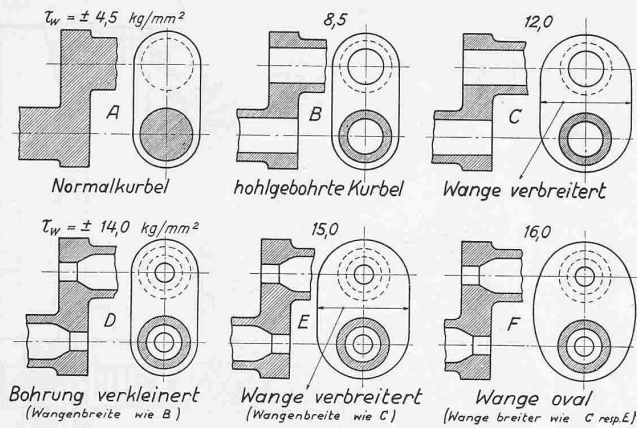


Abb. 1. Gestaltfestigkeits-Versuche an naturgrossen Kurbelwellen auf der Wechselverdrehschmaschine. Material St 60. ($\sigma_B \approx 65 \text{ kg/mm}^2$)

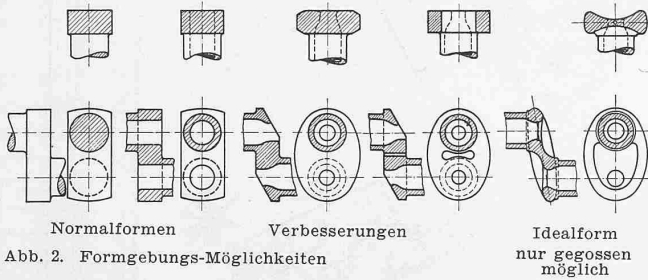


Abb. 2. Formgebungs-Möglichkeiten

Baufauftrages an seinen Verfasser abzusehen, sofern sich der Wettbewerbsauslober den vorstehenden Schlussfolgerungen des Preisgerichtes anschliesst.

Für den Fall jedoch, dass das Baugelände gemäss dem Wettbewerbsprogramm überbaut werden muss, erklärt das Preisgericht, dass sich die Erteilung des Bauauftrages im Rahmen des Wettbewerbsprogrammes, Abschnitt VI, an den Verfasser des mit dem 1. Preis ausgezeichneten Projektes rechtfertigt.

Nachschrift der Redaktion

In vorliegendem Wettbewerb ist ein kleiner «Betriebsunfall» passiert, der glücklicherweise glimpflich abgelaufen ist, der aber leicht unangenehme Folgen hätte nachsichziehen können. Das Preisgericht hatte den deutschen Text des Programms aufgestellt, bei dessen Uebersetzung ins Französische durch die ausschreibende Behörde das Wort «nördliche» (Teil des zur Verfügung gestellten Grundstücks) versehentlich ausgefallen ist; dies zur Erklärung der bezügl. Ausführungen in obigen «Schlussbetrachtungen» des Preisgerichts. Glücklicherweise für die Verfasser der Entwürfe Nr. 76 und 90, vor allem aber für eine freiere Gestaltung des Neubaus, hat das Preisgericht durch Nichtausschliessung von der Beurteilung, sowie durch hochbewerteten Ankauf dieser beiden Entwürfe das Programmversehen unschädlich gemacht. Besondere Anerkennung gebührt aber dem Preisgericht dafür, dass es die Vorzüge der beiden Programmverstösse sachlich anerkannt hat und ausdrücklich betont. Der Fall zeigt auch, als Nutzenanwendung für andere Wettbewerbe, dass man freie Gestaltung einengende Programmvorschriften auf das unerlässliche Mass beschränken soll. Je mehr Freiheit den Bewerbern gelassen wird, umso grösser sind die Aussichten auf die Auslösung baukünstlerisch und wirtschaftlich guter Lösungen, also auf das Ergebnis des Wettbewerbs (Ziff. 19 der «Grundsätze»).

In Bern ist beabsichtigt, die Verfasser der prämierten und der angekauften Entwürfe zu einem zweiten, engern Wettbewerb einzuladen.

