

# ENERGIE

Technische Fachzeitschrift

Berlin

Heft 1 · 22. Jahrgang · Januar 1943

## Ein Meisterstück der Stahlgießerei

Schiffsschraube, 3700 mm Durchmesser, 13 000 kg Gewicht



# Leitspruch

Wir sind, nachdem der Krieg nicht vermeidbar war, entschlossen, ihn mit dem ganzen Fanatismus zu führen, dessen wir Nationalsozialisten fähig sind. Wir sind vor allem gewillt, ihn bis zu einer endgültigen und klaren Entscheidung zu führen, so daß uns und unseren Nachkommen eine Wiederholung dieser Katastrophe in Zukunft erspart bleiben wird.

Aus dem Neujahrseruf des Führers  
an das deutsche Volk, 1. Januar 1943

## Schaffung einer Reichsgemeinschaft „Technische Presse“ (RTP.) im NSBDT.

Die technische Presse muß mehr als bisher in die Rüstungsproduktion eingeschaltet werden. Mit dem Ziel, eine gemeinsame Ausrichtung zu erreichen, soll ein Zusammenschluß aller an der technischen Presse und technischen Berichterstattung hauptberuflich und nebenberuflich mitarbeitenden Personen erreicht werden.

Um eine genaue Übersicht über die Mitarbeiter auf den einzelnen Gebieten zu erhalten, sollen die Männer, die sich dazu berufen fühlen und die in der Lage sind, auf Grund ihrer persönlichen Kenntnisse und Erfahrungen an der technischen Presse und an der technischen Berichterstattung mitzuarbeiten, ihre Anschrift mit den wichtigsten Personalangaben (auch Mitgliedschaft bei beruflichen Fachverbänden) unter gleichzeitiger Nennung ihrer Hauptberufs- und Fachgebiete dem Hauptamt für Technik der NSDAP. (Reichsleitung), München 33, Presse und Schrifttum, einreichen.

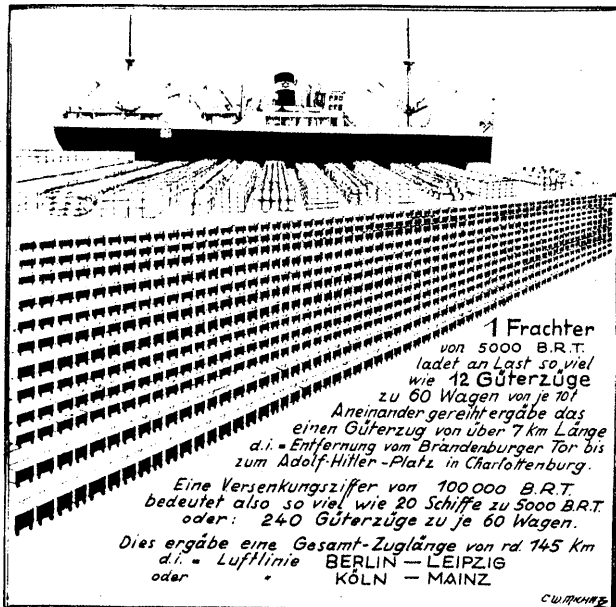
Es wird Wert darauf gelegt, daß sich nicht nur die Männer melden, die schon an der Fachpresse mitarbeiten, sondern auch jene, die bisher abseits standen.

München, 15. Januar 1943.

Hauptamt für Technik  
der NSDAP.-Reichsleitung

## Graphische Darstellung der Ladefähigkeit eines 5000 BRT.-Frachters

(Aufnahme: Atlantic)



„ENERGIE“ Heft 1 Januar 1943

## INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Schaffung einer Reichsgemeinschaft „Technische Presse“	2. Umschlagseite
Aufruf des Reichsministers Speer an die Männer der Technik	1
Unser Vorsprung	1
Die geschichtliche Bedeutung der Kriegslokomotive	2
Rudolf Pawlikowski, der Schöpfer des Kohlenstaubmotors	3
100 Jahre Energiegesetz	4
Kohle und Energie sparen durch Messung und Überwachung der tatsächlichen Temperaturen	5
Brennstoffersparnis durch Wiederverfeuerung der Flugasche	5
Der Abgasschieber am Glühofen hilft Gas sparen	5
Werkzeuge für die spangebende Formung (Fortsetzung aus Heft 12/1942)	6
Passungen und Toleranzen sind doch für mich nicht wichtig?	7
Ausbildungsstätten für die Schaffenden der Metallindustrie	8
Die Maschinenelemente	10
Entwurf und Selbstanfertigung von Sonderrechen-schiebern	11
Grundlagen für die neue Festigkeitslehre	12
Technische Wärmelehre mit praktischen Beispielen	13
Wärmewirtschaft im Turbinenkraftwerk (Fortsetzung aus Heft 9/1942)	14
Federberechnungen	15
Neuzeitliche Flugmotoren (Fortsetzung aus Heft 11/1942)	16
Lehrgang Zahnräder (Fortsetzung aus Heft 11/1942)	17
Der Einankerumformer	18
Grundlagen der Elektrotechnik (Forts. aus Heft 12/1942)	19
Basteln — Bauen — Belehrung: Anleitung zum Bau einer Kesselanlage für die im Oktober-Heft 1942 erschienene Schiffsdampfmaschine	20
Technischer Fragekasten	21
Bücherschau	2. Umschlagseite und 22
Lehrgangsankündigungen	22
Etwas zum Nachdenken	22

Titelseite: Ein Meisterstück der Stahlgießerei  
(Aufn. „Bochumer Verein“ — Vennefrohne)

4. Umschlagseite: Zusammenstellungszeichnung zum Bau eines Dampfkessels mit Armaturen

## B Ü C H E R S C H A U

In seiner großen Rede im Oktober des vergangenen Jahres machte der Reichsmarschall das Sparen von Kohle, Gas und Strom zur selbstverständlichen Pflicht eines jeden. In einer Reihe guter Fachbücher auf dem Gebiet des Heizungswesens stehen Wege der Erzielung von Brennstoffersparnissen bei Heizungsanlagen im Vordergrund. Die Bücher — zumeist Werke von in weiten Fachkreisen bekannten Verfassern — zeichnen sich durch allgemeinverständliche Betrachtungsweise, gute Abbildungen und schematische Darstellungen aus und geben ein klares Bild über die Entwicklung, das Wesen und die Ausführungsformen der behandelten Heizungsanlagen. Sie erfüllen damit bestens ihre Aufgabe, Aufklärung, Rat und Hilfe bei allen Fragen aus Theorie und Praxis der Heizungstechnik zu geben.

**Die Pumpen-Warmwasserheizung.** Leitfaden über Theorie, Berechnung und Ausführung von Pumpen-Warmwasserheizungsanlagen. Von Ing. W. Stäm-minger. Dritte Auflage. 441 Seiten mit 278 Abbildungen und 84 Tabellen. Preis kart. 13,60 RM. (1176)

**Die regelbare Niederdruckdampfheizung.** Leitfaden über deren Theorie, Berechnung und Ausführung. Von H. Klostermann. 181 Seiten mit 82 Abbildungen und 14 Zahlentafeln. Preis kart. 4 RM. (881)

**Beispielrechnung einer Fern-Pumpen-Warmwasserheizung.** Von Ing. J. Wendel. 48 Seiten DIN A 4, mit 18 Abbildungen, 5 Tabellen und 13 ganzseitigen Rohrberechnungen und 7 Plänen in einem Tafelteil. Preis kartoniert 6 RM. (887)

**Der Zeitbedarf für die Montagearbeiten an Zentralheizungsanlagen.** Von Johannes Körting VDI. 24 Seiten. Preis kart. 0,50 RM. (421)

**Die Wärmezählung bzw. Wärmemessung für Zentralheizungen.** Von Dipl.-Ing. H. Behrens. 50 Seiten mit 8 Abbildungen. Preis kart. 2 RM. (1305)

**Was muß der Heizungsingenieur von der Niederdruckdampfheizung wissen?** Von J. Körting. 38 Seiten mit 5 Abbildungen und 3 Zahlentafeln. Preis kart. 1,30 RM. (1304)

**Praktische Anleitung für Rohrinstateure und Heizungsmonteure.** Von Ing. O. Lufft. Dritte Auflage. 70 Seiten. Preis kart. 1,30 RM. (1156)

**Zahlentafeln zur überschlägigen Bestimmung der Wärmeverluste in Wohngebäuden.** Von O. Simon. 23 Seiten. Preis broschiert 0,60 RM. (1327)

**Tabellen zur Berechnung des stündlichen Wärmebedarfs für Gebäudeheizungen.** Von Diemke-Rahr. 20 Seiten mit 1 Abbildung. Preis kartoniert 2,50 RM. (1312)

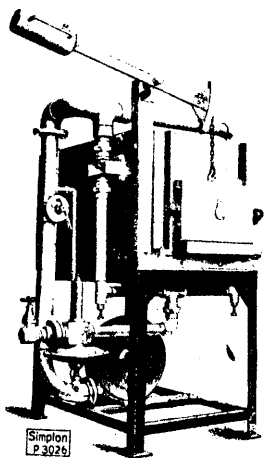
Die genannten Bücher sind in der Verlagsbuchhandlung Carl Marhold, Halle (Saale), erschienen.

Der Forderung zur größtmöglichen Kohleersparnung kommt auch die im Verlag der Deutschen Arbeitsfront erschienene Broschüre nach:

**Mehr Dampf — weniger Kohle.** Von Dipl.-Ing. R. Boye. 48 Seiten mit 25 Abbildungen. Preis broschiert 1,80 RM. (1318)

# INDUSTRIEÖFEN

für alle Beheizungsarten zur Warmbehandlung  
von Eisen, Stahl und sonst. Metallen



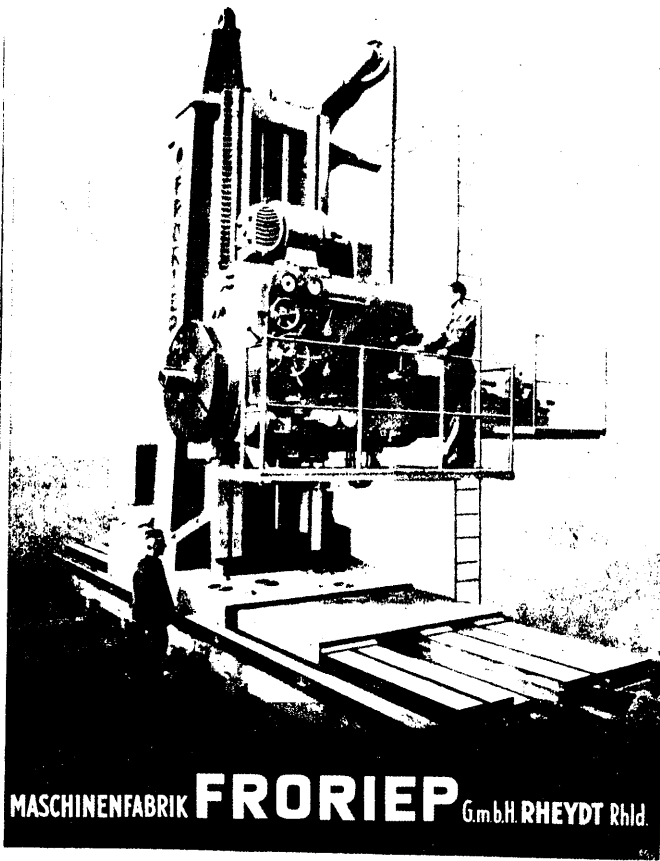
Gasgefeuerter Anwärmer für Kleinteile und Nieten

Simplon  
Aue/Sa.



Werk Albert Baumann  
Industrieöfen / Härtemittel / Härtekästen

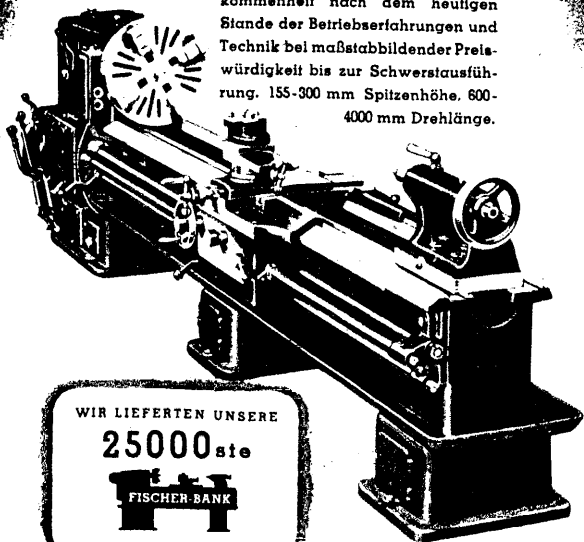
## Schwere Waagrecht Bohr- und Fräsmaschine



MASCHINENFABRIK **FRORIEP** GmbH RHEYDT Rhld.

## FISCHER-DREHBÄNKE

sind Spitzenleistungen in Konstruktion, Präzision und technischer Vollkommenheit nach dem heutigen Stande der Betriebserfahrungen und Technik bei maßstabbildender Preiswürdigkeit bis zur Schwerstauführung. 155-300 mm Spitzenhöhe, 600-4000 mm Drehlänge.



WIR LIEFERTEN UNSERE

**2500**ste



FISCHER & CO. · KOM.-GES.

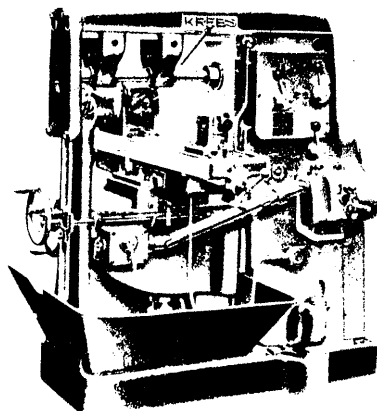
SPEZIALFABRIK FÜR DREHBÄNKE / FREITAL I. SA.



## KREBS- Fräsmaschinen

Antrieb:  
Elektromotor / Einschelbe / Stufenschelbe

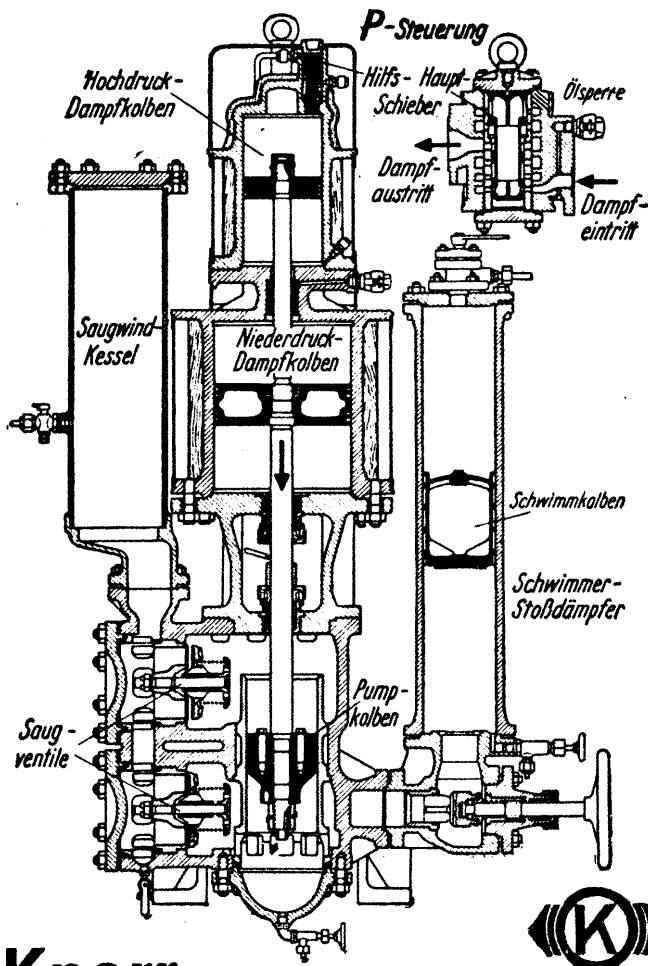
Tischgrößen:  
480x160 mm  
bis  
1080x300 mm



Bildangebot auf Anfrage

Werkzeugmaschinen-Fabrik Arno Krebs

Gegr. 1901 **Leipzig-Mockau 16** Gegr. 1901  
Fernspr.-Sammelnummer 5 40 21 / Telegr.-Adr. Krebsfräse Leipzig



# Knorr Kesselspeise- Verbundpumpe

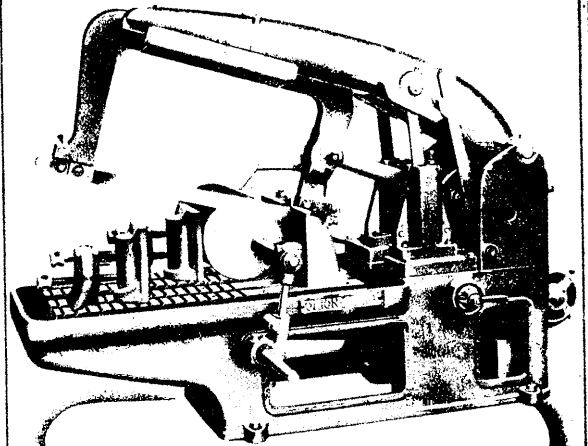
die altbewährte Dampfkolbenpumpe  
in neuer Form:

mit Schnellgang - P-Steuerung  
mit Schwimmer - Stoßdämpfer

Man sagt der Kolbenpumpe nach, daß sie ein Langsamläufer und Dampffresser sei, dazu anspruchsvoll im Raumbedarf, teuer in der Anschaffung und kostspielig beim Instandhalten. Das trifft nicht mehr zu, seitdem es gelungen ist, mit dem neuen luftverzehrenden Druckwindkessel, dem „Knorr Schwimmer-Stoßdämpfer“, die Druckleitung wirksam zu beruhigen und das stoßweise geförderte Wasser in einen gleichmäßigen Fluß überzuleiten. Nun kann sich der Arbeitskolbensatz im Schnellgang auf und ab bewegen. Dafür wird der Dampfstrom für den sparsamen Verbund-Antrieb sicher gelenkt von der einfachen Kolbenschieber-P-Steuerung.

**KNORR-BREMSE A-G BERLIN**

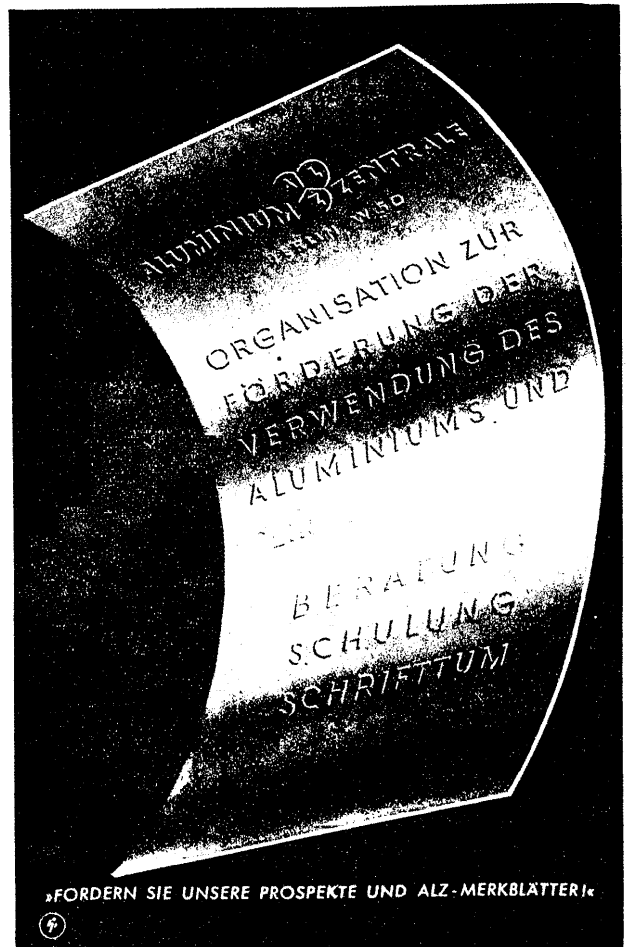
# ORION-HAKO



## Hochleistungs- Sägemaschine

für Material rund und vierkant  
bis 150 - 200 - 250 - 300 - 400 mm

**GORNIG & SEVERIN** Maschinenfabrik **DRESDEN-A. 28**



Herausgegeben von der Deutschen Arbeitsfront

unter Mitwirkung des „Amtes für technische Wissenschaften“ im Hauptamt für Technik der NSDAP., des Fachamtes „Energie – Verkehr – Verwaltung“ und des „Amtes für Berufserziehung und Betriebsführung“ in der Deutschen Arbeitsfront

Hauptschriftleiter: Oberingenieur **Walter Lehmann VDI**,

Leiter der Abteilung technisches Schrifttum im „Amt für technische Wissenschaften“ des Hauptamtes für Technik der NSDAP.