Die Gestaltfestigkeit der Kurbelwelle

Die Gestaltfestigkeit¹⁾ als neuerer Begriff der Festigkeitslehre durch Prof. Dr. A. Thum (Darmstadt) für den Maschinenbau eingeführt, wird seit 1938 bei den Konstruktionen von Gebr. Sulzer, Winterthur systematisch ausgebaut und den Konstrukteuren durch eine besonders dafür ausgebildete Zentralstelle in Form übersichtlicher Merkblätter zur Kenntnis gebracht. L. Martinaglia berichtet am Beispiel der Kurbelwelle, in der STZ (1944, Nr. 21 und 22), wie die Lehre der Gestaltfestigkeit praktisch angewandt und das konstruktive Denken befruchtet wird. Bei Stahlkonstruktionen, die kerbempfindlich sind, ist neben

¹⁾ Siehe u. a. SBZ Bd. 106, S. 25* (1935).

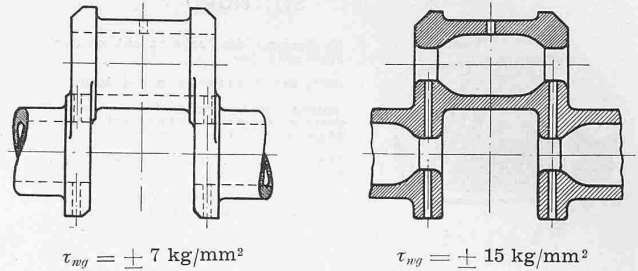


Abb. 3. Verbesserung einer Flugmotorenwelle nach Vorbild F (in Abb. 1) und Ergebnis der Gestaltfestigkeitsversuche auf der Wechselverdrehschmaschine ohne Biegung

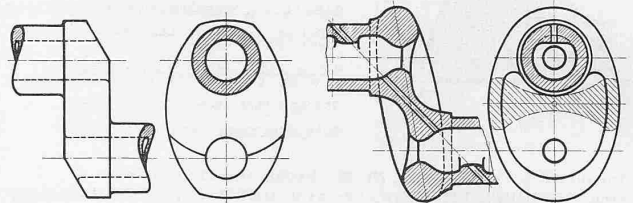


Abb. 4a. Stahlkurbelwelle. Stark beschränkte Gestaltungsmöglichkeit. Schlechte Ausnutzung der Materialfestigkeit. Günstigste Form nur angenähert möglich, teuer

Abb. 4b. Gusskurbelwelle. Fast unbeschränkte Gestaltungsmöglichkeit. Gute Ausnutzung der Materialfestigkeit, geringe Bearbeitungskosten

der günstigsten Formgebung namentlich die Oberflächenbearbeitung wichtig, während bei Maschinenteilen aus Gusseisen eine Steigerung der Gestaltfestigkeit durch bestmögliche Formgebung anzustreben ist. Systematisch durchgeführte Versuche mit naturgrossen Kurbelwellen auf einer Wechselverdrehschmaschine, wobei Hub, Lagerabstand, Zapfendurchmesser und Wangendicke konstant gehalten und die Erhöhung der Dauerfestigkeit lediglich durch konstruktive Mittel innerhalb dieser Festmasse angestrebt wurde, ergaben die in Abb. 1 zusammengestellten konstruktiven Verbesserungen mit den zugehörigen Wechselfestigkeiten, also die erstaunliche Steigerung um mehr als das 3 1/3-fache; die Form F ist denn auch die Grundform der heutigen Kurbelwellen schnellaufender Dieselmotoren geworden. Die meisten Maschinenteile weisen scheinbar nebensächliche Elemente auf, so Hohlkehlen, Bohrungen, Gewinde, Nuten usw., deren Bedeutung für die Gesamtfestigkeit aber tatsächlich entscheidend sein kann; bei der Kurbelwelle sind es die Hohlkehle der Kurbelkröpfung und die Ölbohrung. Es ist erwiesen, dass bei Hohlkehlen die grösste Spannung an der Ansatzstelle auftritt, d. h. dort wo eine geometrische Form in die andere übergeht. Es werden dafür besondere Profile, sog. Entlastungs- oder Ausflussübergänge empfohlen, näherungsweise aus Kreisbogen zusammengesetzt, die bei Kurbelwellen ohne Schaden in die Wange verlegt werden dürfen. Selbst kleine Ölbohrungen setzen die Dauerfestigkeit einer Stahlwelle um die Hälfte herab. Die Bohrungskanten sind mit grossen, vorzugsweise polierten Ausrundungen zu versehen. Die Ölbohrung kann an eine ohnehin verstärkte Stelle der Kurbelwelle, in ein spannungsarmes Gebiet verlegt werden.

Hochwertiges Gusseisen ist als Baustoff für Kurbelwellen besonders geeignet. Es besitzt geringe Kerbempfindlichkeit, hohe Eigendämpfung, hohe Härte, grosse Verschleissfestigkeit, gute Laufeigenschaften, vor allem aber leichte Formgebungsmöglichkeit und so geringeren Bearbeitungsaufwand. In Abb. 2 sind die hauptsächlichsten Entwicklungsstufen der Kurbelwellen dargestellt; Ausführung F ist Ausgangsform für die heutige Bauart der Kurbelwellen von Höchstleistungsmotoren (Abb. 3) geworden. In Abb. 4a und 4b sind die Unterschiede von Stahl- und Gusskurbelwellen dargestellt, die durch die verschiedene Gestaltungsmöglichkeit bedingt sind, wobei 4b als Idealform zu betrachten ist. Es fallen an ihr die glatte Führung des Kraftflusses und die ungewohnt sanften Querschnittsübergänge auf.

Grosse Kurbelwellen (Abb. 5) dagegen werden noch vorzugsweise geschmiedet, aber nicht mehr aus einem Stück, sondern es wird ein U-förmig geschmiedeter, verarbeiteter Kurbelhub auf ein Wellenstück, ein Kurbelzapfen in die Wange auf- oder eingeschrumpft. Durch den Pressitz wird der Werkstoff kalt verformt und so einem Spannungszustand unterworfen, der bei

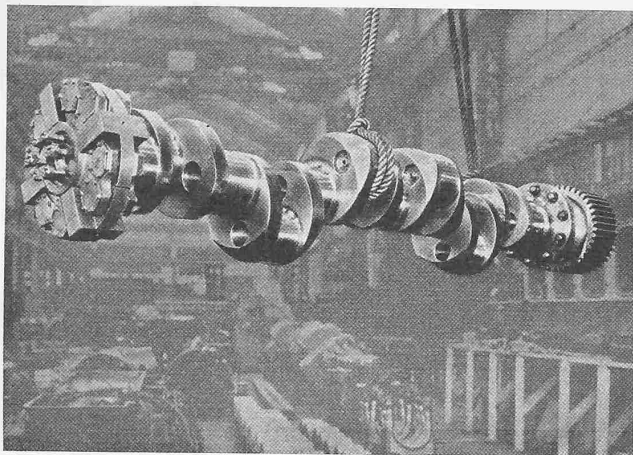


Abb. 5. Kurbelwelle für Doppelreihenmotor einer Sulzer-Diesel-Lokomotive. Am Kopfende links dynamischer Schwingungsdämpfer, Bauart Sulzer-Sarazin

einstückigen Wellen nicht auftritt. Er erlaubt, zugunsten grösstmöglicher Pressfläche und Lagerfläche, den Verzicht auf die Hohlkehle. Es zeigt auch diese Arbeit, welche überraschenden Möglichkeiten bei systematischer Forschung, selbst an scheinbar einfachen Maschinenelementen, erzielt werden können.