Verlag der Deutschen Arbeitsfront GmbH., Berlin C 2, Märkischer Platz 1

## Unser Vorsprung

Von Staatsrat Dr. Walther Schieber, Chef des Rüstungslieferungsamtes im Reichsministerium für Bewaffnung und Munition\*)

Die deutsche Rüstungswirtschaft hat im Kriegsjahr 1942 eine Entwicklung durchgemacht, die aus naheliegenden Gründen in ihrem ganzen Umfang der Öffentlichkeit unbekannt bleiben mußte und bis auf weiteres unbekannt bleiben muß, die aber, in ihrer Gesamtheit gesehen, die positive Entscheidung in unserem Sinne für die Fortsetzung und Beendigung des Krieges vorbereitet und der Verwirklichung nähergebracht hat. Der in diesem Jahre in unserer Rüstung erzielte Vorsprung ist so gesichert und verbreitert, daß die Mächtegruppe unserer Feinde bei der längeren Dauer des Krieges die rüstungsmäßige Überlegenheit Deutschlands und seiner Verbündeten erkannt hat und deshalb vom General Zeit behauptet, daß er nicht mehr in ihrem Lager weilt. Diese Entwicklung verdanken wir zunächst einer entscheidenden Ausweitung unserer Rohstoffgrundlage.

Seit 1938 hat sich die Machtsphäre des Reiches zunächst durch die aktive Außenpolitik des Führers, später durch Eroberungen so ausgedehnt, daß wir die schwersten Sorgen in unserer Rohstofflage überwunden haben. Der deutsche Kumpel hat in einem beispiellosen Einsatz nach Beginn dieses Jahres dafür gesorgt, daß wir für die Rüstungszwecke genügend Kohle zur Verfügung haben. Wir müssen selbstverständlich im allgemeinen Verbrauch mit diesem wertvollsten Rohstoff Kohle besonders sparsam umgehen, aber wir können doch auf der deutschen Kohlenförderung das Rüstungspotential Europas steigern.

Die Eisenerzeugung hat ein Höchstmaß erreicht und liegt weit über der Bedarfsdeckung im ersten Weltkrieg. Reichsbahn, Binnen- und Seeschifffahrt wurde instand gesetzt, um den außergewöhnlich gesteigerten Bedürfnissen voll zu entsprechen.

Wahrhaft bahnbrechend ist auch die Entwicklung unserer Generatorenindustrie. Die Erzeugung von Generatoren ist nunmehr so gesteigert worden, daß die Umstellung sämtlicher im Reichsgebiet laufender LKW.s auf Generatoren angeordnet werden konnte. Wir werden dafür Flüssigtreibstoff für die Front frei machen und zugleich den Ausnutzungsgrad der in der Heimat laufenden LKW.s bedeutend steigern, da Festtreibstoff in umfassendem Maße zur Verfügung gestellt werden kann. So wird also durch kriegswichtige Erfindungen auch die Verkehrslage weiter entlastet werden.

Das harte Problem der Energiesicherung der Rüstungsindustrie konnte angepackt werden, und bei aller Vordringlichkeit der Rüstungsbedürfnisse kann die Versorgung mit wirklich lebensnotwendigen Verbrauchsgütern auch im neuen Jahre durchgeführt werden.

Neben der Ausweitung unserer natürlichen Rohstoffbasis haben wir aber vor allem verstanden, neue Werkstoffe zu finden, die vielfach an Güte die natürlichen Rohstoffe übertreffen, die Verwendung von Austauschstoffen ermöglicht und bewiesen haben, daß der deutsche Erfinder nicht nur aus der Not eine Tugend zu machen weiß, sondern wie stets in der Kulturgeschichte der Menschheit durch die Not zu den besten Erfindungen angeregt wurde. So ist es gelungen, das in der ganzen Welt knappe **Kupfer** in vielen Fertigungen durch ein mit besonderen Eigenschaften ausgestattet **Aluminium** oder an anderen Stellen

wieder durch besonders legierte Stähle zu ersetzen. Welche Bedeutung allein diesen Erfindungen zukommt, läßt sich daraus erkennen, daß allein der Kupferbedarf der Elektroindustrie dadurch um fünfzig Prozent gesenkt werden konnte.

Eine ähnliche, geradezu revolutionäre Wirkung hatte die Erfindung eines neuen Magnetwerkstoffes. Dadurch fiel der **Magnet-Materialbedarf** bei einem höchst wichtigen Erzeugnis von 90 Gramm auf 0,6 Gramm, wobei sogar noch die Fertigungszeit von 12 auf 2,8 Stunden vermindert wurde.

Das schon erwähnte Förderungsmaximum an **Kohle** wird in einer Weise ausgenutzt, wovon sich der Laie im allgemeinen keine Vorstellungen macht. Zwar ist bekannt, daß wir durch die Kohleverflüssigung Schmieröle, Fette und Betriebsstoff gewinnen, ja sogar Seife erzeugen können; neu aber wird sein, daß auf der Kohlebasis heute auch splittersichere Gläser, zelluloseartige Folien, Borsten, Fasern und Gewebe hergestellt werden.

Die Rohstoffsicherung für die deutsche Textilindustrie, eine der größten Aufgaben des Vierjahresplans, wie sie in den Jahren 1935/36 in Angriff genommen wurde, ist in einem Ausmaß gelungen, das wir wohl selbst kaum erwartet haben. Unser Ausgangsrohstoff Holz wird uns künftighin in solchem Umfang zur Verfügung stehen, daß wir die Bedürfnisse der deutschen und europäischen Wirtschaft und den deutschen allgemeinen Verbrauchsbedarf jetzt erfüllen können. Vor allem ist es gelungen, unseren Soldaten im Osten eine hervorragende Winterkleidung zu schaffen, und wenn auch die neue Kleiderkarte etwas begrenzte Möglichkeiten aufweist, dann weiß doch jede deutsche Hausfrau, daß auch im kommenden Jahr für ihre dringendsten Bedürfnisse gesorgt ist, und jeder wird mit der notwendigen Einschränkung zugunsten des kämpfenden Heeres einverstanden sein.

Was wir an **Produktionsausweitung auf dem Leichtmetallgebiet** erreichen konnten als die Produktionshöhe an

### Männer der deutschen Technik!

Ein Kriegsjahr bester Bewährung liegt hinter uns. Der Kampf um unsere Freiheit ist noch nicht beendet. Der deutsche Soldat hat die Fronten in glänzenden Siegen weit hinausgetragen; er ist für die schaffende Heimat zum unerreichbaren Vorbild geworden.

Um auch im kommenden Jahr der Front draußen das zu geben, was sie an neuen Waffen, Munition und Geräten braucht, wende ich mich an die Männer der deutschen Technik. Euch fällt die Aufgabe zu, die Wehrkraft unseres Volkes weiter zu steigern. Eure Arbeit im neuen Jahr soll beherrscht sein von dem Gedanken, Menschen, Werkstoff, Energie und Transporte zu sparen.

Mit Eurem Pflichtbewußtsein und Eurer Einsatzfreudigkeit werdet Ihr auch im kommenden Jahr alle Aufgaben meistern, die der Führer Euch stellt.

Reichsminister für Bewaffnung und Munition

ten, ist nicht weniger bedeutungsvoll als die Produktion von synthetischem Kautschuk.

Bedeutender aber noch als die natürliche und synthetische Ausweitung unserer Rohstoffbasis sind die **Erfolge, die wir durch organisatorische Maßnahmen und technische Verbesserungen** in der Fertigung erzielt haben. Während die USA, immer noch damit beschäftigt sind, ihre rein liberalistische, kapitalistische Industrie, die bei Kriegsbeginn nach rein eigennütigen Gesichtspunkten aufgebaut war, nunmehr den Kriegszielen unterzuordnen und dabei in die krassen Methoden einer Planwirtschaft verfallen sind, war unsere Industrie schon lange vor dem Kriege staatlich gelenkt und durch eine sinnvolle Planung ausschließlich für unsere völkischen Ziele eingesetzt. Wir haben nun mitten im Kriege den umgekehrten Weg wie die USA, gehen können, in dem wir in einem noch nie dagewesenen Ausmaß der deutschen Industrie eine hohe Selbstverantwortung geben, so daß unsere Betriebsführer im Rahmen einer vom Staat gegebenen Zielsetzung nach

\*) Dieser Aufsatz erschien bereits in der Beilage „Soll und Haben“ der „Deutschen Allgemeinen Zeitung“ vom 31. Dezember 1942.

912348

eigener Einsatzsteuerung und getrieben von persönlichster Verantwortung ihre Aufgabe erfüllen können.

**Wir haben unsere Rüstungswirtschaft in Ausschüssen und Ringen zusammengefaßt, um dadurch einen völligen Erfahrungsaustausch herbeizuführen.** Dieser Zusammenschluß auf der Basis des gleichen Geräts, also die organisatorische Eingliederung von Betrieben gleicher Fertigung, unterscheidet sich grundsätzlich von dem ansonsten üblichen Weg des Zusammenschlusses auf der Basis der gleichen Rohstoffverarbeitung. Er fordert eine soldatische Kameradschaft, wenn große Erfolge erzielt werden sollen, und was wir erreicht haben, ist sehr groß. Es war vielleicht anfangs nicht leicht, ist aber doch bald in einem stolzen, beglückenden Umfang gelungen, die bisher als Fabrikations- und Konkurrenzgeheimnisse streng gehüteten Fabrikationsmethoden den Nachbarbetrieben zugänglich zu machen und dadurch jeweils **die ganze Fertigungsgruppe auf die Leistung des Besten heraufzusteigern**, ja sogar die bisherigen Bestleistungen noch zu verbessern. Ein Musterbeispiel dafür, was durch diese neuartige, nicht auf der Grundlage des eigenen Betriebes, sondern auf den Erfahrungen aller aufgebaute Rationalisierung bewirkt wurde, zeigen die Ergebnisse eines Sonderlings, dessen Produktion für alle Armaturen unserer Flugzeuge und Panzer, für unser gesamtes Nachrichtengerät und für zahllose andere Waffen unentbehrlich ist. Es ist gelungen, von bisher rund 5400 Typen auf 550 Typen zu kommen, **also eine Typenstreichung von nahezu 90 vH. zu erreichen.** Das entspricht in einer Fertigung einer Einsparung von 2250 Arbeitskräften und einer Freimachung von 1200 Arbeitskräften durch Beschränkung der Bestellmengen, bei einem Bestand von bisher 17 000 Werk tätigen **also einer Einsparung von rund 20 vH. an menschlicher Arbeitskraft.**

In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß unsere Industrie bei der schärfsten Preiskontrolle und bei aller Rationalisierung es doch

verstanden hat, die **Absatzwerte je eingesetzten Arbeiter** von Juli 1939 bis Juli 1942 um 17 vH. zu steigern; bei der Lebensmittelindustrie betrug die Steigerung sogar 20 vH., in der papierverarbeitenden Industrie und in der Feinmechanik und in der Optik sogar 35 vH. Damit ist wohl hinlänglich bewiesen, daß es in der deutschen Rüstungsindustrie gelungen ist, aus staatlicher Planung und privater Initiative eine Synthese zu finden, die bei Erhaltung der Wirtschaftlichkeit des einzelnen Betriebes zu einer noch nie dagewesenen Leistungssteigerung führen konnte.

Alle Leistung aber ist letzten Endes abhängig vom Menschen. **Wir Deutsche dürfen mit Genugtuung feststellen, daß deutsche Arbeiter, Chemiker, Ingenieure und Erfinder genau so ihre Überlegenheit bewiesen haben wie der deutsche Soldat an allen Fronten.** Nur dieser Überlegenheit ist es zu verdanken, daß der Einschmelzungsprozeß von Millionen fremdländischer Arbeitskräfte glückte und die Leistungssteigerung nicht aufhielt. Was der deutsche Arbeiter in diesem Krieg leistet, kann aber erst dann voll gewürdigt werden, wenn wir berücksichtigen, welche Lasten unser Volk seit 1914 getragen hat. Allein ernährungsmäßig haben wir Deutsche ja in den letzten dreißig Jahren Schwankungen erlebt, mit denen andere Völker nicht fertig werden mußten. Wenn wir trotzdem von einer unterlegenen Ausgangsstellung her die feindliche Rüstung überflügeln konnten, **dann stellt sich durch diese Leistungen der deutsche Arbeiter in der Heimat würdig neben den deutschen Frontsoldaten.**

Mit solchen hervorragenden Menschen, mit ihrer Einsatzbereitschaft, ihrer Treue, ihrem Glauben und ihrer Disziplin werden wir die Rüstungsschlacht gewinnen und damit den Endsieg an den Fronten durch den besten Soldaten der Welt, mit den besten Waffen ausgerüstet, erzwingen.

## Die geschichtliche Bedeutung der Kriegslokomotive

Von Professor Dr.-Ing. F. Neesen, Technische Hochschule Danzig

Die Entwicklung der Dampflokomotive war bisher im allgemeinen durch die Verbesserung ihres Wirkungsgrades, durch Leistungssteigerung und Heraufsetzung der Geschwindigkeiten gekennzeichnet. Vor hundert Jahren betrug der Wirkungsgrad etwa 2 vH., es gingen also 98 vH. der der Kohle innewohnenden Energie verloren. Um die Jahrhundertwende war es durch Anwendung höherer Dampfdrücke, Überhitzung des Dampfes und durch die Vorwärmung gelungen, den Wirkungsgrad auf etwa 6 vH. zu erhöhen, wobei jedoch die Grundform der Stephenson-Lokomotive immer noch beibehalten wurde. Heute erreichen die normalen Lokomotiven etwa einen Maschinewirkungsgrad von 12 vH. Zwar hatte man nach dem Weltkrieg durch ganz neuartige Lokomotivbauarten, wie Höchstdrucklokomotiven, Turbinenlokomotiven, Dampfmotoren und Diesellokomotiven noch weitere Wirkungsgradsteigerung erstrebt und schon eine solche von 17 vH. erreicht, jedoch verblieb es im allgemeinen bei der Stephensonschen Grundform, die infolge ihrer Einfachheit und der durch die jahrzehntelange Erfahrung hochentwickelten und betriebssicheren Konstruktion eine neue Gestaltung nicht aufkommen ließ. Mit der Stephensonschen Bauart gelang es, sogar Geschwindigkeiten von 200 km/h, allerdings nur bei kurzen Zügen, zu erreichen. Die weitere Verkehrsentwicklung fordert aber hohe Geschwindigkeiten auch bei langen Zügen und daher so hohe Leistungen, daß sie nicht mehr in der Lokomotive der Stephenson-Bauart verwirklicht werden können. Schon deshalb müssen die Tore einer neuen Entwicklung geöffnet werden, und man findet in der Literatur zahlreiche Vorschläge für eine völlige Neugestaltung der Lokomotiven, seien es die Dampfmaschinen-Einzelachs-antriebslokomotiven, Turbinen- oder Diesellokomotiven. Der Krieg verhindert aber die praktische Entwicklung; die geistige Entwicklung steht jedoch auch jetzt nicht still, sie schafft die Fundamente, auf denen sich eine gewaltige und praktische technische Entwicklung aufbauen wird, wenn dafür die Zeit gekommen ist.

Die Kriegsverhältnisse haben aber nunmehr eine Lokomotiventwicklung herbeigeführt, wie sie solcher Art die Geschichte bisher nicht kennt, und zwar nach einer ganz anderen zeitbedingten Richtung. Der Beschäftigungsgrad der deutschen Lokomotivindustrie war bis wenige Jahre vor Ausbruch dieses Krieges auf ein erschütternd geringes Maß heruntergegangen, so daß bedeutende Lokomotivfabriken ihre Tore schließen mußten, und die, die bestehen blieben, unter größten Schwierigkeiten arbeiteten und wegen Auftragsmangels fertigungstechnisch gegenüber der übrigen Industrie zurückblieben. So hatte die Leistungsfähigkeit der deutschen Lokomotivindustrie starke Einbuße erlitten, als der Krieg einsetzte, und die große Ausweitung des Verkehrsraumes einen außerordentlichen Bedarf an Lokomotiven mit sich brachte. Der Bedarf steigerte sich derart, daß normale Methoden nicht mehr ausreichten hätten, die Leistungsfähigkeit der geschwächten Lokomotivindustrie auf das erforderliche Maß zu bringen. Der Führer erteilte daher im Frühjahr 1942 an den Reichsminister für Bewaffnung und Munition Speer den Auftrag, die Lokomotiv- und Wagenproduktion in einem gewaltigen Maße zu steigern. In Verfolg dieses Auftrages wurde am 15. März 1942 der Hauptausschuß Schienenfahrzeuge unter der Leitung von **Direktor Degenkolb** mit den Sonderausschüssen Lokomotiven und Wagen gebildet. In Zusammenarbeit mit der Gemeinschaft Großdeutscher Lokomotivfabriken gelang es innerhalb eines halben Jahres, durch mutige,

jeden Unweg vermeidende Arbeit nicht nur die Grundlagen für eine völlig neuartige Lokomotivfabrikation zu schaffen, sondern auch in einem so kurzen Zeitraum kaum für möglich gehaltene praktische Erfolge zu erzielen.

Einige der wichtigsten Maßnahmen waren folgende:

1. Neukonstruktion der Lokomotive, um durch Vereinfachung und zweckmäßige Konstruktion die Vorbedingungen für Einsparung von Arbeitsstunden, Baustoff und Werkeinrichtungen zu schaffen, darüber hinaus aber auch, um die Lokomotive vor allem für die Verhältnisse im Osten witterungsfest zu gestalten.
2. Umstellung der Lokomotivfabrikation auf die Grundlagen der fließenden Fertigung, um hierdurch zur Einsparung von Arbeitsstunden auch die Möglichkeiten zu schaffen, ohne Werkstatteerweiterungen die Produktion um ein Vielfaches zu steigern.
3. Schaffung von Spezialvorrichtungen, um durch diese nicht nur Fabrikationserleichterungen zu gewährleisten, sondern um auch zu erreichen, daß nicht vorgebildete Arbeitskräfte schnell vollwertig in den Fabrikationsprozeß eingeschaltet werden können.
4. Heranziehung der breiten Industrie als Unterlieferanten für die Lokomotivindustrie, um dadurch sofort eine wirkungsvolle Leistungssteigerung zu erzielen.

Die „Kriegslokomotive“, so benannt, um zu kennzeichnen, daß sie im Kriege und für Kriegszwecke gebaut wurde, ist eine Lokomotive mit fünf Treib- und einer Laufachse, sie ist entwickelt aus der Reichsbahn-Bauartreihe 50 heraus und hat die Typenbezeichnung 52 erhalten. Gegenüber der Reihe 50 wurden bei ihr von insgesamt 6000 Einzelteilen allein **1000 Teile ganz eingespart** und 3000 erhielten eine wesentliche konstruktive Abänderung. Als besonders bemerkenswerte Änderungen sind die beiden Treib- und Kuppelstangen zu nennen. Diese werden nicht mehr wie zuvor aus einem Stück geschmiedet und allseitig bearbeitet, sondern es werden die Stangenköpfe für sich in einem Gesenk geschlagen und mit der im Spezialprofil gewalzten und unbearbeiteten Stange verschweißt. Diese Maßnahme allein brachte **je Stangensatz eine Ersparnis von 955 kg Stahl und 98 Arbeitsstunden.** Eine wesentliche Ersparnis brachte auch die Zylinderbearbeitung, indem Zylinder und Ausströmkästen, die früher getrennt hergestellt wurden, nunmehr aus einem Stück gegossen werden, darüber hinaus der Zylinder Gußnaben erhält, die es gestatten, den ganzen Zylinder in eine Vorrichtung einzuspannen, so daß dessen vollständige Bearbeitung ohne einen einzigen Anreißstrich erfolgen kann. Hierdurch konnte die **Bearbeitungszeit von 48 Stunden auf die überraschend kurze Zeit von 2 Stunden herabgesetzt werden.** Auch der Lokomotivrahmen erfährt wesentliche Vereinfachungen, und es werden allein 3 t Einsatzmaterial infolge Ersatzes des Barrenrahmens durch den Plattenrahmen erzielt. **Insgesamt werden bei der Lokomotive ohne Tender 16 vH. Stahl und 25 vH. Arbeitsstunden eingespart.** Der Tender, der bisher ein selbständiges Untergestell hatte, auf dem der Tenderkasten aufgesetzt wird, besteht nunmehr nach Art der neuen Kesselwagen aus einem selbsttragenden runden Behälter, der sich unmittelbar auf die Drehgestelle stützt und an den die die Puffer tragenden Kopfstücke angeschweißt sind. Hierdurch wurde allein eine **Ersparnis von 25 vH. Einsatzmaterial und 50 vH. Arbeitsstunden erreicht und das Gewicht des Tenders von 26 t auf 18 t herabgemindert und obendrein das Fassungsvermögen an Wasser von 26 m<sup>3</sup>**

(Fortsetzung siehe gegenüberliegende Seite links unten)



# Rudolf Pawlikowski †

der Schöpfer des Kohlenstaubmotors



Der Erfinder des Staubmotors, Dipl.-Ing. Rudolf Pawlikowski, ist am 10. 11. 1942 im Alter von 75 Jahren gestorben. Bis zu seinem Tode hat er an der Weiterentwicklung seines Motors, insbesondere an der Ausbildung des Schnellläufers gearbeitet. Nach der grundsätzlichen Lösung, die ihm in langer und kostspieliger Versuchsarbeit gelungen war, und deren Ergebnisse durch mehr als 200 Patente geschützt wurden, war der „Rupa-Motor“ mit kleinem Gewicht und großer Leistung sein Lebensziel. Immer wieder sprach er mit jugendlich anmutender Begeisterung von den großen wirtschaftlich-technischen Möglichkeiten, die sein Motor bringen könnte, in welchem er die ideale Kraftmaschine sah. „Wenn bei dem heutigen Entwicklungsstand,“ so sagte er unserem Mitarbeiter bei einem Besuch, der kurze Zeit vor seinem Tode erfolgte, „die Herstellung von Kunstbenzin gerechtfertigt ist, um Motoren zu treiben, so wird das später einmal allgemein als ein Umweg anerkannt werden. Heute muß man rund 5 kg Steinkohle von je 7000 Kilokalorien verarbeiten, um 1 kg Benzin mit 10000 Wärmeeinheiten zu erhalten. Rund 25000 Wärmeeinheiten gehen hier verloren. Der Rupa-motor benötigt für die gleiche Arbeitsleistung, die man mit einem Kilogramm Benzin erzielen kann, nur 1,5 kg Steinkohle. Die Treibstoffkosten verringern sich also ganz erheblich. Im übrigen ist der Rupa-motor ein Allesfresser. Man kann ihn mit Torfstaub und Holzkohlenpulver, mit Stauben aus Kaffee- und Kakaoschalen, Nüssen und Baumwollkapseln ebenso betreiben, wie mit feingemahlene Preßrückständen aus Oliven, Sonnenblumen, Sojabohnen, Wiesenheu usw., ja, er kann wie jeder andere Dieselmotor, wenn man als dessen Kennzeichen das Fehlen einer Fremdzündung nimmt, auf Treiböl im Betriebe umgeschaltet werden.“

Der erste betriebssichere Kohlenstaubmotor der Welt kam 1916 in der von Pawlikowski geleiteten Maschinenfabrik „Kosmos“ in Görlitz in Betrieb. Er leistete 80 PS und hat allein in den Jahren bis 1940 rund 11000 Betriebsstunden einwandfrei gearbeitet. Er diente zum Antrieb der gesamten Werkzeugmaschinen. Viele Hunderte von Ingenieuren der ganzen Welt haben diese Maschine gesehen und auch untersucht und sich von ihrer Brauchbarkeit überzeugt.

Bei den bisherigen Rupa-motoren wurde der grundsätzliche Aufbau der Dieselmotoren beibehalten. Mehr als 500 Versuche waren nötig, um alle beim Rupa-motor auftretenden Erscheinungen sicher zu beherrschen. Wie aus der Skizze ersichtlich ist, wurde auf dem Zylinderdeckel ein Staubbehälter angeordnet, der gegen die Beikammer durch das Füllventil abgeschlossen ist. Beim Niedergang des Arbeitskolbens wird das Füllventil angehoben. Dadurch saugt er das Brennpulver in die Beikammer. Hier wird es durch zweckvoll gestaltete Mundstücke bis zum Ende der Verdichtung zurückgehalten. Durch die am Ausgange der Beikammer befindliche Öffnung preßt der Arbeitskolben heiße Luft, die die Zündung vorbereitet. Am Ende des Verdichtungsstages wird durch das Einblasventil Frischluft zugeführt, die den Staub in den Arbeitszylinder bringt. Das kann aber auch durch Selbsteinblasung geschehen, indem der Überdruck einer Teilverbrennung des Beikammerinhaltes dazu benutzt wird, den nicht verbrannten Rest des Treibstoffes in den Zylinder zu befördern. Der Motor verdichtet also Luft und Brennstoff gleichzeitig, hält sie jedoch bis zur Zündung getrennt. Auch bei der Selbsteinblasung entzündet sich ein Teil des Pulvers bei einem Druck von 33 Atmosphären und 320 Grad. Durch den Teilzerknall in der Beikammer entsteht ein Druck von 60 bis 80 Atmosphären, der den restlichen größten Teil des Treibstoffes in den Arbeitszylinder bringt, wo er

ohne jede Fremdzündung verbrennt und dadurch den Kolben bewegt. Durch die Treibölleitung kann auch Öl in die Beikammer gespritzt werden, so daß der Motor auch mit flüssigen Brennstoffen läuft. Während des Zünd- und Arbeitshubes bringen starke Aschewirbel nur heiße Asche und glimmende Kohlekörnchen auf die geölte Zylinderfläche, die jeweils vom Kolben freigelegt wird. Dabei spielt sich ein merkwürdiger physikalischer Vorgang ab. Jedes Körnchen bildet auf der getroffenen Schmierfläche eine Öldampfschicht, durch die es mit unerhörter Wucht sogleich wieder in das Zylinderinnere abgestoßen wird. Damit aber ist eines der wichtigsten Geheimnisse des Staubbetriebes geklärt. Ohne diesen Vorgang wäre der Betrieb unmöglich. Für die Zylinderlaufbüchsen werden verschleißfeste Legierungen verwendet, die sich Pawlikowski durch Patente schützen ließ.

Die unerhörten Summen, die Pawlikowski für die Entwicklung des Rupa-motors aufwenden mußte, hat er durch seine frühere, erfolgreiche Ingenieurarbeit verdient. So schuf er unter anderem ein in der ganzen Welt verbreitetes System der Entaschung von Dampfkesselanlagen während des Betriebes. Er hat sich auch erfolgreich mit rein chemischen Fragen beschäftigt und unter anderem auch Patente für die Kunstseidenherstellung auf Grund eigener Forschungen erhalten. Kurz vor dem Bekanntwerden des I.G.-Verfahrens zur Stickstoffgewinnung war er mit einem anderen, begeistert aufgenommenen Verfahren an die Öffentlichkeit getreten, das von Männern wie Nernst und Zeuner hervorragend begutachtet wurde, dann aber hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vom I.G.-Verfahren übertroffen wurde.

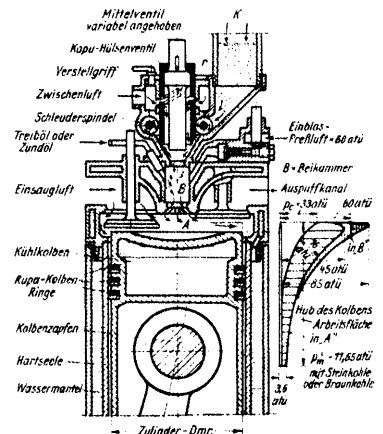
Pawlikowski, der am 16. Juni 1867 in Dresden geboren wurde, hat den Gedanken, einen Kohlenstaubmotor zu schaffen, bereits als ein Familienerbe übernommen, denn sein Großvater Johann Aloys Pawlikowski hatte sich bereits mit diesem Gedanken beschäftigt.

An der Technischen Hochschule Dresden hatte er Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie, Hoch- und Brückenbau sowie Patentwesen studiert. Noch vor Ablegung des Diplomexamens, das er mit Auszeichnung bestand und das ihm einen Preis von 1000 Mark zur Durchführung einer ausgedehnten Auslandstudienreise einbrachte, hatte er als Assistent bei Oskar von Miller gearbeitet und hier an der Vorbereitung der großen Elektrotechnischen Ausstellung mitgewirkt, die 1891 in Frankfurt am Main stattfand. Nachdem er sich in der Maschinenfabrik von Kramer-Klett in Nürnberg und bei der Berlin-Anhaltischen Maschinenfabrik auf dem Gebiete des Motorenbaus betätigt hatte, trat er in die Dienste Rudolf Diesels und arbeitete mit ihm an der Entwicklung des Dieselmotors. Schließlich leitete er dessen Konstruktionsbüro in München. 1898 trat er als Direktionsassistent bei der Görlitzer Maschinenfabrik ein, und 1901 gründete er in Görlitz ein eigenes Ingenieurbüro, das sich mit dem Entwurf von Kraftanlagen sowie mit dem Neubau und der Einrichtung von Fabriken befaßte. 1909 gründete er die Maschinenfabrik „Kosmos“, die er bis zu seinem Tode leitete und in der der „Rupa-motor“ entwickelt wurde. Bei der Durchsetzung dieser Erfindung hat er unerhörte Kämpfe austragen müssen, die auch heute noch nicht abgeschlossen sind. Gerade das Leben Pawlikowskis beweist aber so recht das Wort des Führers, das er in seinem Werke „Mein Kampf“ niederschrieb: „Alle Erfindungen sind also das Ergebnis des Schaffens einer Person. Alle diese Personen sind, ob gewollt oder ungewollt, mehr oder minder große Wohltäter der Menschen. Ihr Wirken gibt Millionen, ja Milliarden von menschlichen Lebewesen später Hilfsmittel zur Erleichterung der Durchführung ihres Lebenskampfes.“ Sicherlich wird einmal die Zeit kommen, die die Arbeiten Pawlikowskis, die zum Rupa-motor führten, als eine der großen Ingenieurleistungen in ihrer ganzen Größe zu würdigen versteht.

Es ist beschämend, am Ende dieses großen Lebens feststellen zu müssen, daß diese Arbeit, die sich würdig neben die Leistungen Ottos, Daimlers, Benz's und Diesels stellt, so vielen Hindernissen bei ihrer praktischen Einführung begegnete, so daß es dem Erfinder nicht vergönnt war, die Auswirkung seiner Lebensarbeit noch zu sehen. Der deutschen Technik ist damit ein wertvolles Vermächtnis hinterlassen worden, daß seine selbstverständliche Pflicht schon im Hinblick darauf notwendig ist, daß alle wichtigen Typen der Brennstoffmaschine in Deutschland entwickelt werden. Die Ingenieurleistung Pawlikowskis ist ein Ruhmesblatt der deutschen Technikgeschichte, eine Tat, die seine Nachfolger zu höchsten Anstrengungen verpflichtet. Da wir heute vom „Otto-Motor“ und „Diesel-Motor“ sprechen, wäre es nur recht und billig, wenn dem Erfinder des deutschen Staubmotors zu Ehren der von ihm selbst gewählte Name „Rupa-Motor“ allgemein eingeführt würde. Auch das wäre eine Ehrung des Erfinders über das Grab hinaus. Seine Maschine ist ja nicht nur ein kleiner Staubmotor, sondern ein Staubmotor schlechthin, da er mit den verschiedenen Stauben betrieben werden kann.

1) Rudolf Pawlikowski-Motor.

Schnitt durch den Zylinderkopf eines Rupa-motors (Werkaufr.: Kosmos GmbH., Görlitz)



Fortsetzung von Seite 2:

auf 34 m<sup>3</sup> und das der Kohle von 8 auf 10 t erhöht. Insgesamt werden je Lokomotive 26 000 kg Einsatzmaterial und 6000 Arbeitsstunden eingespart. Besonders wichtig ist aber auch die Einsparung von hochwertigen Metallen: so werden an Kupfer 90 vH., an Zinn 92 vH. eingespart. Sofort nach der Aufnahme der Arbeit durch den Hauptausschuß wurden Maßnahmen zur Produktionssteigerung getroffen, die sich schon nach wenigen Wochen in der sogenannten Überganglokomotive (ÜK.Lok.) kenntlich machten, aber schon am 13. September 1942 konnte die erste Kriegslokomotive vorgeführt werden und eine Probefahrt von 5000 km antreten. Bei dieser zog sie einen Zug, der eine Ausstellung enthielt, die allen am Lokomotivbau schaffenden Menschen ein anschauliches Bild von der Neugestaltung der Einzelteile der Lokomotive geben sollte, im besonderen aber auch dazu diente, durch aufschlußreiche Statistiken einen Einblick in die gigantische Leistung der Arbeitsausschüsse und der Lokomotivindustrie zu geben. Der in Zahlen und graphischen Darstellungen sich zeigende Erfolg war nur möglich, indem der Führer selbst den Auftrag gab und dadurch jeden in seinen Bann zog. So paarten sich unerhörte Tatkraft, Mut und Entschlossenheit mit Willigkeit und Freudigkeit bei allen Mitschaffenden. Vom einfachen Arbeiter bis zum leitenden Ingenieur versuchten viele durch Verbesserungsvorschläge und persönlichen Einsatz den Erfolg zu steigern und eine Großtat zu verwirklichen, die wieder so recht einmal das deutsche Wesen zeigt, das nie versagt, wenn es darauf ankommt, das letzte für sein Vaterland herzugeben.

So hat diese in einem halben Jahr entstandene Kriegslokomotive dem ganzen Lokomotivbau eine Wendung von bleibender Bedeutung gegeben, deren geschichtliches Merkmal die Ausrichtung der Konstruktion auf vereinfachende und zweckmäßige Fertigung sein wird. Diese Kriegslokomotive wird die Aufgabe erfüllen, die ihr in diesem Kriege gesetzt ist, darüber hinaus aber wird sie einer der Grundsteine für eine völlige Neugestaltung des Lokomotivbaues überhaupt sein.

# 100 Jahre Energiegesetz

Von Professor Dr. Werner Heisenberg\*)

Wenn man den Blick auf die erste, von der Legende umspinnene Zeit der beginnenden Naturforschung richtet, so scheinen uns zwei Gestalten den Wunsch der Menschen nach Beherrschung der Naturkräfte zu versinnbildlichen: der Alchimist, der in seinen Retorten Quecksilber in Gold zu verwandeln sucht, und der Erfinder, der ein „perpetuum mobile“ bauen will, eine Maschine, die ohne äußeren Antrieb Arbeit leistet, die also Bewegung gewissermaßen aus Nichts erzeugt.

Wir wissen längst, daß die eben ausgesprochenen Ziele so nicht zu erreichen waren: das Metall, das die Alchimisten in ihrer Retorte fanden, hatte zwar vielleicht rötliche Farbe, aber es war niemals Gold; und die Maschine, die Bewegung aus „Nichts“ erzeugen sollte, sah zwar auf der Konstruktionszeichnung wie ein echtes „perpetuum mobile“ aus, aber versagte jedesmal, wenn sie als fertiger Apparat ihre Arbeit beginnen sollte. Erst spät lernten die Menschen, daß es feste Naturgesetze gibt, die man auch durch die geschickteste Konstruktion nicht umgehen kann und daß hier eben diese festen Gesetze den Erfolg ein für allemal verhindern.

Im vorigen Jahr waren gerade 100 Jahre vergangen seit dem Erscheinen der berühmten Arbeit, die der deutsche Arzt und Physiker Julius Robert Mayer über die Kräfte der unbelebten Natur veröffentlicht hat; in dieser Abhandlung hat er die wichtigsten Züge jenes allgemeinen Naturgesetzes klar ausgesprochen, das uns heute als **das Gesetz von der Erhaltung der Energie** aus den Schulbüchern geläufig ist und das die Konstruktion eines „perpetuum mobile“ grundsätzlich unmöglich macht.

Das Wort Energie ist in der Bedeutung, in der es von der Physik heute allgemein gebraucht wird, noch jünger als die Abhandlung Robert Mayers, der noch von „Kraft oder von lebendiger Kraft“ sprach. Auch in der Wissenschaft klären sich ja die Begriffe erst allmählich, und wenn man einmal genau weiß, um welche Sache es sich handelt, so bleibt im allgemeinen schließlich auch nur ein Wort übrig, das diese Sache bezeichnet; und das ist hier „Energie“. Man kann das Wort Energie aus dem Griechischen ins Deutsche übersetzen etwa als: die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, und mit dieser Übersetzung werden die verschiedenen Formen, in denen uns Energie entgegen treten kann, durch eine anschauliche Vorstellung verbunden. So unterscheidet sich etwa das nach oben gezogene Gewicht einer Uhr von dem zu Boden gesunkenen oder die gespannte Feder von der entspannten oder die Pulverladung in der Patronenhülse vom verbrannten Pulver eben durch die gleiche Fähigkeit: Arbeit zu leisten. Da nun die gleiche Arbeit durch die Verwendung sehr verschiedener Kraftquellen geleistet werden kann, so ergibt sich schon daraus die Möglichkeit, verschiedene Energieformen in ihrer Wirksamkeit zu vergleichen.

Wer einen hohen Berg besteigt, der weiß, daß er dazu ein erhebliches Stück körperlicher Arbeit zu leisten hat. Er weiß auch, daß er diese Arbeit besser leisten kann, wenn er kräftige Nahrung zu sich genommen hat als mit nüchternem Magen. Aber er wird diesen einfachen Sachverhalt im allgemeinen nicht in der Sprache der Naturwissenschaften ausdrücken, die von der Energiemenge spricht, die zur Besteigung des Berges notwendig ist, und die mit der Nahrung als chemische Energie aufgenommen werden muß. Allerdings kann diese Energie auch auf andere Weise dem Bergsteiger zur Verfügung gestellt werden: Wir können den Gipfel des Berges mit dem Kraftwagen erreichen, dann stammt die Energie für die Besteigung aus der Verbrennungswärme des Benzins. Oder eine elektrische Drahtseilbahn hat uns auf den Gipfel geführt: dann stammt die Energie von den Dynamomaschinen der Elektrizitätswerke, die aber selbst nur die Energie des durch die Turbinen fallenden Wassers in elektrische Energie verwandelt haben.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie enthält also als wichtigsten Bestandteil den Gedanken, daß zu jedem Zustand eines Körpers eine ganz bestimmte, quantitativ angebbare Fähigkeit, Arbeit zu leisten, gehöre; daß diese Fähigkeit nur von diesem Zustand selbst abhängt, nicht aber von der Art und Weise, wie die Arbeit im einzelnen zustande gebracht werde, und daß daher jedem Zustand für diese Fähigkeit, Arbeit zu leisten, eine bestimmte Maßzahl, wir sagen der Energieinhalt, zugeordnet werden könne. Die Maßzahlen können für verschiedene Formen der Energie, etwa: Bewegungsenergie, elektrische Energie, Wärme untereinander verglichen werden, und damit ergibt sich schließlich ein einheitliches Energiemaß auch für verschiedenartige Energieformen. So messen wir diese Fähigkeit, Arbeit zu leisten, bei elektrischen Vorgängen in Kilowattstunden, bei der Wärme in Kalorien, bei mechanischen Vorgängen in Meterkilogramm, aber wir können diese Maßeinheiten vergleichen und sagen: 1 Kilowattstunde ist soviel wie 370 000 Meterkilogramm oder soviel wie 860 Kilokalorien.

Sehen wir uns diese verschiedenen Maßeinheiten einmal auf ihre anschauliche Bedeutung hin an: Eine Kilowattstunde elektrischer Energie wird verbraucht, wenn wir eine 40-Wattlampe einen ganzen Tag lang brennen lassen. Diese Energiemenge kostet für den gewöhnlichen Verbraucher 8 Rpf. Die gleiche Energie ist als Wärmeenergie in 150 g Kohle enthalten; allerdings ist diese Wärmeenergie bei der Verbrennung von Kohle nicht so vielseitig und wirksam verwendbar wie die entsprechende elektrische Energie; dafür kosten 150 g Kohle auch nur etwa  $\frac{1}{4}$  Rpf. Eine Kilowattstunde ist ferner die Arbeit, die notwendig ist, um unser eigenes Gewicht etwa 6000 m hoch zu heben, d. h. eine Kilowattstunde ist mehr als ein Tagewerk angestrengtester körperlicher Arbeit. Man erkennt daraus, wie unzumutbar es wäre, die **Muskelkraft für eine rein mechanische Arbeitsleistung zu verwenden**,

die auch von Maschinen geleistet werden kann. Diese Energie kann ja dem Körper auch nur in der Form von Nahrungsmitteln zugeführt werden — eine Kilowattstunde ist etwa in 100 g Fett als ausnutzbare Energie enthalten — und daher kommt es, daß der Schwerarbeiter auch auf seiner Lebensmittelkarte höhere Rationen erhalten muß als die anderen Menschen.

Als Bewegungsenergie würde eine Kilowattstunde etwa der Energie eines vollbeladenen und schnell fahrenden Güterwagens entsprechen. Diese Beispiele ließen sich beliebig vermehren.