MITTEILUNGEN

Der Umbau bestehender alter Wasserkraftanlagen, ein Vortrag von Vizedir. J. Moser (Escher Wyss) im Schosse des Energiekonsumenten-Verbandes, liegt im «Energie-Konsument», Bd. 24 (1944), Nr. 5, S. 102—117, gedruckt vor. Ausbau und Verbesserung mittlerer und kleiner bestehender Wasserkraftanlagen ist eine der nächstliegenden, raschwirkenden Massnahmen zur Verbesserung unseres Energiehaushaltes¹⁾. Für die Beurteilung der Verbesserungsmöglichkeit sind stets Gefälle, Wassermenge und Nutzeffekt zusammen zu untersuchen. Gefälle-einbussen durch hohe Geschwindigkeiten in Zu- und Ablaufkanälen, durch Sand- und Geschiebeansammlungen, durch scharfe Umlenkung der Wasserströmung, durch schiefe und seitliche Anströmung von Rechen sind vermeidbar. Zu kleine Rechen müssen kontinuierlich oder kurzperiodisch gereinigt werden. Die kleinen Gefälle von 2 bis 15 m verlangen spiralförmige Ausbildung der Turbinenkammern und den bewährten Saugrohrkrümmer, unter Umständen einen konischen Leitapparat. In Hochdruckleitungen sind Kugelformstücke und scharfe Krümmer durch strömungstechnisch bessere Formen zu ersetzen. Die für die Berechnung der Turbinengrösse massgebende Wassermenge entspricht etwa dem vierfachen Wert der mittleren minimalen Wasserführung, sofern kein Speichersee vorhanden ist. Die Kaplanturbine verarbeitet Belastungswechsel von 1 bis 4 noch günstig, die Freistrahlturbine sogar solche von 1 bis 5, während die Francisturbine nur solche von 1 bis 3 noch wirtschaftlich erlaubt. Der Scheitelpunkt der Nutzeffektkurve liegt heute bei 90 %; wichtiger als dessen Steigerung ist aber ein flacherer Verlauf der Kurve, d. h. der geringere Leistungsabfall bei Teillast neuer gegenüber alten Turbinen, was Kraftgewinnen von 20 bis 30 % entspricht, und zwar zu Zeiten niedrigen Wasserstandes, wo die grossen Laufwerke Produktionsausfälle haben. Von den über 6000 Wasserkraftanlagen der Schweiz kommen etwa 350 alte Anlagen mit zusammen rd. 85 000 PS für einen Umbau in Betracht. Man könnte noch weiter gehen, wenn man alte Francisturbinen für Gefälle von nur 2 bis 15 m durch Kaplanturbinen ersetzen wollte. Mit einer durchschnittlichen Leistungserhöhung von 60 % würden rd. 51 000 PS gewonnen, ungefähr die Leistung von zwei Grossturbinen, oder ein Leistungszuwachs von 100 Mio kWh oder ungefähr 8 % des Zuwachsbedarfes. Das ist wenig, erspart also keineswegs die Erstellung neuer Grosskraftwerke, aber es ist mehr als nichts und ganz besonders vom Standpunkte rascher Wirkung und für die Arbeits- und Materialbeschaffung dennoch von Bedeutung. Untersuchungen an 25 ausgeführten Umbauten ergaben, bei grossen Schwankungen, an Kosten-Mittelwerten: für den hydraulischen Teil 215 Fr., für den elektrischen Teil 138 Fr., für den baulichen Teil 265 Fr., zusammen 618 Fr. pro PS der neuen Totalleistung. Auf eine Gesamtleistung der kleinen Anlagen von

nur 66 000 PS bezogen, ergäbe das Gesamtkosten von rd. 41 Mio Franken, wovon 60 bis 65 % Löhne und Saläre, also eine hervorragende Arbeitsbeschaffung. Die Auslösung dieser Umbauarbeiten wird gefördert durch Subventionen, vor allem aber durch Uebernahme des Ueberschusstromes zu angemessenen Preisen in öffentliche Netze, Erleichterungen in steuerlicher Hinsicht für die Anlagekosten oder Zugeständnisse grösserer Abschreibungen. Materialeitig bringt der Umbau grosse Ersparnisse, da die Einheitsgewichte moderner Turbinen 40 % gegenüber Jonval- und 27 % gegenüber älteren Francisturbinen niedriger liegen. Dazu kommt der Wegfall der Transmissionen. Bei 35 kg/PS Gewichtserparnis brächten obige 66 000 PS ausser den Neuanlagen-gewichten noch 2300 t zusätzlichen Materialgewinn, allein für die Turbinen, wahrscheinlich das Doppelte bei Einschluss der Transmissionen. Der Kanton Zürich will in dieser Aktion vorbildlich vorgehen, indem er die Kosten der Vorprüfung solcher Modernisierungen übernimmt und 50 % der Projektierungskosten des maschinellen Teils, sowie einen Anteil der betr. Bauingenieurkosten trägt, die vom Bauherrn nur zurückzuerstatten sind, wenn die Umbauten durchgeführt werden.