Der Kernpunkt der Arbeit von Robert Mayer, deren Andenken im vorigen Jahr gefeiert wurde, bestand gerade im **Vergleich der Wärmeeinheit Kalorie mit der mechanischen Einheit Meterkilogramm**. Erst dieser bestimmte Vergleich verschiedener Energieformen berechtigt zu der Behauptung, daß es eine universelle Größe, die „Energie“, gebe, die sich als Zustand in sehr verschiedenen Formen äußern kann, die aber niemals gewonnen werde oder verlorengehe, sondern nur von einer Form in eine andere verwandelt werden könne.

Woran liegt es nun, daß ein so allgemeines Naturgesetz, wie der Energiesatz, dessen Wirkungen uns sozusagen auf Schritt und Tritt begegnen, erst so spät ausgesprochen worden ist? Um dies zu verstehen, muß man einen Blick auf die Geschichte der Physik werfen. Das erste Gebiet, das von der beginnenden Naturwissenschaft der Neuzeit erobert worden ist, war die Lehre von den Bewegungen, die Mechanik. Schon im 17. Jahrhundert war, ausgehend von den Forschungen Galileis und Keplers, Newton zu den Grundgesetzen der Mechanik vorgedrungen, und seit dieser Zeit galt die Newtonsche Mechanik als das schlechthin gültige und unübertreffliche Muster eines verstandenen Bereichs physikalischer Vorgänge. Eine Naturscheinung verstehen, hieß sie auf die Bewegungsgesetze zurückführen, und die großen Fortschritte der Naturwissenschaft im 18. und beginnenden 19. Jahrhundert bestanden zu einem erheblichen Teil aus Anwendungen der Mechanik, teils auf die Bewegungen der Himmelskörper, teils auf das Verhalten von Flüssigkeiten, elastischen Körpern oder dergleichen. Innerhalb der Mechanik nun war der Satz von der Erhaltung der Energie im wesentlichen seit dem 17. Jahrhundert bekannt, allerdings in der negativen Form: es sei unmöglich, sich mechanische Energie aus Nichts zu verschaffen. Schon im Jahre 1775 faßte die Pariser Akademie den Beschluß, Vorschläge zur Konstruktion eines „perpetuum mobile“ nicht mehr zu prüfen, eben weil man schon damals überzeugt war, daß es ein universelles Naturgesetz gebe, das den Bau einer solchen Maschine ein für allemal verhindert.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wandte sich dann das Interesse vieler Forscher den Wärmerscheinungen zu, und so kam es, daß auch die bei der Reibung auftretende Wärme genau untersucht wurde. Der bayerische Graf Rumford maß in einer Gießerei in München die Wärme, die beim Bohren von Kanonenrohren frei wird, und schloß aus seinen Versuchen, daß diese Wärme offenbar frei durch die beim Bohren geleistete Arbeit erzeugt wird — wodurch natürlich die Deutung, daß Wärme etwas Ähnliches sei wie Bewegung der kleinsten Teile, sehr nahegelegt wird.

Der eigentliche Grund für die spätere allgemeine Fassung des Energiesatzes wurde jedoch damals im Anfang des 19. Jahrhunderts noch durch eine andere Entwicklung gelegt: Seit den Entdeckungen des Chemikers Lavoisier wußte man, daß chemische Vorgänge mit der Entstehung einer bestimmten Wärmemenge verknüpft sind, daß also die Wärme in den Stoffen als sogenannte latente Wärme schlummern kann; die elektrischen Vorgänge hatten gelehrt, daß chemische Wirkungen elektrische Ströme erzeugen und daß diese Ströme Arbeit leisten können. Durch diese Entdeckungen wurde schließlich der Boden bereitet für die allgemeine, von der Mechanik unabhängige Formulierung des Energiesatzes.

Robert Mayer soll den ersten Anstoß zu seiner Entdeckung durch eine Beobachtung empfangen haben, die er als Schiffsarzt in den Tropen machte: daß das Blut in den Venen in den Tropen heller ist als im gemäßigten Klima. Die Überlegung mag etwa so gelaute haben:

Die chemische Zusammensetzung des Blutes ist in den Tropen anders als in unserem Klima; dies muß damit zusammenhängen, daß der Wärmehaushalt des Körpers ein anderer ist; also besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Wärmehaushalt oder, wie wir jetzt sagen, dem Energiehaushalt und den chemischen Eigenschaften des Blutes. Robert Mayer hat das bleibende Verdienst, zuerst erkannt zu haben, daß Wärme eine Energieform sei, und genau angegeben zu haben, wieviel mechanische Energie einer Kalorie entspricht. Er hat dieses Verhältnis nicht in eigenen Versuchen gemessen, sondern durch einen neuen kühnen Gedanken aus den Versuchen anderer berechnet. Durch diese Leistung — dadurch, daß Mayer aus schon vorhandenen Erfahrungen einen neuen wichtigen Zusammenhang herausgesehen hatte, rückt er in die Reihe der großen Theoretiker der Physik.

Robert Mayer hat für seine Ideen kämpfen müssen, der Erfolg ist ihm nicht von selbst zugefallen. Sein erstes Manuskript aus dem Jahre 1842 wurde von der Zeitschrift abgewiesen und kam nicht zum Druck, die zweite, ausgereifere Fassung erschien 1842 in Liebigs Annalen und fand dort wenig Beachtung. Dies lag wohl daran, daß R. Mayer nicht in der Fachsprache der Physiker schrieb, deren Handwerkszeug ihm, seinem Werdegang nach, zunächst fremd war. Aber er hat sich im Kampf für seine Idee auch dieses Handwerkszeug angeeignet, und später, als der unerfreuliche Prioritätsstreit über die Entdeckung des Energie-

\*) Dieser Aufsatz erschien bereits in der „Deutschen Allgemeinen Zeitung“ vom 10. November 1942.



satzes beendet war, ist Robert Mayer die volle Anerkennung für seine wissenschaftliche Tat auch von seiten der Fachgelehrten zuteil geworden.

Jetzt, hundert Jahre nach der Entdeckung, ist uns der Energiebegriff längst selbstverständlich, ja die Frage nach der Energie und ihren Quellen ist zum zentralen Problem der ganzen wirtschaftlichen und technischen Entwicklung geworden. Eine genügende Menge Energie ist die notwendige Voraussetzung für den Aufbau irgendwelcher industrieller Unternehmungen. Es ist deshalb oft die Frage aufgeworfen worden, ob die Energievorräte der Erde für die immer größeren Ausmaße der Technik auf die Dauer ausreichen werden. Woher stammt bisher die Energie? Die Kohlen- oder Ölvorräte mögen in einigen Jahrhunderten erschöpft sein. Die Wasserkraft dagegen werden Energie liefern, solange noch die Sonne scheint und das Meerwasser verdunstet. Aber vielleicht sind diese Energiemengen für die größer werdende Technik zu gering. Gibt es nicht noch andere, noch größere Energiequellen?

Hier taucht noch einmal das Problem des „perpetuum mobile“ auf, aber in der modernen, unserer Naturerkenntnis entsprechenden Form. Wir können zwar nie hoffen, Energie aus Nichts zu gewinnen, aber gibt es nicht irgendwo auf der Erde Energiequellen, die praktisch unerschöpflich sind? Alle Energien, die wir bis jetzt verwenden, die der Wasserkraft, die der Brennstoffe, stammen zuletzt von der Sonne. Die

Energie der Sonnenstrahlung selbst aber stammt aus einem Prozeß der Umwandlung chemischer Elemente in der Sonne, einem Prozeß, den der Physiker als die Zusammensetzung von Atomkernen des Elements Helium aus solchen des Elements Wasserstoff beschreibt. Unter den ungeheuren Temperaturen und Drucken im Innern der Sonne spielt sich also ein Vorgang ab von der Art, wie ihn die alten Alchimisten gesucht haben: Verwandlung der Elemente. In der Sonne verbrennt Wasserstoff zu Helium, und hierbei werden die enormen Energiemengen frei, die als Strahlung seit Milliarden von Jahren von der Sonne in den Weltraum wandern.

**Wenn es einmal gelänge, diese Energiequelle auf der Erde zu erschließen** — Wasserstoff ist ja in der Form von Wasser in fast beliebiger Menge vorhanden —, **so wäre das ganze Problem der Energiewirtschaft mit einem Schlage gelöst.** Freilich hat die Natur dafür gesorgt, daß diese riesigen Energiemengen, die in den Atomkernen schlummern, unter gewöhnlichen Bedingungen nicht freigesetzt werden können. Aber vielleicht eröffnet die genaue Kenntnis der Atomkerne, die im letzten Jahrzehnt errungen worden ist, einen Weg, wenigstens an einigen Stellen unter besonderen Bedingungen auch diese Quellen zu erschließen. **Dann wären uns zum ersten Male nicht nur die Energiemengen zugänglich, die von der Sonne stammen, sondern auch die viel größeren, die seit Weltbeginn in der Materie schlummern.**

## Kohle und Energie sparen durch Messung und Überwachung der tatsächlichen Temperaturen

Eine hochwertige und teure Temperaturmeß- und -regelanlage gibt noch lange nicht die Gewähr für die Überwachung zur Erzielung und Aufrechterhaltung wirtschaftlicher Bestleistung. Das liegt aber nicht am Gerät selbst, sondern fast immer am Einbau der Temperaturfühler und -geber, die in die zu messenden Medien eintauchen. Eine meßtechnische Nachprüfung dieser Einbauten würde oft erschreckende Ergebnisse zeitigen. Vor allem ist dies der Fall bei Einbauten der Temperaturfühler und -geber in Rohrleitungen und Kanälen, in denen Medien von über 200 Grad zu messen sind. Wie hoch im ungünstigsten Falle Meßfehler sein können, zeigen die Meßergebnisse von M. Wenzl und E. Schulz bei der Messung von Gastemperaturen.

Beobachtete Gastemperatur Grad C	Wirkliche Gastemperatur Grad C	Meßfehler Grad C
400	500	100
500	647	147
600	793	193
700	945	245

Derartige Meßfehler, die bei allen Flüssigkeiten und Gasen auftreten können, sind fast ausnahmslos auf die Nichtbeachtung der Wärmeübertragung beim Temperaturfühler-Einbau zurückzuführen. Hierbei gilt als Grundsatz, daß die mittlere Temperatur eines strömenden Mediums interessiert, die naturgemäß aber auch nur im mittleren Temperaturfeld zu finden ist.

### Ursache Meßfehler Abhilfe

1. Eingebauter Temperaturfühler ist mit seinen Berührungsflächen gegen Rohr- oder Kanalwandung nicht wärmeisoliert.  
Tauchrohr allseitig durch Wärmeisolierrmittel (Klingerit und dgl.) in Form von Scheiben, Platten und so weiter gegen Wärmeableitung schützen. Gewindestutzen mit Asbestschnur umwickeln.
2. Äußere Rohr- oder Kanalwandung ist an der Meßstelle nicht wärmeisoliert oder gegen kühlende bzw. wärmende Strahlung geschützt.  
Meßstelle u. deren nähere Umgebung mit Wärmeschutzmittel (Wickel, Ummauerung u. dgl.) genügend isolieren. Herausragenden Kopf oder Ableseskala (Glasthanometer) des Temperaturfühlers muß freistehen.
3. Temperaturfühler taucht nicht tief genug in das mittlere Temperaturfeld der Flüssigkeit ein, so daß die meist kühlere Temperatur in Nähe der Rohrwandung gemessen wird.  
Wärmeempfindlicher Teil des Temperaturfühlers beim: Widerstandsthermometer = Widerstandswicklung, Thermoelement = Lötstelle, Federthermometer = Flüssigkeitsgefäß, Glasthanometer = Flüssigkeitsgefäß, Flüssigkeitsthermometer = Flüssigkeitsgefäß bzw. achtmal Tauchrohrdurchmesser, muß mit seiner ganzen Länge in das mittlere Temperaturfeld eintauchen. Hierbei ist es gleichgültig, ob der Einbau radial, axial oder schräg vorgenommen wird, um diese Forderung zu erreichen.

## Brennstoffersparnis durch Wiederverfeuerung der Flugasche

Die in neuzeitlichen Feuerungen meist in großen Mengen anfallende Flugasche enthält eine nicht zu unterschätzende Wärmemenge, weil sie nicht nur aus Mineralien, sondern zu einem großen Teil aus Flugkoks besteht, dem auf seinem ersten Wege durch die Feuerung nicht genügend Zeit zum vollen Ausbrand zur Verfügung stand. Natürlich kann aus Gründen der Brennstoffersparnis auf die Verbrennung der in der Flugasche enthaltenen Koks nicht verzichtet werden. Es wird daher zu einem einfachen Mittel gegriffen, nämlich die Flugasche wird mit der Kohle nochmals aufgegeben. Bei der Aufgabe muß die Flugasche möglichst feucht sein, um zu backen und nicht sogleich vom Zug erfaßt und unverbrannt hinausbefördert zu werden. Werden Schlacke und Flugasche durch eine Druckwasserentschung entfernt, so wird die Flugasche vollkommen angefeuchtet und zeigt dadurch die zur Verbrennung erforderlichen Eigenschaften. Auf mechanischem Wege oder mittels Druckluft geförderte Flugasche muß vor der Wiederaufgabe angefeuchtet werden. Der Wasseraufnahme setzt jedoch trockene Flugasche hohen Widerstand entgegen. Besprengen mit einem Wasserstrahl verursacht überaus starke Staubentwicklung. Besser ist Hineinschütten in ein Wasserbad, wenn auch der größte Teil der Flugasche auf der Wasseroberfläche schwimmt. Vervollständigt wird das Verfahren durch Berieseln.

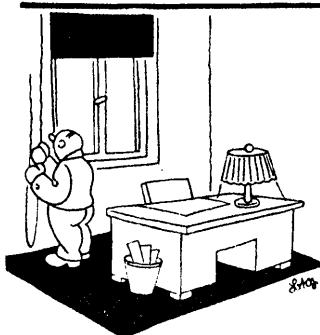
## Der Abgasschieber am Glühofen hilft Gas sparen

Die Dichtheit eines gasbeheizten Industrieofens ist eine der Voraussetzungen für seinen wirtschaftlichen Betrieb. Undichtheiten führen entweder dazu, daß Gas ausflammt, also nutzlos verbrennt, oder Falschluff angesaugt wird, die zusätzlich erwärmt werden muß. Das Einströmen von Falschluff läßt sich weitgehend unterbinden, wenn der Ofen so gefahren wird, daß im Ofenraum gegenüber der Außenluft Überdruck herrscht. Hierdurch treten aber bei undichtigem Mauerwerk und natürlich auch bei offenen Türen und dergleichen Ausflammlverluste ein. Es besteht also eine Wechselbeziehung zwischen Überdruck und Ausflammlverlust, die hinsichtlich des Gasverbrauchs nur dadurch zu einem Bestwert kommt, wenn sowohl mit angemessenem Überdruck gefahren als auch für dichtes Mauerwerk und geschlossene Türen gesorgt wird.

Wie wird nun der richtige Überdruck und die Dichtheit des Ofens geprüft? Mit Hilfe des Abgasschiebers. Der Überdruck kann durch mehr oder minder weites Schließen des Abgasschiebers so eingeregelt werden, daß kaum Ausflammlverluste eintreten können. Zur Prüfung des Ofens auf Dichtheit werden — während einer Betriebspause — der Abgasschieber und alle Arbeits- und Kontrollöffnungen, letztere bis auf eine, geschlossen. Eine vor diese Kontrollöffnung gehaltene brennende Kerze oder rauchende Lunte gibt Aufschluß über die Dichtheit des Ofens, denn bei dichtem Ofen wird die Flamme bzw. der Rauch nicht angesaugt, sondern steigt senkrecht nach oben. Auch der nach einem bestimmten Zeitabschnitt eingetretene Abfall der Ofenraumtemperatur kann einen Anhalt für die Güte der Dichtheit des Ofens geben.

Weiterhin verhindert der gut geschlossene Abgasschieber ein schnelles Auskühlen des Ofenraumes während der Betriebspausen. Hierdurch wird Anheizgas, aber auch Arbeitszeit gespart; denn die Anheizzeit wird kürzer, der Anheizgasverbrauch entsprechend geringer, je höher die Ofenraumtemperatur bei Beginn des neuen Arbeitsganges noch ist.

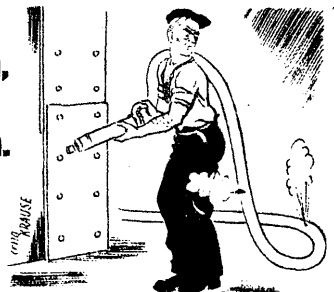
Der Abgasschieber hilft also auf verschiedene Weise Gas sparen, und wo noch ein Ofen ohne Abgasschieber ist, sollte er umgehend nachträglich eingebaut werden. Als Zwischenlösung kann unter Umständen auch ein auf die Abgasöffnung gelegter Schamottestein bereits gute Dienste leisten.



**Verdunklungszeiten einzuhalten, heißt sparsam mit dem Strome walten!**

**Preßluftverluste melde beizeiten, damit man beseitigt die Undichtigkeiten.**

5



# Die Werkzeuge für die spangebende Formung

(Fortsetzung aus Heft 12, 1942)

Wenn auch in den letzten Jahren den spanlosen Formgebungsverfahren wie Schmieden, Pressen, Walzen, Biegen und dergleichen und besonders den Verfahren der Stanzeretechnik eine erhöhte Bedeutung zugekommen ist, so ist doch immer noch ein sehr großer Teil der Bearbeitung bzw. der Nacharbeit der Werkstücke der spangebenden Formung vorbehalten. Es ist allerdings nicht der Zweck der spangebenden Formung, möglichst große Spannungen zu erzeugen, sondern die Verfahren der spanlosen Formgebung und der spangebenden Formgebung sollen so aufeinander abgestimmt sein, daß die Bearbeitung durch Abtrennen von Spänen auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Das schließt aber nicht aus, daß die Vorgänge der Zerspanung in wirtschaftlichster Weise vorgenommen werden. Die Vorbedingungen hierzu sind richtig ausgebildete und richtig behandelte Werkzeuge. Da gerade die Werkzeuge der spangebenden Formung einen großen Aufwand an hochwertigem Werkstoff und wertvoller Facharbeit darstellen, sind nach richtigen Gesichtspunkten durchgebildete, sinnvoll angewendete und pfleglich behandelte Werkzeuge jetzt von größter Wichtigkeit. Aus diesem Grunde setzen wir die Aufsatzreihe über die Werkzeuge für die spangebende Formung auch in diesem Jahre fort, damit sie Wege zeigt und Anregungen gibt, die die oben aufgestellten Forderungen erfüllen helfen.

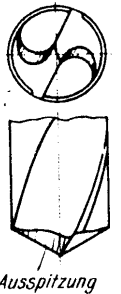


Abb. 205

## Spiralbohrer

Die gebräuchlichsten und am wirtschaftlichsten arbeitenden Bohrwerkzeuge sind die Spiralbohrer. Sie haben ihren Namen von den längs des Bohrerkörpers verlaufenden schraubenförmigen Nuten. Eine Schraubenlinie wird in der Werkstattsprache fast allgemein falsch als Spirale bezeichnet. Richtig müßte der Spiralbohrer eigentlich Schraubenbohrer heißen. Diese Bezeichnung war teilweise auch um die Jahrhundertwende üblich. Die neuerdings vorgeschlagene Bezeichnung

Wendelbohrer hat sich bis jetzt in der Werkstatt noch nicht einführen können.

Die Benennungen am Schneidteil des Spiralbohrers gehen aus der Abb. 198 hervor. Die Schnitttrichtung beim Spiralbohrer erläutert die Abb. 199. Nach dieser Abbildung wird ein Spiralbohrer als rechts schneidend bezeichnet, wenn er sich, vom Schaft aus gesehen, im Uhrzeigersinn dreht.

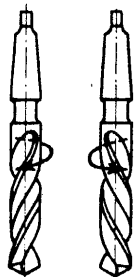


Abb. 199

Die Schraubennutenform muß in ihrem Querschnitt so ausgebildet sein, daß, wie in Abb. 200, die Schneidkanten gerade Linien bilden, die einen Kreis mit dem Durchmesser  $g$  berühren. Dieser Kreis entspricht der Seelen- oder Kernstärke des Bohrers. Wie aus der Abbildung weiter hervorgeht, verlaufen die Schraubennuten am äußeren Bohrerdurchmesser  $d$  unter einem Winkel  $\sigma$  zur Achse des Bohrers. Dieser Winkel, der den Drall der Schraubennuten bestimmt, hat bei gewöhnlichen Spiral-

bohrern für Stahl und Gußeisen etwa die Größe  $\sigma = 30^\circ$ . Die Seelen- oder Kernstärke ist an der Spitze von neuen Bohrern etwa  $u = 0,15 d$ . Zur Erhöhung der Verdrehungsfestigkeit des Bohrers wird die Seelenstärke nach dem Schaft hin allmählich um 30 bis 40 vH., größer gemacht. Damit dadurch der Querschnitt der Nut nicht kleiner und die Spannhöhe verschlechtert wird, muß die Breite der nach dem Schaft zu flacher werdenden Nut vergrößert werden. Das geschieht, indem bei gleichbleibender Breite des Nutenfräasers die Drallänge vergrößert oder bei gleichem Drall der Einstellwinkel des Nutenfräasers allmählich verändert wird. Die damit verbundene Abnahme des Winkels der Schraubennuten zur Bohrerachse oder die Verstellung des Nutenfräasers beträgt  $5^\circ$  für eine Nutendrehung. Der Winkel der Schraubennuten zur Bohrerachse ist dann nach einer Nutendrehung  $\sigma - 5^\circ$ . Damit der Spiralbohrer während des Bohrens im Bohrloch eine gute Führung hat, verläuft längs der Schraubennut am Bohrerumfang eine Fase. Die Fasenbreite beträgt für Bohrer von 10 bis 100 mm Durchmesser etwa  $b = 1,3$  bis 4 mm. Die Fasenfläche wird rund geschliffen, jedoch nicht genau zylindrisch, sondern, um die Reibung der Faser im Bohrloch zu verringern, nach dem Schaft hin auf 100 mm Bohrerlänge

Schneidkante etwa um 0,1 mm verjüngt. Der Bohrer wird dadurch allerdings bei starkem Abschleiß einen etwas kleineren Durchmesser erhalten. Dieser Nachteil wird jedoch durch die verringerte Reibung wettgemacht. — Der durch die schräge Lage der Schneid-

kanten gebildete Spitzenwinkel ist bei Spiralbohrern für allgemeine Zwecke  $\varphi = 116^\circ$ .

Besondere Sorgfalt ist der Ausbildung der Hinterschliffflächen zuzuwenden. Wie Abb. 201 darstellt, bestehen die Hinterschliffflächen aus Teilen der Kegelmantelflächen. Die Achsen dieser Kegel liegen üblicherweise unter  $45^\circ$  zur Bohrerachse geneigt, stehen also senkrecht auf-

einander. Der Spitzenwinkel der Kegel beträgt  $26^\circ$ . Dadurch bildet sich der oben erwähnte Spitzenwinkel des Bohrers  $\varphi = 116^\circ$ . Die Achsen der Kegel liegen jeweils um etwa  $1/15 d$  von der Bohrerachse seitlich versetzt. Die dadurch gebildete Form der Hinterschlifffläche ergibt den für ein einwandfreies Schneiden notwendigen Freiwinkel. Zu bemerken ist jedoch, daß infolge der Vorschubbewegung, wie Abb. 202 zeigt, der wirksame Freiwinkel  $\alpha$  entsteht, wenn der Hinterschliffwinkel  $\alpha'$  um den sich durch die Vorschubbewegung ergebenden Winkel  $\varrho$  verringert wird. Der Winkel  $\varrho$  ist der Steigungswinkel der Schraubenlinie, auf der sich die Schneidkanten beim Bohren infolge des Vorschubes bewegt. Aus dem gleichen Grunde ist der Winkel  $\gamma$  der wirksame Spanwinkel, und nicht der Winkel  $\sigma$ , den die Schraubennut zur Bohrerachse bildet. Für gewöhnliche Bohrer beträgt nach Abb. 203 der Hinterschliffwinkel  $\alpha' = 5-10^\circ$  am Außendurchmesser des Bohrers. Dieser Winkel nimmt vom Umfang aus nach der Mitte zu, so daß er dort etwa die Größe von  $20^\circ$  hat.

Wie Abb. 204 zeigt, bildet sich infolge der Seelenstärke an der Bohrer Spitze zwischen den Schneidkanten die Querschnitte. Diese liegt bei richtigen Hinterschliffflächen unter  $55^\circ$  zur Schneidkante. Die Querschnitte kann nicht ordentlich schneiden, sondern drückt auf den Werkstoff und erhöht dadurch den Vorschubdruck. Damit der Vorschubdruck nicht unzulässig anwächst, und um ein Aufbäumen des Bohrmaschinenstells bei zu großem Vorschubdruck zu vermeiden, muß die Querschnitte ausgespitzt werden. In Abb. 205 ist eine ausgespitzte Querschnitte wiedergegeben. Durch die Ausspitzung dürfen keine scharfen Kanten und keine Vertiefungen in dem an die Schneide anschließenden Teil der Ausspitzung entstehen. Eine richtige Ausspitzung muß von der Mitte aus allmählich nach außen verlaufen.

Die verwinkelte Form der Hinterschlifffläche macht es zur Bedingung, daß das Nachschleifen der Spiralbohrer nur auf besonderen Spiralbohrerschleifmaschinen oder auf geeigneten Schleifeinrichtungen vorgenommen wird. Ein Nachschleifen von Hand soll möglichst vermieden werden. Es sei hier bemerkt, daß der Spiralbohrer sich überhaupt erst nach Schaffung geeigneter Spiralbohrer-Schleifmaschinen oder -einrichtungen einführen konnte. Den grundsätzlichen Aufbau einer einfachen Spiralbohrer-Schleifeinrichtung gibt die Abb. 206 wieder. Die Lage A—B der Achse des Drehzapfens C bestimmt die Lage der die Hinterschlifffläche bildenden Kegel und damit den Spitzenwinkel des Spiralbohrers. Die Zunge D, die in der Bohrer Auflage E liegt, ergibt die seitliche Versetzung der beiden Kegellachsen. Eine neuzeitliche Spiralbohrer-Schleifmaschine stellt Abb. 207 dar. (Abbildung bringen wir in Februarheft 1943). Diese Maschine eignet sich zum Schleifen von Bohrerdurchmessern von 10—75 mm und für Spitzenwinkel von  $50-140^\circ$ . Bohrer von kleinerem Durchmesser werden auf kleineren Maschinen geschliffen und hierzu in Buchsen nach Abb. 208 gelegt. Auch das Ausspitzen der Querschnitte geschieht am zweckmäßigsten auf besonderen Schleifmaschinen. Das Ausspitzen von Hand verlangt besondere Geschicklichkeit.

(Fortsetzung folgt)

(Abb. 206 aus den Veröffentlichungen der Fritz-Werner AG., Berlin, „Scharfschleiferei“ von W. Mitani).

Abb. 206

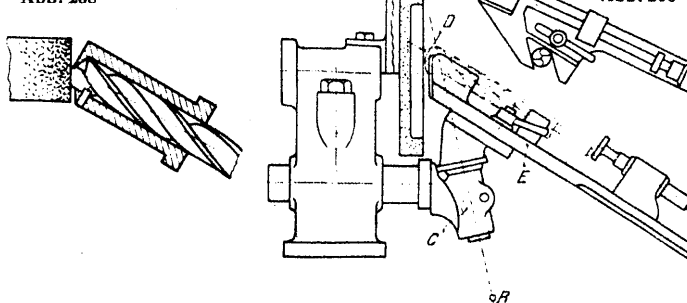


Abb. 206

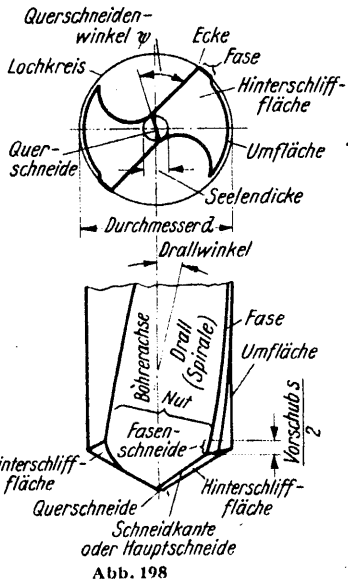


Abb. 198

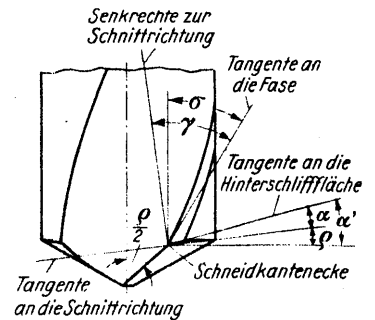


Abb. 202

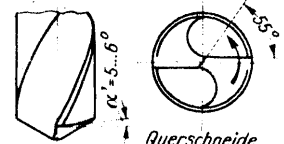


Abb. 203

Abb. 204

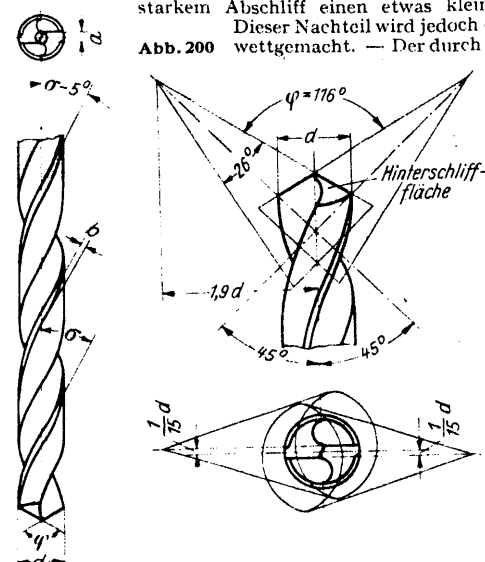


Abb. 201

# Passungen und Toleranzen sind doch für mich nicht wichtig!!

Der heutige Austauschbau ist nur mit Hilfe der Passungen möglich. Der Konstrukteur muß sich bewußt sein, daß die Toleranzen so groß wie möglich gewählt werden müssen. Unnötige Einengung führt zur Verteuerung der Teile und zur Vergrößerung des Ausschusses. Übertriebene Genauigkeit ist häufiger schädlich als nützlich und beansprucht die hochwertigen Werkzeugmaschinen über das zulässige und erforderliche Maß. Entfeinerte Konstruktion ermöglicht den Einsatz ausländischer Arbeiter.

Vor vielen Jahren sagte mir ein alter Praktiker: „Wenn ich von Toleranzen und Passungen höre, dann brauche ich kein Mittagessen mehr.“ Ein anderer äußerte während einer Besprechung: „Was wollen Sie hier bei uns mit Toleranzen, wir müssen ganz genau arbeiten.“

Das ist nun schon lange Zeit her, und es hat sich in dieser Beziehung inzwischen vieles geändert. Aber trotzdem stoße ich bei meiner Tätigkeit als Normen-Ingenieur immer wieder offen oder versteckt auf ähnliche Ansichten. Dabei sind es oft nicht die Schlechtesten, die ihre Abneigung gegen dieses Gebiet nicht überwinden können.

Was veranlaßt nun diese Arbeitskameraden zu ihrer Abwehrhaltung? Es ist die Scheu, einmal kräftig mit beiden Beinen hineinzusteigen. Sie haben das Gefühl, als ständen sie vor einem unüberwindlichen Berg von Fachausdrücken und Zahlen, dessen Besteigung nicht einmal einen schönen Ausblick verspricht. Gibt es in der Technik nicht so viele wesentlich lohnendere Gebiete? Warum soll man sich ausgerechnet mit den Passungen und Toleranzen abplagen?

Ist diese Einstellung nun wirklich richtig? Nein! Ganz gewiß nicht, denn das Gebiet der Passungen ist weder besonders schwierig noch langweilig. Wir müssen nur erst einmal Sinn und Zweck des Ganzen erfaßt haben.

In diesem ersten Aufsatz soll deshalb weniger in die Tiefen der Toleranz- und Passungsfragen eingedrungen werden, sondern ich will versuchen, die Grundbegriffe zu erklären und will darlegen, warum sich jeder verantwortungsbewußte Arbeitskamerad in Büro und Werkstatt mit den Passungen vertraut machen muß.

Wir wollen uns einmal in die Werkstatt stellen und ein paar Wellen von genau gleichem Durchmesser anfertigen. Messen wir mit einem einfachen Stahlmaßstab nach, dann sehen wir zu unserer Befriedigung, daß alle Wellen genau übereinstimmen. Jetzt nehmen wir eine Schublehre. Schon merken wir, es sind doch noch einige zehntel Millimeter Unterschied. Wir arbeiten nach. Die Schublehre läßt keine Differenzen mehr erkennen, also messen wir mit der Mikrometerschraube. Siehe da, um ein paar hundertstel Millimeter unterscheiden sie sich doch noch. Wir arbeiten wieder nach. Es gelingt uns, den Unterschied so weit auszugleichen, daß auch mit der Mikrometerschraube keine Ungleichheit mehr festzustellen ist. (Dies dürfte im allgemeinen schon äußerst schwerfallen.) Messen wir jetzt mit einem feineren Meßgerät, ist wieder eine Differenz erkennbar. Und so geht es weiter.

Wir brauchen deshalb nicht mutlos zu werden. Selbst die Urmeterstäbe aus Platin-Iridium, die seinerzeit von Frankreich an die einzelnen Länder verteilt wurden, weisen meßbare Unterschiede auf, trotzdem man jahrelang daran gearbeitet hat. Eine hundertprozentige Genauigkeit gibt es nicht, sie ist aber auch nicht nötig. Die Abweichungen vom „vorgeschriebenen Maß“, das wir in Zukunft mit „Nennmaß“ (das in der Zeichnung genannte Maß) bezeichnen, müssen nur so klein sein, daß sie die Verwendbarkeit des Teiles nicht beeinträchtigen. Ihre Größe richtet sich nach dem Verwendungszweck. Die Welle eines Handwagens kann z. B. ungenauer sein als die eines Flugzeugpropellers. Mit anderen Worten: Wir können je nach dem Verwendungszweck dem Hersteller eine größere oder kleinere Abweichung vom Nennmaß gestatten.

## Was verstehen wir unter Grenzmaß, oberem und unterem Abmaß und Toleranz?

Sie brauchen z. B. Wellen vom Nennmaß 30 mm Ø. Gestatten Sie jetzt dem Hersteller die Toleranz von  $\frac{1}{10}$  mm, so weiß er nicht, ob die Wellen bis zu  $\frac{1}{10}$  dicker oder bis zu  $\frac{1}{10}$  dünner sein dürfen, oder wie die Toleranz sonst zum Nennmaß liegen soll. Deshalb müssen Sie noch die Grenzen angeben, zwischen denen alle fertigen Wellen liegen sollen, also z. B.  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,08$ . Auch hier ist die Toleranz  $\frac{1}{10}$  mm. Jetzt weiß die Werkstatt: Jede Welle, die nicht dicker als 30,08 und nicht dünner als 29,98 ist, ist brauchbar; + 0,08 und - 0,02 heißen deshalb die Grenzmaße.

Wollen wir die Grenzmaße noch unterscheiden, dann nennen wir + 0,08 das obere Abmaß oder Größtmaß, - 0,02 das untere Abmaß oder Kleinstmaß.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Grenzmaßen, also dem Größt- und Kleinstmaß, wird „Toleranz“ genannt, sie beträgt für unser Beispiel: + 0,08 - 0,02 = 0,1 mm.

Dasselbe gilt auch für die Bohrung; z. B.  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,1$ . Auch hier ist das obere Abmaß + 0,01 gleich dem Größtmaß, das untere Abmaß - 0,09 gleich dem Kleinstmaß.

In den beiden genannten Fällen ist die Toleranz auf die Plus- und Minus-Seite des Nennmaßes verteilt. Sie kann selbstverständlich auch anders liegen, z. B.  $30 \text{ } \varnothing \text{ } -0,1$  oder  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,1$ . Es ist jedoch nicht üblich, die Null mitanzugeben. Man schreibt vielmehr  $30 \text{ } \varnothing \text{ } -0,1$  bzw.  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,1$ . Oder aber die Toleranz liegt ganz außerhalb des Nennmaßes, z. B.  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,25$  oder  $30 \text{ } \varnothing \text{ } -0,18$  oder  $30 \text{ } \varnothing \text{ } +0,15$  oder  $30 \text{ } \varnothing \text{ } -0,28$ . Sie sehen, daß bei Angabe von Grenzmaßen nicht nur auf den Zahlenwert selbst, sondern besonders auch auf das Vorzeichen + oder - geachtet werden muß.

## Was ist Gut- und Ausschußmaß?

Jetzt müssen wir aufpassen! Bei dem oben Gesagten waren die Benennungen, nämlich Größtmaß und Kleinstmaß, bei Bohrung und Welle gleich, dies gilt aber nicht für das Gut- und Ausschußmaß.

Eine Welle, deren Durchmesser versehentlich zu groß ausgefallen ist, ist kein Ausschub, denn sie läßt sich durch einfaches Nacharbeiten auf das richtige Maß bringen. Ist sie dagegen zu dünn geraten, dann ist nichts mehr zu retten, sie ist Ausschub. Umgekehrt verhält es sich bei der Bohrung. Die zu große Bohrung ist Ausschub, die zu kleine kann nachgearbeitet werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich die Benennungen, wie sie in Abb. 1 noch einmal zusammengestellt sind.

## Was ist eine Passung? (Abb. 2)

Nehme ich eine Welle und füge sie in eine Bohrung, dann entsteht eine Passung, auch Sitz genannt. Es kann nun zwischen der Bohrung und der Welle ein Zwischenraum sein, dieser heißt Spiel. Die entstandene Passung ist ein Bewegungsmaß. Das Spiel darf also nicht mit der Toleranz verwechselt werden. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß ich trotz kleiner Toleranzen ein großes Spiel erhalten kann und umgekehrt.

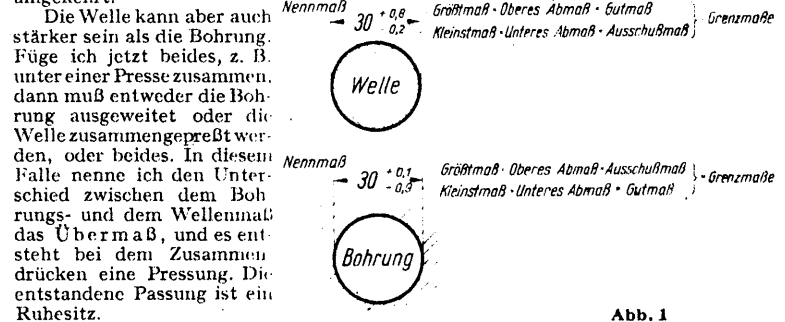


Abb. 1

## Was sind Lehren und Grenzlehren?

Die älteren Arbeitskameraden kennen noch alle die Werkstätten, in denen ein Fabrikat von Anfang bis Ende fertiggestellt wurde. Jeder Mann und vor allem der Meister kannte genau die Verwendung jedes einzelnen Stückes. Er hatte auch alle zusammengehörenden Einzelteile in seiner Werkstatt. Sie wurden nacheinander hergestellt und zusammengepaßt.

So viele Vorteile diese Art der Fabrikation auch haben mag, sie ist heute im allgemeinen nicht mehr ausführbar. Ihr nachzutruern ist zwecklos.

Selbst wenn wir von der Ersatzteillieferung absehen, können wir heute nicht mehr ein Stück in das andere einpassen. Es fehlt einfach die Zeit, ein Stück nach dem anderen herzustellen, sondern wir müssen zusammengehörende Teile von verschiedenen Leuten oft sogar in verschiedenen Werkstätten oder Fabriken gleichzeitig anfertigen lassen. Dem Werkmann steht also das zum Einpassen notwendige Gegenstück oft gar nicht zur Verfügung.

Da sich das Einpassen aber von jeher bewährt hat, suchte man nach anderen Mitteln, um trotz der getrennten Fabrikation einpassen zu können. Teilweise stellte man beim ersten Auftrag einfach ein Stück mehr her und benutzte dieses für die weiteren Aufträge als Muster. Diese Methode hatte den Nachteil, daß sich in den Werkstätten allmählich eine Musterserie ansammelte, die nicht mehr zu übersehen war. Der Gedanke lag nahe, das Muster so zu bauen, daß es auch für andere Fabriken brauchbar wurde. So entstand allmählich aus dem Muster für die Bohrung der Lehrherring bzw. die Rachenlehre, und aus der Musterwelle der Lehrdorn bzw. das Kugelendmaß.

Sie sehen aus Abb. 3, daß an der Rachenlehre und dem Lehrdorn zwei Meßstellen vorgesehen sind. Was haben diese für einen Zweck?