Eine neue Methode zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Strahlung, entwickelt von G. L. Pollak in einer Dissertation des Energie-Institutes in Moskau 1938, bespricht W. Ordinanza im «Schweizer Archiv» Bd. 10 (1944) Nr. 4. Diese rein analytische «Strahlungs algebra» operiert mit den beiden Grundbegriffen: Winkelkoeffizient und wirksame Oberfläche. Beide sind an ein Körperpaar gebunden. Winkelkoeffizient (auch als Winkelverhältnis oder Bestrahlungskoeffizient bezeichnet) ist das Verhältnis des auf den bestrahlten Körper entfallenden Strahlungsanteils zur Gesamtstrahlung des strahlenden Körpers. Wirksame Oberfläche des Körpers I bezüglich Körper II ist der zahlenmässig dem Winkelkoeffizienten gleiche Teil der strahlenden Oberfläche des Körpers I. Zahlenmässig sind also beide gleich, nur ist der Winkelkoeffizient dimensionslos, die wirksame Oberfläche dimensionsbehaftet. Pollak legt dann seiner Strahlungs algebra, für die er eine Art vektorieller Schreibweise benutzt, fünf Strahlungsgesetze zugrunde, nämlich: die Strahlung eines Körpers zu verschiedenen hintereinander liegenden Körpern ist, unabhängig von der Entfernung, gleich, wenn sie nach Raumwinkel und Lage gleich ist. Der gesamte Strahlungsaustausch zwischen Körpern ist gleich der arithmetischen Summe der zwischen ihren einzelnen Teilflächen ausgetauschten Strahlungen. Befindet sich zwischen zwei Körpern ein strahlungsundurchlässiges Mittel (Schirm), so ist der Strahlungsaustausch null. Ist ein strahlender Körper 1 von (m-1) Körpern umgeben, so ist die Summe der von diesen empfangenen Strahlung gleich der Gesamtstrahlung dieses Körpers. Für schwarze Körper gleicher Temperatur ist die gegenseitige Strahlung, unabhängig von räumlicher Anordnung und dazwischen liegendem Medium, gleich. Diese Strahlungs algebra erleichtert das Rechnen ausserordentlich. Die Originalarbeit, Diss. Pollak, gibt eine Zusammenstellung von 43 ausgerechneten Winkelkoeffizienten.

Bitumen (Asphalt-Erdharz-Erdpech) betitelt Prof. E. Thomann (ETH) einen Uebersichtsaufsatz in der NZZ vom 17. Mai 1944. Asphalte sind natürliche oder künstliche Gemische von Bitumen mit Mineralstoffen; dabei sind unter Bitumen zu verstehen die Erdölrückstände und die in Schwefelkohlenstoff löslichen Anteile der Naturasphalte und Asphaltgesteine. Im Altertum ist Asphalt als Mörtel, Kitt- und Klebemittel oder als wasserabweisender Schutzanstrich viel verwendet worden, nur wurde er als Erdpech und Erdharz bezeichnet. Die durch verschiedene Destillationsverfahren heute erzielten Qualitätsunterschiede ermöglichen eine ungekannte Vielseitigkeit von Produkten, eine ebensolche Vielseitigkeit der Anwendungen und eine weltweite Verteilung. Die grossen Vorteile liegen in dem hohen Klebe- und Bindevormögen, in seiner Plastizität und Unveränderlichkeit gegenüber Säureangriffen und nicht zuletzt in den wasserabweisenden Eigenschaften. Zuerst hatte sich nach dem Bekanntwerden der altertümlichen Anwendungen der Hoch- und Tiefbau seine Vorteile zunutze gezogen und erst hernach die Industrie. Von den vielen Anwendungen in Industrie und Bautechnik seien nur angedeutet: die verschiedenen Isolierpappen, Fugen- und Muffenvergussmassen, die Anstrichmassen und Tränkmittel, besonders auch in der Elektrotechnik und chemischen Industrie, die Industrie der Ersatzwerkstoffe, die Abdichtungen und Hartbeläge im Strassen- und Brückenbau, Eisenbahn- und Wasserbau. Die gegenwärtigen Einfuhrschwierigkeiten haben den Verbrauch stark gedrosselt, doch ist mit dem Ende des Krieges eine verhältnismässig rasche Erholung des Marktes zu erwarten und ebenso eine weitere Verfeinerung in der Anwendung, mit einer Abstufung der Ausführungsarten nach der wirtschaftlichen Tragbarkeit.

¹⁾ Vgl. Dipl. Ing. Gg. Gruner in SBZ Bd. 119, S. 63*; Bd. 122, S. 13*.