Nehmen Sie eine Rachenlehre, die z. B. so groß ist wie der Innendurchmesser der Buchse, die auf die Welle aufgeschoben werden soll. Dann können Sie ohne weiteres feststellen, ob die Welle zu dick ist, denn dann geht die Lehre nicht mehr über die Welle hinweg. Das Gutmaß ist also dann erreicht, wenn sich die Lehre gerade noch über die Welle schieben läßt. Ist sie dagegen zu dünn, dann merken Sie es im besten Falle gefühlsmäßig. Glaubt der Revisor ein noch feineres Gefühl zu haben als Sie, ist der Streit um die Abnahme des Teiles unvermeidlich. Deshalb hat man die zweite Meßstelle angebracht. Sie ist so viel enger, als die Welle dünner sein darf, d. h. diese Seite darf sich nicht mehr über die Welle schieben lassen. Mit dieser Seite messen Sie also das Ausschußmaß. Deshalb nennt man diese Seite der Lehre die Ausschußseite, die andere die Gutseite. Das Ganze heißt Grenzrachenlehre, weil man mit ihr die obere und die untere Grenze der Toleranz, also die Grenzmaße, bestimmt. Dasselbe gilt entsprechend auch für den Lehrdorn. (Fortsetzung folgt.)

Abb. 3

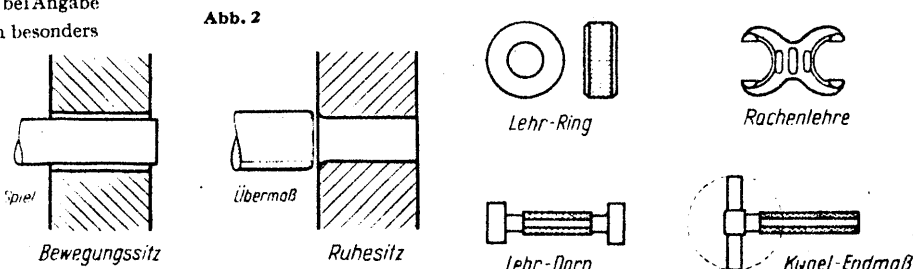


Abb. 2

# Ausbildungsstätten für die Schaffenden der Metallindustrie

Der Bedarf an ausgebildeten Fachkräften ist schon vor dem Kriege und erst recht während des Krieges fast ins Unermeßliche gestiegen, und schon heute zeichnen sich die gewaltigen Aufgaben ab, die nach Abschluß des Freiheitskampfes der Deutschen Technik gestellt werden. Die großen Forderungen der Gegenwart und der Zukunft verlangen eine sorgfältige Auslese der Führungskräfte. Neben dem Ingenieur, Ausbilder und Lehrmeister bietet der tüchtige, weltanschaulich gefestigte Werkmeister im Betrieb die Gewähr für die Erfüllung dieser großen, der Industrie gestellten Aufgaben. Aber auch vom Vor- und Facharbeiter selbst wird die Erzeugungsleistung und Wirtschaftlichkeit um so mehr abhängen, je schwieriger ein Fertigungsgang und die Werkstoffbehandlung werden. Je enger aber die Verknüpfung zwischen praktischer Ausführung und technischer Wissenschaft wird, um so mehr muß auch der Vor- und Facharbeiter wirkliche Kenntnisse in der Werkstoffkunde, Werkzeugen, Werkzeugmaschinen usw. besitzen. Dieses Können wird vom Arbeiter nicht an seinem Arbeitsplatz allein erworben, es bedarf hierzu einer schulmäßigen, folgerichtigen Unterweisung.

In denkbar bester Verbindung mit der Ausnutzung der Zeit finden in den meisten größeren Industriestädten technische Abendlehrgänge statt, die ausschließlich der Ertüchtigung und Weiterbildung unseres technischen Nachwuchses dienen.

Die in unserer Schriftleitung von Schaffenden der Metallindustrie fast täglich einlaufenden Anfragen über Ausbildungswege und -möglichkeiten geben uns Veranlassung, die Ausbildungsstätten für die Schaffenden der Metallindustrie trotz der ständig fortschreitenden Entwicklung des technischen Erziehungswesens in breiter Form nach dem neuesten Stand zu bringen.

Begabten jungen Facharbeitern steht heute der Weg bis zur Hochschule offen. Früher waren nur diejenigen berechtigt, ein wissenschaftliches Studium zu betreiben, die eine höhere Schule besucht hatten. Eine Auslese der zum Ingenieurberuf Veranlagten war unbekannt. Der künftige Student der Technik kann sich die notwendigen Vorkenntnisse auf ganz verschiedenen Wegen aneignen. Erst dadurch wurde die breite Grundlage geschaffen, die es allein ermöglicht, den Begabten dem technischen Studium zuzuführen.

## I. Gehilfenertüchtigung

Die rasch fortschreitende Entwicklung der deutschen Technik erfordert heute in den einzelnen Berufszweigen der metallverarbeitenden Industrie praktisch und theoretisch gut ausgebildete Facharbeiter.<sup>1)</sup> Die Möglichkeit, sich zum tüchtigen Facharbeiter auszubilden, bietet der Besuch der **Fachlehrgänge** an den maschinentechnischen Abendschulen. Befähigten Metallfacharbeitern und technischen Angestellten soll hiermit Gelegenheit gegeben werden, mit geringen Mitteln und ohne Unterbrechung der Berufstätigkeit theoretische und zeichnerische Fähigkeiten zu erwerben, die für eine gehobene Berufsstellung erforderlich sind.

Abendfachlehrgänge finden an den nachstehend (unter VI, VII und VIII) angeführten Schulen statt und sind meist von einjähriger, halbjähriger, teilweise auch nur von monatlicher Dauer. Da die Gehilfenertüchtigung als Facharbeiterweiterbildung im allgemeinen nicht unbedingt ein festes Ziel des beruflichen Aufstieges voraussetzt, ist auch die Auswahl der zu besuchenden Kurse wahrfrei. Für eine erfolgreiche Ausbildung wird jedoch die in den Lehrplänen zugrunde gelegte Reihenfolge dringend empfohlen. Nähere Auskünfte über bestehende Fachlehrgänge und Aufnahmebedingungen erteilen diese Anstalten. Die Anschriften sind aus den Angaben in den Ortsverzeichnissen der erwähnten Anstalten zu ersehen. Grundsätzlich kann zu der „Gehilfenertüchtigung“ gesagt werden, daß sich die Bildungsziele der neben der Berufstätigkeit laufenden Facharbeiterweiterbildung in zunehmendem Maße um so fester und klarer herauskristallisieren werden, als durch die Neuordnung des gesamten industriellen Ausbildungswesens feste, klare und verbindliche Grundlagen für die einheitliche Durchführung der eigentlichen Facharbeiterausbildung selbst entstehen und in ihrer planmäßigen Entwicklung zugleich der beruflichen Weiterbildung ein sicheres Fundament für ihren Ansatz, ihren Aufbau und ihre Bildungsziele zu bieten vermögen.

## II. Praktikantenlehrgänge

Für Praktikanten, die später eine Ingenieurschule oder eine technische Hochschule besuchen wollen, sind besondere Wiederholungs- und Fortbildungslehrgänge vorgesehen. Die Teilnahme an den Praktikantenlehrgängen wird den Bewerbern mit höherer Schulbildung oder mit entsprechenden Vorkenntnissen während der praktischen Arbeitszeit dringend empfohlen. Sie dienen dazu, die erworbenen Schullernkenntnisse in Rechnen, Mathematik, Naturlehre, deutscher Sprache, Zeichnen und räumlicher Anschauung soweit aufzufrischen und zu ergänzen, wie sie für den Eintritt in das Studium gefordert werden. Dauer meist zwei Halbjahre.

Die Lehrgänge sind in der Regel den Ingenieurschulen oder den technischen Fachschulen der betreffenden Stadt angegliedert. Nähere

<sup>1)</sup> Facharbeiter ist, wer in einer vier- oder mindestens dreijährigen Lehrzeit planmäßig in Werkstatt und Berufsschule für ein gewisses, in sich abgeschlossenes Arbeitsgebiet ausgebildet und fähig ist, Arbeiten seines Berufes selbständig und sachgemäß nach Zeichnung oder Muster auszuführen. Die Ausbildung soll durch ein Gesellenstück abgeschlossen sein. Für eine bestimmte Berufstätigkeit zählt das Berufsbild (zu beziehen vom Verlag G. B. Teubner, Leipzig-Berlin) die auftretenden Arbeiten und Fertigkeiten erschöpfend auf.

Auskünfte über Beginn und Dauer dieser Lehrgänge erteilen diese Anstalten. Die Anschriften sind aus den Angaben der betreffenden Ortsverzeichnisse zu entnehmen.

## III. Sonder-Fachlehrgänge

Jeder, der sich technisch weiterbilden will, kann die im Stundenverteilungsplan der später aufgeführten Werkmeister- und Technikerschulen angegebenen **Unterrichtsfächer einzeln** belegen. Außerdem finden an vielen dieser Anstalten je nach Bedarf Sonderlehrgänge für bestimmte Fachgebiete statt. Anfragen beantworten die Sekretariate der Schulen.

Als Sonder-Fachlehrgänge sind auch die Lehrgemeinschaften im Rahmen des Berufserziehungswerkes der Deutschen Arbeitsfront anzusprechen. Lehrgemeinschaften, wie Werkstattschriftverkehr, Rechnen, Messen, Werkstoffkunde, Technisches Zeichnen, Maschinenbehandlung, Werkstatteinrichtung, Refa, Schweißen, Härten usw., werden laufend durchgeführt und wiederholen sich, so oft die nötige Teilnehmerzahl erreicht ist. Auskünfte erteilen die Dienststellen der DAF., Abteilung Berufserziehung und Betriebsführung.

**Schweißlehrgänge** sollen Facharbeitern, Meistern und Angestellten in Industrie und Handwerk Gelegenheit geben, durch Vorträge, Vorführungen und praktische Übungen die neuzeitliche Bedeutung und die Vorteile der Gasschmelz- und elektrischen Schweißung ohne Unterbrechung der Berufstätigkeit und mit geringen Mitteln kennenzulernen. Anfragen über stattfindende Kurse sind an den Deutschen Verband f. Schweißtechnik und Azetylen e.V. Arbeitskreis im NSBDT., Berlin-Friedenau, Benningsenstr. 25, an die Deutsche Gesellschaft für Elektroschweißung e.V., Berlin W 35, Friedrich-Wilhelm-Straße 22, oder an die Dienststellen der DAF., Abteilung für Berufserziehung, zu richten.

Über stattfindende **Lehrgänge für Kesselwärter** erteilt die Staatliche Kesselwärterschule, Berlin NW 87, Lessingstr. 34, Auskunft. Im Hinblick auf die Vermeidung von Kesselschäden und auf die unbedingt erforderliche wirtschaftliche Ausnutzung der Brennstoffe werden gerade diese Lehrgänge heute zu einer zwingenden Notwendigkeit. Es finden Lehrgänge für Kesselwärter an Hochdruck-Kesselanlagen als Abendlehrgänge mit wöchentlich 4 Abenden zu je 3 Stunden und nach Beendigung der Heizperiode für Kesselwärter an Niederdruckkesselanlagen sowie an Warm- bzw. Heißwasserheizungen als Nachmittags- (4 Stunden täglich) und als Tageslehrgänge (8 Stunden täglich) statt. Auch bei der DAF. werden im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit der Deutschen Arbeitsfront und des Technischen Überwachungsvereins Fachlehrgänge für Heizer und Kesselwärter geführt. Voraussetzung zur Teilnahme ist der Nachweis einer mindestens einjährigen Tätigkeit als Kesselwärter oder Vorlage eines Zeugnisses als Maschinenbauer, Schlosser oder Kesselschmied und Nachweis einer dreimonatigen Tätigkeit als Kesselwärter. Jeder Teilnehmer erhält nach Abschluß und bestandener Prüfung ein Zeugnis als „Staatlich geprüfter Kesselwärter“.

## IV. Reichsschulen der DAF.

Die Ausrichtung der betrieblichen Führer an den Reichsschulen des Amtes Berufserziehung und Betriebsführung gliedert sich in zwei Abteilungen.

### A. Betriebliche Führer mit folgenden Lehrgängen:

1. **Arbeitswochen für Betriebsführer**, durchgeführt an den Reichsschulen für Arbeitsführung in Breslau, Düsseldorf, Stuttgart und Wien. Die Teilnehmer setzen sich aus leitenden Männern Deutscher Industrieunternehmen zusammen: Betriebsführern, stellv. Betriebsführern, Direktoren, Prokuristen. In diesen Arbeitswochen, die von Sonntagabend bis Samstagmittag dauern, werden praktische Fragen einer deutschen Betriebsführung unter besonderer Berücksichtigung der Menschen- und Arbeitsführung behandelt. So werden neben einem weltanschaulichen und wirtschaftspolitischen Referat Fragen der betrieblichen Arbeitspsychologie, der Arbeitspädagogik und der Berufserziehung in großen Umrissen behandelt, während Lohnfragen und das umfassende Gebiet „Die organische Betriebsgestaltung“ breiteren Raum einnehmen. Eine Betriebsbesichtigung gegen Ende der Woche soll den in Vorträgen gehörten und in Arbeitsgemeinschaften vertieften Stoff zusammenfassend veranschaulichen.

2. **Arbeitsführungslehrgänge**, durchgeführt an den Reichsschulen für Arbeitsführung in Breslau, Düsseldorf, Stuttgart und Wien. An diesen Ein-Wochen-Lehrgängen nehmen Betriebsleiter, Betriebsingenieure, Abteilungsleiter, Vertrauensratsmitglieder u. a. teil. Ihrem Zwecke nach geben sie eine Einführung in das weitverzweigte und wichtige Gebiet der Menschen- und Arbeitsführung. Doch stehen hier – entsprechend den Dienststellungen der Teilnehmer – betrieblicher Arbeitseinsatz, Arbeitspädagogik, praktische Berufserziehungsfragen mehr im Vordergrund als bei den vorerwähnten Arbeitswochen für Betriebsführer. Fragen des Lohnes erscheinen im Rahmen des Referates „Aus der Praxis der organischen Betriebsgestaltung“. Die im Laufe des Lehrganges durchgeführte Besichtigung soll das im Laufe der Woche gemeinsam Erarbeitete veranschaulichen. Den Abschluß des Lehrganges bildet ein Referat: „Aufgaben und Pflichten der Führer Deutscher Betriebe“.

**3. Refa-Lehrgänge** (3 Wochen), durchgeführt an der Reichsschule für Arbeitsführung in Augustsburg.

Als Teilnehmer für diese Art Lehrgänge kommen in Frage: Arbeitsgestalter, Zeit- und Arbeitsstudieningenieure. Die dreiwöchigen Refa-Lehrgänge vermitteln theoretische Grundlagen und in Übungen praktisch erworbenes Rüstzeug für einwandfrei durchzuführende Arbeitsstudien.

In den allgemeinen Refa-Lehrgängen werden die Beispiele zur Erklärung des Refa-Gedankengutes aus der eisen- und metallverarbeitenden Industrie herangezogen. Einzelheiten über den Lehrstoff sind aus den Sonderwerbeblättern zu entnehmen.

Der große Vorteil dieser Drei-Wochen-Refa-Lehrgänge ist es, daß zusammen mit dem Refa-Gedankengut als unbedingt notwendige Ergänzung die Fragen der Menschenführung, der betrieblichen Arbeitspädagogik usw., Leistungs- und Lohnfragen, organische Betriebsgestaltung, eingehend behandelt werden.

**4. Einwöchige Lehrgänge für Werkmeister und Vorarbeiter**, durchgeführt an der Reichsschule für Werkmeister, Gelsenkirchen. In der Bezeichnung der Lehrgänge ist der Teilnehmerkreis eindeutig unrisren. Der Zweck der Lehrgänge ist auch hier, eine zur Selbsterziehung und Weiterbildung anhaltende Einführung in die Menschen- und Arbeitsführung zu geben. Eingehend kommen solche Gebiete zur Behandlung, die für die tägliche Arbeit des Werkmeisters und für seine Aufgabe, den Leistungswillen der ihm anvertrauten Mitarbeiter zu wecken, wichtig sind: z. B. Maßnahmen der organischen Betriebsgestaltung vom Werkmeister aus gesehen u. a. Die Berücksichtigung einer Lehrwerkstatt oder eines Betriebes sowie eines Berufserziehungswerkes sollen Gehörtes abrunden und veranschaulichen.

## B. Ausbildungsleiter mit den Lehrgängen:

**1. Vier-Wochen-Lehrgänge für Ausbildungsleiter, Lehrwerkstättenleiter, Lehrgingenieur, Werkschulleiter, Werkschullehrer**, durchgeführt von der Reichsschule für Ausbildungsleiter in Bad Frankenhausen (Kyffh.), Haus Hoheneck.

Diese Lehrgänge sind bestimmt für Teilnehmer, die auf dem Gebiete der Berufserziehung noch nicht selbständig tätig waren, bzw. für Teilnehmer, die später einmal die Aufgaben eines Ausbildungsleiters bzw. eines Lehrmeisters usw. zu übernehmen haben. Die einschlägige Materie wird den Teilnehmern in Referaten und dem Lehrgangziel entsprechenden Übungen vermittelt.

**2. Zwei-Wochen-Lehrgänge für Lehrgesellen**, durchgeführt in der Reichsschule für Ausbildungsleiter in Bad Frankenhausen (Kyffh.), Haus Hoheneck.

Diese Lehrgänge dienen der besonderen Ausrichtung der Lehrgesellen und sind auf die Aufgaben der Lehrgesellen der betrieblichen Ausbildung abgestellt. Die Referate und Übungen sind mit Aufgaben aus der Praxis verbunden.

Anmeldungen und Rückfragen, die Sonderlehrgänge an den obigen Reichsschulen betreffend, sind an die Gauverwaltungen der DAF., Hauptabteilung für Berufserziehung und Betriebsführung zu richten.

## V. Meisterschulen

Die Vielfältigkeit des Deutschen Handwerks spiegelt sich in seinen Meisterschulen wieder. Für fast alle handwerklichen Berufe finden sich hier Ausbildungsmöglichkeiten. Eine ganz bedeutende Aufgabe im Rahmen der Meisterschulen ist heute der metallverarbeitenden Industrie zugewiesen, innerhalb welcher das Schlosser-, Mechaniker-, Kraftfahrzeug- und Uhrmacherhandwerk mit an erster Stelle stehen. Da jede von diesen Schulen ein anderes Lehrziel verfolgt, ist Aufbau und Ausbildungsgang sehr verschieden. Als Aufnahmebedingung wird durchweg abgeschlossene Lehrzeit in dem entsprechenden Handwerk verlangt.

### 1. Meisterschule des Deutschen Schlosser- und Maschinenbauerhandwerks (Roßwein i. Sa.).

Diese Anstalt ist ein Unternehmen des Reichsinnungsverbandes des Schlosserhandwerks. Die Studienzeit für die beiden Abteilungen „Stahlkonstruktion, Bau- und Kunstschlosserei (A)“ und „Stahlkonstruktion und allgemeiner Maschinenbau (B)“ beträgt je 3 Semester zu je 20 Wochen (Tagesunterricht). Nach Absolvierung der einzelnen Abteilungen kann ein Ergänzungsemester für Kunstschlosserei bzw. für spezielle Stahlkonstruktion angeschlossen werden.

Der Absolvent dieser höheren Deutschen Fachschule Abteilung A erlangt die Befähigung, Stahlkonstruktionswerkstätten sowie größere Bau- und Kunstschlossereien selbständig zu leiten bzw. in den genannten Werkstätten die Stelle eines Technikers oder Konstrukteurs einzunehmen. Abteilung B erlangt dieselbe Befähigung für Maschinenfabriken und Stahlkonstruktionswerkstätten. Bei besonders begabten Schülern ist mit der Ausstellung des Abgangszeugnisses die Ausstellung des Technikerzeugnisses verbunden.

Nach beendetem Studium ist dem Absolventen Gelegenheit gegeben, die Meisterprüfung\*) an der Schule abzulegen, wenn die gesetzlichen Bestimmungen hierfür erfüllt sind (Gesellenprüfung und fünfjährige Gesellentätigkeit). Der Schulbesuch wird auf die erforderliche Gesellentätigkeit angerechnet. Zur Anfertigung des Meisterstückes stehen dem Schüler die Lehrwerkstätten der Schule kostenlos zur Verfügung.

Zum Eintritt in das 1. Semester ohne Aufnahmeprüfung sind die Vollendung des 17. Lebensjahres, der erfolgreiche Besuch der Grundschule und die Absolvierung einer mindestens dreijährigen Lehrzeit mit begleitendem Besuch der einschlägigen Berufsschule erforderlich. Für Schüler, die eine höhere Schule besucht haben, kann die Gesellenprüfung noch an der Schule abgelegt werden.

### 2. Meisterschule des Mechaniker-Handwerks (Bielefeld, Heeperstr. 149).

Die in dieser Meisterschule vereinigten Deutsche Nähmaschinen-Mechanikerschule, die Deutsche Motoren- und Fahrzeug-Mechanikerschule und die Deutsche Büromaschinen-Mechanikerschule sollen Nähmaschinen-, Fahrzeug- bzw. Büromaschinen-Mechaniker praktisch und theoretisch so Vorbilden, daß sie mit dem Wesen der Nähmaschine oder dem Fahrrad und dem Kraftfahrzeug oder mit der Büromaschine so vertraut sind, daß sie selbständig Fehlerquellen erkennen und abstellen können. Es handelt sich also um eine Schule der erhaltenden Mechanik.

Für die Aufnahme in diese Schule ist der abgeschlossene Besuch einer deutschen Grundschule, der Nachweis einer dreijährigen Lehrzeit als Schlosser oder Mechaniker mit Besuch der einschlägigen Berufsschule und die Vollendung des 17. Lebensjahres Bedingung.

Semesterbeginn der Schule ist Anfang April und Anfang Oktober. Ein Semester dauert 22 Schulwochen mit je 56–58 Wochenstunden (Tagesschule).

Nach bestandener Abschlußprüfung können Schüler, die den Ansprüchen für die Meisterprüfung genügen, vor der Meisterprüfungskommission der Handwerkskammer Bielefeld auch den praktischen Teil der Meisterprüfung für das Mechanikerhandwerk ablegen. Die Abschlußprüfung der Deutschen Nähmaschinen-Mechanikerschule und der Deutschen Motoren- und Fahrzeug-Mechanikerschule wird vielfach dem theoretischen Teil der Meisterprüfung gleichgesetzt.

Für die Schüler der Abendkurse der Deutschen Nähmaschinen-Mechanikerschule treten nach 18monatigem Schulbesuch die vorbezeichneten Wirkungen ein, wenn sie die Abschlußprüfung bestanden haben und die sonstigen gesetzlichen Voraussetzungen erfüllen.

### 3. Meisterschule für Mechanik, Vorrichtungs- und Werkzeugbau (Pforzheim, Emma-Jäger-Str. 21).

Diese Meisterschule dient der Förderung und Heranbildung tüchtiger Facharbeiter, Meister und Betriebsführer.

Semesterbeginn: 1. Mai und 1. November. Dauer der Semester etwa 5 Monate. Am Schlusse des Semesters legen die Besucher der Meisterschule in dieser die theoretische und praktische Meisterprüfung ab.

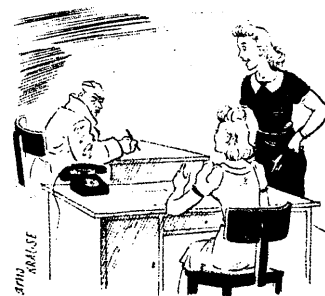
Die mit der Meisterschule verbundene gewerbliche **Berufsfachschule** für die Feinwerkindustrie mit 2 Jahreskursen (4 Semester) wird nach abgelegter Eignungsprüfung von den jugendlichen Schülern wöchentlich 48–50 Stunden besucht. Gründliche theoretische und praktische Schulung, besonders in Feinmeßtechnik, soll dem Schüler nach 2 Jahren den Eintritt als Lehrling mit verkürzter Lehrzeit in Betriebe der Pforzheimer Feinwerkindustrie ermöglichen. Nach Eröffnung der Meisterschule werden die Besucher der Berufsfachschule im Werkstattunterricht Meisterschülern zugeteilt.

(Fortsetzung folgt).

\*) Mit der dritten Handwerksverordnung ist für das Deutsche Handwerk der sogenannte Große Befähigungsnachweis eingeführt worden. Nur derjenige, welcher die Meisterprüfung abgelegt hat, darf künftighin einen Handwerksbetrieb eröffnen und unterhalten. Die Neuordnung des Meisterprüfungswesens hat damit eine einheitliche Ausrichtung für das ganze Reich erhalten. Das Kernstück der Neuordnung sind die fachlichen Vorschriften, die die Besonderheiten jedes Handwerksberufs berücksichtigen. In diesen sind die für die Ausübung der einzelnen Handwerksberufe erforderlichen Arbeitsverfahren bzw. Arbeitsregeln als Grundforderungen aufgestellt. Der Reichswirtschaftsminister hat durch seinen Erlaß vom 25. Februar 1936 die vorläufige Anwendung der neuen, fachlichen Vorschriften als Richtlinien für die Abnahme von Meisterprüfungen angeordnet. Die fachlichen Vorschriften für die Meisterprüfung können vom Handwerker-Verlagshaus G. m. b. H. Berlin SW 68, Zimmerstraße 72, zum Preise von 0,70 RM bezogen werden. Außerdem erhalten Interessenten von ihrer zuständigen Handwerkskammer gerne jede diesbezügliche Auskunft.

Wir verweisen an dieser Stelle auch auf den erstmalig am 1. April 1942 eingerichteten Fernunterricht zur Meisterprüfung, welches Unterrichts-werk der Reichshandwerksmeister mit Genehmigung des Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung für das deutsche Handwerk eingerichtet hat. Durch diesen Fernunterricht sollen Gesellen, die auf dem Lande wohnen, die dienstverpflichtet sind und vor allem diejenigen, die an der Front stehen, die Möglichkeit erhalten, sich allgemein in theoretisch, d. h. für bestimmte Fächer, auf die Meisterprüfung vorzubereiten. Der Handwerks-geselle kann sich auf diese Weise die notwendigen kaufmännisch-rechnerischen, politischen und allgemein handwerklichen Kenntnisse zur Meisterprüfung aneignen, ohne die bisher vorgeschriebenen Schulen und Kurse besuchen zu müssen. Das fachliche Wissen wird durch diese Methode nicht vermittelt. Der Handwerks-geselle muß also die vorgeschriebene Gesellenzeit nachweisen. Frontsoldaten werden unter bestimmten Voraussetzungen die Kriegsjahre angerechnet. Die Durchführung dieser Aufgabe wurde der Gesellschaft für Arbeitstechnik e. V., Bad Frankenhausen übertragen. Das erste Halbjahr des Fernunterrichtes beginnt am 1. April, das zweite am 1. Oktober. Der Lehrgang dauert 1 Jahr und berechtigt den Handwerker, sich zur Meisterprüfung bei seiner zuständigen Handwerkskammer anzumelden.

**Zimmerwärme  
von 18 Grad  
ist gesund  
und kann nicht schaden.**





# Die Maschinenelemente

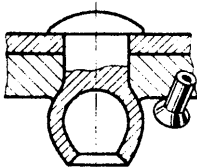


Abb. 1

Alle Maschinen und viele andere technische Erzeugnisse sind aus einzelnen Teilen zusammengesetzt oder aufgebaut. Diese Bauteile wie etwa Nieten, Schrauben, Muttern, Wellen, Lager, Riemenscheiben, Zahnräder, Kolben, Pleuelstangen, Kupplungen usw. werden **Maschinenteile** oder **Maschinenelemente** genannt. Die Ausführungen und Bauarten der Maschinen und dementsprechend auch die Art und Gestalt der Maschinenteile sind überaus verschieden. Da aber bei diesen vielen Maschinen doch, im einzelnen gesehen, oft gleiche Aufgaben zu lösen sind, so können bei vielen Maschinenteilen solche von immer gleicher Ausführung oder doch mindestens gleichem oder ähnlichem Grundaufbau festgestellt werden. Es ist nun für den Konstrukteur, den geistigen Schöpfer der Maschinen, unerlässlich, daß er zunächst diese wichtigsten, häufig vorkommenden Maschinenteile kennt und instande ist, sie ihrem Gebrauchszweck entsprechend richtig auszuwählen und im einzelnen besonders anzupassen. Oft wird aber auch der Konstrukteur gezwungen sein, ganz neuartige Maschinenteile zu entwickeln.

Die häufige Wiederkehr gleichartiger oder ähnlicher Maschinenteile hat zu ihrer Normung mit den sich durch eine Vereinheitlichung ergebenden Vorteilen geführt. Es ist aber nun durchaus falsch zu glauben, daß durch die Normung die Tätigkeit des Konstrukteurs auf eine einfache Zusammenstellung von genormten Maschinenteilen im Sinne der Ausführung eines Rezeptes herabgemindert worden ist. Es sind im Gegenteil die Anforderungen, die heute an den Konstrukteur gestellt werden, höher denn je. Zunächst kann gesagt werden, daß nur eine sinnvolle Anwendung der genormten Maschinenteile zu einem Erfolg führen wird. Die technische Entwicklung steht niemals still, und gerade in den letzten Jahren hat sie durch die Pflicht zum schärften Haushalten mit Energie, Werkstoff und Arbeitskraft den Konstrukteur vor neue wichtige Aufgaben gestellt, indem er die Maschinenteile nach den obigen Gesichtspunkten einer Umgestaltung oder nicht selten einer völligen Neugestaltung unterziehen muß. Auch die neueren Erkenntnisse und Forschungsergebnisse der Festigkeitslehre — gedacht sei hier nur an den Einfluß der Form und Oberfläche eines Bauteiles auf die Festigkeitseigenschaften und an die Festigkeit bei wechselnden Beanspruchungen — haben zur Neugestaltung vieler Maschinenteile geführt. Die Verwendung neuer Werkstoffe beeinflußt häufig die Formgebung der Maschinenteile. Weiter haben die Erfordernisse des Leichtbaues bei Land-, Wasser- und Luftfahrzeugen zu zweckentsprechenden Lösungen gezwungen. Da die verschiedenen Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren bei der Gestaltung der Maschinenteile weitgehend berücksichtigt werden müssen, haben auch Verbesserungen dieser Verfahren oder neuartige Verfahren bei der Formgebung der Maschinenteile richtungweisend gewirkt.

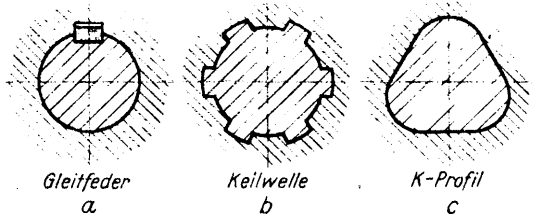


Abb. 2

also durchaus nicht abgeschlossen sein kann, sondern daß selbst seit langem gebrauchte Maschinenteile einer stetigen Verbesserung unterworfen sind, soll kurz an einigen nachstehenden Beispielen veranschaulicht werden.

Die seit langem gebrauchten Niete schienen kaum noch verbesserungsfähig, und doch hat im Flugzeugbau der Zwang, an unzugänglichen Stellen Niete unterzubringen, zur Schaffung der **Sprengniete** geführt. Bei diesen Nieten wird, wie Abb. 1 zeigt, der Schließkopf durch die Ausbeulung des hohlen Niekörpers infolge der Explosion eines eingesetzten kleinen Sprengkörpers gebildet.

Bei Schieberädergetrieben müssen Zahnräder mit einer Welle verbunden sein und zum Wechseln der Übersetzungen in der Längsrichtung der Welle verschoben werden können. In solchen Fällen wurden zur Verbindung früher **Gleitfedern** nach Abb. 2a benutzt. Diese Ausführung ergab eine Schwächung der Welle durch die Federnut und bei starken Belastungen ein Verquetschen der Feder. Außerdem bewirkt der an einer Stelle ausgeübte Druck besonders bei leichten Ausführungen ein Unrundlaufen der Welle und damit ein geräuschvolles Schlagen der Zahnräder. Diese Mängel haben zur Konstruktion der **Keilwellen**, auch **Sternkeilwellen** genannt, nach Abb. 2b geführt. Die Herstellung der Sternkeilwelle durch Abwälzfräsen und Schleifen sowie das Ausräumen der Bohrungen ist verhältnismäßig teuer. Hinzu kommt noch, daß, wenn die Bohrung nach dem Räumen gehärtet wird, ein Härteverzug und damit ein ungenauer Sitz entsteht. Ein weiterer Nachteil des Sternkeilprofils ist die in den Ecken auftretende ungünstige Kerbwirkung. Aus diesem Grunde wird neuerdings immer häufiger das **K-Profil** nach Abb. 2c benutzt. Wie die Abbildung zeigt, setzt sich dieses Profil aus Kreisbögen und geraden Linien zusammen, bildet also eine leicht zu bearbeitende, einfache geometrische Figur. Es kann nicht nur die Welle auf besonderen Schleifmaschinen geschliffen werden, sondern auch das Ausschleifen der vorgeräumten Bohrung ist nach dem Härten möglich, so daß ein sehr genauer Sitz des Rades auf der Welle erreicht wird. Die gefährliche Kerbwirkung fällt durch die allmählichen Übergänge des K-Profiles fort.

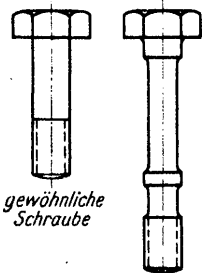


Abb. 3

10 „ENERGIE“ Heft 1 Januar 1943

Dort, wo stoßartige Beanspruchungen auftreten, werden an Stelle gewöhnlicher Schrauben jetzt **Dehnschrauben** nach Abb. 3 verwendet. Durch eine genügende Dehnlänge läßt sich die Dauerbruchgefahr erheblich herabsetzen. Je nachgiebiger die Dehnschraube ist, um so kleiner wird die Stoßkraft und um so geringer wirkt sich die Stoßbeanspruchung aus.

Als Ersatz für kegelige oder zylindrische Paßstifte werden jetzt oft **Kerbstifte** nach Abb. 4 genommen. Diese haben drei Kerbfurchen, die sich beim Einschlagen in das gebohrte, nicht aufgeriebene Loch etwas nach innen biegen. Die dadurch entstehende Spannung bewirkt, daß der Kerbstift durch Reibung im Loch festsetzt. Der Vorteil der Kerbstifte ist also, daß die Bohrung nur mit einem gewöhnlichen Bohrer ausgebohrt wird und daß trotzdem der Kerbstift gut festsetzt. Ebenfalls wird ein Aufreiben vermieden bei den neuartigen **Spannstiften** nach Abb. 5. Ihr Außendurchmesser ist etwas größer als die Bohrung, so daß diese Spannstifte durch Klemmung festsetzen. Durch den Fortfall des Innenkerns ergeben die Spannstifte eine besonders leichte Verbindung und zudem eine Werkstoffersparnis.

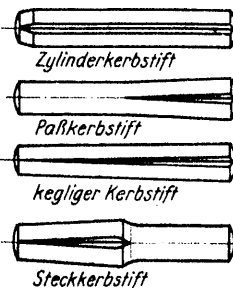


Abb. 4

Die Notwendigkeit, hochwertige Bronze bei Lagerschalen einzusparen, ergab Lagerschalenbauarten nach Abb. 6 aus einem billigen Werkstoff mit einer 1—2 mm dicken Bronzeschicht auf der Lauffläche. Die dünne Bronzeschicht wird nach einem besonderen Verfahren **aufgespritzt**.

Für die Massenfertigung von kleinen Riemenscheiben hat sich eine bearbeitung- und werkstoffsparende Bauart nach Abb. 7 bewährt. Trotz Verwendung dünner Bleche sind diese Riemenscheiben genügend stabil.

Die Bedürfnisse des Leichtbaues zwingen den Konstrukteur, bei der Gestaltung der Maschinenteile durch zweckentsprechende Wahl der Querschnittsform den Werkstoffaufwand bei gleicher Festigkeit ganz bedeutend herabzusetzen. Wie dieses Ziel zu erreichen ist, veranschaulicht die Aufstellung in Abb. 8. Aus der Aufstellung geht hervor, daß bei einem auf Biegung belasteten Querschnitt im günstigsten Falle der Werkstoffaufwand um nicht weniger als 87,5 vH. verringert werden kann.

Die Schwierigkeiten bei der Schmierung unzugänglicher Lagerstellen konnte in vielen Fällen durch die Anwendung von **Ölslagern aus Sintermetall** behoben werden. Bei diesen Lagern besteht die Lagerschale aus gesintertem porösem Werkstoff, der genügend Öl aufnehmen kann. Je nach der Belastung des Lagers tritt das Öl aus dem Werkstoff heraus und schmirt die Gleitflächen. Jetzt findet für diese Lager sogar als billiger Werkstoff Sinterisen Anwendung.

Diese wenigen Beispiele können nur einen kleinen Einblick in die vielen Neuerungen und Verbesserungen selbst bei altbewährten Maschinen teilen geben. Es ist daher der Zweck der hier beginnenden Aufsatzreihe, neben den lange bekannten und verwendeten Maschinenelementen im besonderen Maße auf Neuerungen und Verbesserungen ähnlicher Art, wie oben angedeutet, hinzuweisen und einzugehen.

Die Gestaltung und Bemessung der Maschinenteile, wie der Maschinenbau überhaupt, beruhen in weitem Maße auf **Erfahrung**. Der junge Konstrukteur benutzt die Erfahrungen seiner Vorgänger, und erst die Erfahrung zeigt, ob sich eine Lösung in Betrieben wirklich bewährt. Ist nicht genügend Zeit vorhanden, um die Bewährung einer Konstruktion im Betriebe abzuwarten, oder würden die bei einem Fehlschlag entstehenden Kosten zu hoch sein, so werden Erfahrungen im Forschungslaboratorium oder im Prüffeld der Konstruktion zugrunde gelegt. Damit soll aber nicht gesagt werden, daß der Konstrukteur, wie so oft in früheren Zeiten, nur nach dem sogenannten Gefühl arbeiten soll, sondern neben einem aus der Erfahrung entstandenen richtigen Gefühl ist ein gutes theoretisches Wissen für den Konstrukteur ein unerlässliches Rüstzeug. (Fortsetzung folgt.)

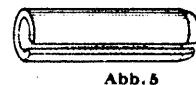


Abb. 5

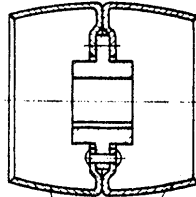


Abb. 7

Blechscheiben

Werkstoffaufwand in kg	in %
12,0	88
5,6	41
5,9	43
4,4	32
4,0	29
2,5	18
1,7	12,5



Links: Abb. 6

Rechts: Abb. 8

gewöhnliche Schraube

Dehnschraube



# Entwurf und Selbstanfertigung von Sonderrechenchiebern

Die Nachteile, die den graphischen Rechentafeln und auch den Fluchtlinientafeln anhaften, sind bei den Sonderrechenchiebern weitgehend ausgeschaltet. Den graphischen Tafeln fehlt sehr oft die gute Übersichtlichkeit, so daß dem Benutzer dieser Tafeln häufig Ablesefehler unterlaufen können. Bei den Fluchtlinientafeln, die an sich sehr übersichtlich sind, besteht der Nachteil einmal darin, daß auf der Mittelparallelen die Teilung fast immer im halben Maßstab aufgetragen werden muß, das andere Mal darin, daß eine Fluchtlinie oder ein Lineal zum Ablesen benötigt wird.

Beim Entwurf eines Sonderrechenchiebers kommt es nun darauf an, daß dieser einfach, handlich, übersichtlich und leicht einzustellen ist und trotz seiner Handlichkeit nicht zu kleine Teilungsmaßstäbe aufweist. Vor dem Entwurf eines Sonderrechenchiebers empfiehlt es sich, bei Verwendung von Teilungen mit gegenläufiger Richtung nach einem gegebenen Richtungsschema vorzugehen, das für andersartige Gleichungen entsprechend abgewandelt werden kann, wie verschiedene Beispiele zeigen. Ein Vorteil der Sonderrechenchieber liegt besonders darin, daß der Ausgangsmaßstab nicht verkleinert zu werden braucht, wie das, wie bereits erwähnt, fast immer bei den Fluchtlinientafeln der Fall ist; die Ablesegenauigkeit wird dadurch wesentlich erhöht. Ein besonderes Ablesehilfsmittel ist nicht erforderlich, da Rechenschieberzunge und Läufer stets mit dem Rechenstab vereinigt sind. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß mit den Sonderrechenchiebern in dieser Abhandlung dargestellten Art weniger Zungenverschiebungen vorgenommen werden müssen als beim gewöhnlichen Rechenschieber und daß das Ergebnis gleich in der richtigen Stellenzahl erscheint. Die Anwendung der geeigneten Sonderrechenchieber ist so überaus einfach, daß Einstell- und Ablesefehler kaum möglich sind. Die Rechenschieberzunge wird bei allen angegebenen Sonderrechenchiebern für Gleichungen bis zu vier Veränderlichen und bei Sonderrechenchiebern, bei denen die fünfte Veränderliche auf der Platte des Läufers untergebracht ist, nur einmal verschoben; das hat, abgesehen von der einfachen Bedienung, den großen Vorteil, daß die eingestellten Werte stehen bleiben und somit eine gute Kontrollmöglichkeit zulassen.

In folgendem soll nun der Entwurf von einigen Sonderrechenchiebern für Gleichungen mit drei bis fünf Veränderlichen mit Anwendungsbeispielen angegeben werden.

Abb. 1 zeigt einen Sonderrechenchieber, der aus Blind- und Wirkstrom die Werte für  $tg \varphi$  und  $\cos \varphi$  angibt. Die Gleichung hierfür lautet:

$$\frac{\text{Blindstrom}}{\text{Wirkstrom}} = tg \varphi$$

Abb. 1

$tg \varphi$	01	02	03	04	05	06	07	08	1	2	3
$\cos \varphi$	0995	099	098	096	094	092	090	088	086	084	082
Wirkstrom kWh	1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10000	20000	30000	40000
Blindstrom kWh	10	20	30	40	50	60	80	100	200	300	400

Die Gleichung hat drei Veränderliche. Der Rechenschieber dafür ist nach Art der gewöhnlichen Rechenschieber mit gleichlaufenden logarithmischen Teilungen in der Weise aufgebaut, daß die Blindstromteilung auf dem Rechenstab und die Wirkstromteilung auf der Rechenschieberzunge untergebracht ist. Um den Rechenschieber übersichtlich zu gestalten, ist die untere Stabteilung noch einmal mit der entsprechenden Bezeichnung und Bezifferung und dem gewählten Bereich für  $tg \varphi$  auf dem oberen Teil des Rechenstabes aufgetragen. Die Ablesemarke  $M$ , die an beliebiger Stelle der Rechenschieberzunge angebracht werden kann, entspricht dann dem Anfang der Zungenteilung, man wird sie so anordnen, daß nach Berechnung die Teilung für  $tg \varphi$  in der Mitte des oberen Rechenstabes erscheint. Die Teilungen für Wirkstrom und für Blindstrom sind in den Bereichen von 10 bis 1000 und von 1000 bis 100000 beziffert. Beim Gebrauch des Rechenschiebers werden entweder die beiden inneren oder die beiden äußeren Bezifferungen benutzt. Die Teilung für  $tg \varphi$  auf dem oberen Teil des Stabes wird in der Weise ermittelt, daß die Teilung für den Wirkstrom durch Zungenverschiebung über die Teilung des Blindstroms nach Abb. 1 eingestellt wird, dann ist über der Ablesemarke  $M$  der Wert für  $tg \varphi = 1$ . Von diesem Ausgangswert trägt man den zweckmäßigen Bereich von  $tg \varphi = 0,1$  bis 3 auf. Die Richtung der  $tg \varphi$  Teilung ist nach vorigem dieselbe, wie die des Wirk- und Blindstroms. Der Maßstab der Teilungen muß so gewählt werden, daß der Rechenschieber nicht unhandlich wird.

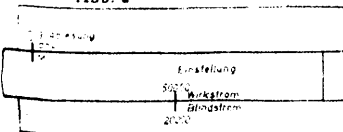
Um nun  $\cos \varphi$  zu erhalten, verwendet man die Beziehung:

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + tg^2 \varphi}}$$

Diese Gleichung wird umgeformt nach:

$$tg \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}$$

Abb. 2



Man nimmt also die praktisch vorkommenden Werte des  $\cos \varphi$  von 0,3 ab an und stellt die nachfolgende Tabelle auf:

$\cos \varphi$	$\cos^2 \varphi$	$\frac{1}{\cos^2 \varphi}$	$\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1$	$tg \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}$
0,3	0,09	11,1	10,1	3,16
0,32	0,102	9,81	8,81	2,964
0,34	0,116	8,64	7,64	2,763

usw.

Diese so errechneten Werte werden von der  $tg \varphi$  Teilung aus auf die untere Hälfte des oberen Teils des Rechenstabes über der Rechenschieberzunge übertragen.

Bei Benutzung dieses Sonderrechenchiebers wird so vorgegangen, daß die Teilung des Wirkstroms über die des Blindstroms eingestellt wird. Der Wert für  $\cos \varphi$  wird dann oberhalb der Ablesemarke  $M$  abgelesen.

**Beispiel:** Beträgt der Blindstrom 20000 kWh und der Wirkstrom 50000 kWh, so stellt man 50000 über 20000 ein und liest bei  $M$  einen  $\cos \varphi$  Wert von etwa 0,93 ab (s. Abb. 2).

Eine andere Methode, um Gleichungen auf einem Sonderrechenchieber darzustellen, besteht in der Verwendung von gegenläufigen logarithmischen Teilungen. Zum Verständnis mögen die Abb. 3 und 4 – sogenannte Stechzirkelnomogramme – dienen. Auf einer Doppelleiter der Abb. 3 sind zwei gegenläufige logarithmische Teilungen  $a$  und  $b$ , deren Anfangspunkte in ganz beliebiger Entfernung von einander stehen können, aufgetragen.

Nimmt man die Entfernung zweier beliebiger mit einander zu multiplizierenden Faktoren, die aber nicht derselben Teilung angehören dürfen, z. B.  $2 \cdot 20$  in den Zirkel – in Abb. 3 mit  $\log x$  bezeichnet – und greift diese Strecke von dem Anfangspunkte der Teilung  $a$  aus ab, so erhält man das Produkt dieser beiden Faktoren, nämlich  $\log 2 + \log 2$ , da  $\log y - \log x = \log 2$  ist. Soll dieses Produkt mit einem dritten Faktor z. B. 5 multipliziert werden, geht man auf die zweite Doppelleiter über und trägt an den  $\log 5$  die Strecke  $\log 2 + \log y$  an, dann hat man damit den Anfangspunkt der Teilung  $d$  erhalten. Von der ganzen Strecke  $\log 2 + \log y + \log 5$  wird dann  $\log x$  abgezogen; der Rest stellt das Gesamtprodukt dar, nämlich  $\log 2 + \log y + \log 5 - \log x$  oder  $\log 20 + \log 5 + \log 2$ , da nach vorigem  $\log y - \log x = \log 2$  ist. Das Gesamtprodukt ist also  $20 \cdot 2 \cdot 5 = 200$  (s. Abb. 3).

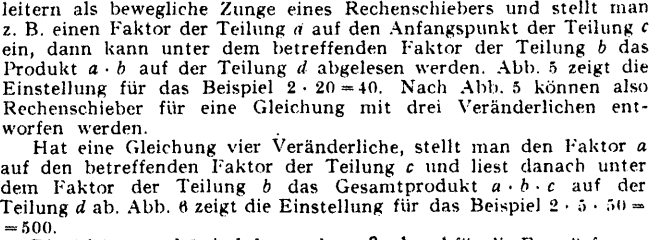
Liegt der zweite Faktor der Teilung  $b$  in entgegengesetzter Richtung, wie vorher z. B.  $2 \cdot 50$  in Abb. 4, dann baut sich der weitere Rechnungsgang auf der Gleichung  $\log y + \log x = \log 2$  auf, im Gegensatz zu Abb. 3, in der  $\log y - \log x = \log 2$  war (s. Abb. 4).

Denkt man sich nun eine von den beiden dargestellten Doppelleitern als bewegliche Zunge eines Rechenschiebers und stellt man z. B. einen Faktor der Teilung  $a$  auf den Anfangspunkt der Teilung  $c$  ein, dann kann unter dem betreffenden Faktor der Teilung  $b$  das Produkt  $a \cdot b$  auf der Teilung  $d$  abgelesen werden. Abb. 5 zeigt die Einstellung für das Beispiel  $2 \cdot 20 = 40$ . Nach Abb. 5 können also Rechenschieber für eine Gleichung mit drei Veränderlichen entworfen werden.

Hat eine Gleichung vier Veränderliche, stellt man den Faktor  $a$  auf den betreffenden Faktor der Teilung  $c$  und liest danach unter dem Faktor der Teilung  $b$  das Gesamtprodukt  $a \cdot b \cdot c$  auf der Teilung  $d$  ab. Abb. 6 zeigt die Einstellung für das Beispiel  $2 \cdot 5 \cdot 50 = 500$ .

Die Abb. 5 und 6 sind demnach maßgebend für die Entwürfe von Sonderrechenchiebern für Gleichungen mit 3 und 4 Veränderlichen.

(Fortsetzung folgt)



# Grundlagen für die neue Festigkeitslehre

Vielen Konstrukteuren sind heute noch die Grundlagen für die neuere Festigkeitslehre unbekannt. In den Fachzeitschriften findet man Angaben über Formziffern, Kerbwirkungszahlen, sowie Empfindlichkeitsziffern, deren Entstehung und Bedeutung nicht weiter erklärt ist. Der hier folgende Aufsatz soll einen kurzen Überblick über die Formgebung und dessen Einfluß auf die Größe der Spannung, sowie die Größe der in einem Konstruktionsteil herrschenden Sicherheit gegen Bruch geben.

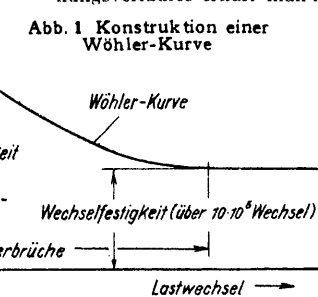
Die heutige Zeit, die eine restlose Ausnutzung des Werkstoffes verlangt, zwingt den gestaltenden Ingenieur zu einer werkstoffsparenden Bauweise. Hierzu ist die Kenntnis der Spannungsgröße und des Spannungsverlaufs von größter Bedeutung.

Mit Hilfe statischer, in neuerer Zeit auch dynamischer Dehnungsmessungen an Maschinenelementen und ganzen Bauteilen, werden Größe und Lage der im Betriebe auftretenden Beanspruchungen ermittelt, wobei Formgebung und Beschaffenheit der Oberfläche einen wesentlichen Einfluß auf die Festigkeit des Werkstoffes besitzen. So treten z. B. an allen unvermittelt auftretenden Querschnittsänderungen, in Kehlen und Kerben Spannungsspitzen auf, die die Sicherheit des ganzen Konstruktionsteils sehr in Frage stellen können.

Für die Beurteilung der Bruchsicherheit sind in erster Linie zwei Faktoren mitbestimmend, und zwar die geometrische Form des Konstruktionsteils selbst und die Eigenschaft des verwendeten Werkstoffes.

## Formziffer $\alpha_k$

Den Einfluß der geometrischen Form erhält man mittels statischer Dehnungsmessungen und spannungsoptischer Untersuchungen (1). Einen ersten Überblick über die Lage der größten im Werkstück auftretenden Spannungen, sowie über die Richtung des Spannungsverlaufes erhält man mit Hilfe des Dehnungslinienverfahrens (2). Der Prüfkörper wird dabei mit einem dünnen Lacküberzug versehen, dessen Bruchdehnung weit unter der des Werkstoffes liegt. Wird der Prüfkörper einer Dehnung unterworfen, so treten im Lacküberzug zuerst an den Stellen Risse auf, deren spezifische Dehnung die Bruchdehnung der Lack-schicht erreichen. Die Lage der ersten Anrisse zeigt die Stelle, an der die größten im Werkstück auftretenden Spannungen zu erwarten sind. Außerdem läßt sich der Verlauf der Spannungslinien aus der Rißbildung ermitteln.



Die größte Spannung  $\sigma_{max}$ , die bei statischen und spannungsoptischen Untersuchungen ermittelt wurde, wird in Beziehung gesetzt zu den Werten, die nach den Formeln der elementaren Festigkeitslehre errechnet werden. Der so erhaltene Quotient, im Schrifttum mit Formziffer  $\alpha_k$  bezeichnet, wird nach der Beziehung

$$\alpha_k = \frac{\text{Höchstspannung}}{\text{Nennspannung}} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n}$$

berechnet. Die größte in einem Konstruktionsteil bei ruhender Belastung zu erwartende Spannungsspitze erhält man durch Multiplizieren dieser Formziffer  $\alpha_k$  mit den nach den elementaren Formeln errechneten Nennspannungen  $\sigma_n$ . Die Formziffer stellt somit einen Wert dar, der angibt, um wieviel mal höher die Spannungsspitze gegenüber der nach den Angaben der elementaren Festigkeitslehre errechneten Nennspannung liegt.

In dem Wert  $\alpha_k$  ist jedoch das Verhalten des Werkstoffes, nicht enthalten. Der Einfluß dieses Faktors tritt bei ruhender Beanspruchung nicht so in Erscheinung, wie es bei wechselnder Beanspruchung der Fall ist. Zahlreiche Dauerversuche an Proben mit gleichen geometrischen Formen haben gezeigt, daß sich die Werkstoffe hinsichtlich ihrer Wechselfestigkeit untereinander sehr verschieden verhalten. So ergibt sich z. B. die Tatsache, daß hochlegierte Stähle gegen Querschnittsübergänge weit empfindlicher sind als die normalen Kohlenstoffstähle. Im Gegensatz hierzu besitzt Gußeisen fast keine Oberflächen- und Kerbeempfindlichkeit. Hinsichtlich seines Gefügebauaufbaues ist Gußeisen infolge seiner Graphitadern bereits als gekerbter Stab anzusehen. Eine schwache Kerbeempfindlichkeit läßt sich nur bei hochwertigem Perlit-Gußeisen beobachten.

In der Praxis tritt nur selten der Fall einer ruhenden Belastung auf. Es sind fast immer Wechselkräfte, die den Werkstoff beanspruchen. Jedem im Betrieb stehenden Ingenieur ist aus eigener Erfahrung bekannt, daß bei wechselnder Belastung und Entlastung Brüche schon bei Beanspruchungen auftreten, die weit unterhalb der Streckgrenze liegen. Dieser Erkenntnis versuchte man bisher dadurch Rechnung zu tragen, daß bei der Berechnung eine Sicherheitszahl eingesetzt wurde, die diese Erscheinungen erfassen sollte.

Wöhler war einer der ersten, der die Festigkeit eines Werkstoffes bei wechselnder Beanspruchung untersuchte. Mit Hilfe von Prüfmaschinen, auf denen Prüfstäbe auf Zug-Druck, Biegung oder Torsion beansprucht werden, wird die sogenannte „Wechselfestigkeit“ ermittelt. Die Beanspruchung pendelt dabei zwischen einer oberen und einer unteren Grenzspannung. Der arithmetische Mittelwert  $\sigma_m = \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2}$  bzw.  $\tau_m = \frac{\tau_o + \tau_u}{2}$  von der oberen und unteren Grenzspannung stellt die „Mittelspannung“ oder „Vorspannung“ dar. Der Spannungsausschlag  $\sigma_a$  bzw.  $\tau_a$  läßt sich aus der Beziehung

$$\sigma_a = \frac{\sigma_o - \sigma_u}{2} \text{ bzw. } \tau_a = \frac{\tau_o - \tau_u}{2} \text{ berechnen.}$$

Die Untersuchung wird für jede Belastungsart, also Zug-Druck, Biegung oder Torsion mit etwa 8 bis 10 Proben mit gleichen Abmessungen und Oberflächenbeschaffenheiten vorgenommen. Als Probekörper wählt man am zweckmäßigsten eine Form mit gut abgerundeten Übergängen und sauber geschliffener und polierter Oberfläche.

Um den Einfluß von Querschnittsübergängen, Querbohrungen, Keilnuten, Gewindekerben usw. sowie verschiedener Oberflächenbeschaffenheiten auf die Wechselfestigkeit zu klären, werden auch derartige Proben untersucht.

Die Untersuchung wird nun folgendermaßen durchgeführt: Der Prüfstab wird in die Prüfmaschine gespannt und zuerst mit einer etwas unter der Streckgrenze liegenden Beanspruchung belastet. Der Dauerbruch wird dann schon nach kurzer Lastspielzahl eintreten.

Der nächste Prüfstab wird mit gleicher Vorspannung mit einer etwas niedrigeren Belastung eingestellt, wobei der Dauerbruch nach einer weit größeren Lastspielzahl zu erwarten ist. Auf diese Art „tastet“ man sich allmählich an eine Belastung, die auch bei Lastwechseln von 10 Millionen und darüber vom Prüfstab ertragen werden kann. Brüche treten bei höheren Lastspielen an kleineren Proben nur selten ein. Dagegen müssen Untersuchungen an größeren Prüfkörpern, wie Eisenbahnachsen, Kurbelwellen für Schiffsmaschinen usw. bis 100 Millionen Lastwechsel ausgedehnt werden.

Die bei den Untersuchungen eingestellte Beanspruchung wird (gleiche Mittelspannung vorausgesetzt) über der zugehörigen Lastwechselzahl in einem Koordinatensystem aufgetragen, dessen Abszissenachse, auf der die Lastspiele aufgetragen werden, zweckmäßig eine logarithmische Teilung erhält.

Die Verbindung der einzelnen Meßpunkte ergibt eine Kurve, die sich einer waagerechten Asymptote nähert. Sie wird allgemein mit **Wöhler-Kurve** bezeichnet. Als Wechselfestigkeit wird die Spannung angesehen, die der Werkstoff dauernd ertragen würde (Abb. 1).

In vielen Fällen, besonders im Leichtbau, wird während der ganzen Betriebsdauer eine Wechselzahl von 10 Millionen selten erreicht. Bei derartigen Fällen kann der Berechnung eine weit höhere Wechselfestigkeit zugrunde gelegt werden, wobei die entsprechenden Werte der sogenannten „Zeitfestigkeit“ dem Wöhler-Schaubild unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lastspielzahl zu entnehmen sind.

Trägt man die mit Hilfe der Wöhler-Kurve gefundenen Wechselfestigkeiten gemäß Abb. 2 auf einer gegen die Abszisse um 45° geneigten Linie über den zugehörigen Mittelspannungen gleichmäßig nach oben und unten auf und verbindet die erhaltenen Punkte, so ergeben sich die oberen und unteren Grenzspannungen  $\sigma_o$  und  $\sigma_u$ . Das Schaubild wird in Höhe der Streckgrenze abgeschnitten. Über diese Grenze hinaus haben die Werte keine praktische Bedeutung mehr.

Für Kohlenstoffstähle nach DIN 1011 und legierte Stähle (VCN) nach DIN 1662 wurde die Wechselfestigkeit bereits ermittelt und in Form von Dauerfestigkeitsschaubildern (3) zusammengestellt. Die Probenabmessung der geschliffenen und polierten Prüfstäbe lag dabei zwischen 7,5 und 15 mm.

(Fortsetzung folgt)

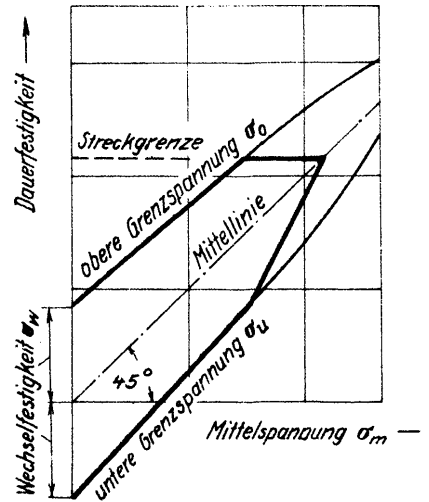
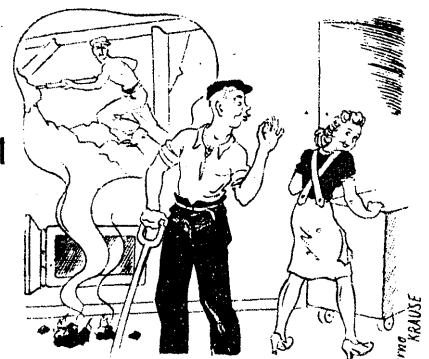


Abb. 2 Konstruktion eines Wechselfestigkeitsschaubildes

Die Kohle kommt aus tiefem Schacht, durch Bergmannsarbeit Tag und Nacht.



# Technische Wärmelehre mit praktischen Beispielen

## Einteilung:

1. Was ist Wärme und wie wird sie gemessen?
2. Die absolute Temperatur
3. Der absolute Druck
4. Die Ausdehnung der Körper
5. Die Wichte und das Einheitsvolumen
6. Wärmemenge und spezifische Wärme
7. Wärme und Arbeit
8. Die Gasgesetze
  - a) Das Gesetz von Gay-Lussac
  - b) Das Gesetz von Boyle-Mariotte
9. Die allgemeine Zustandsgleichung
10. Die Gasverbindungen
  - a) Atom- und Molekül
  - b) Atom- und Molekulargewicht
  - c) Das Gesetz von Avogadro
11. Die Gasgemische
12. Verbrennung
13. Verschiedene Aufgaben mit Lösungen
14. Literatur-Nachweis

## 1. Was ist Wärme und wie wird sie gemessen?

Unter Wärme versteht man die Ursache der Zustände bei allen Körpern, die der Mensch mit seinen Gefühlsnerven als heiß, warm, lau, kühl oder kalt empfindet. Indem man in dieser Hinsicht sein Urteil abgibt, schreibt man jedem Körper als Kennzeichen für seinen Wärmezustand einen Wärmeegrad oder eine Temperatur zu.

Es gibt verschiedene Geräte, mit denen der Wärmezustand eines Körpers oder einer Wärmequelle gemessen werden kann. Die bekanntesten sind die Flüssigkeitsthermometer. Sie bestehen in der Hauptsache aus einem oben geschlossenen Glasrohr mit winzigem, überall gleichgroßem Innendurchmesser. Am unteren Ende schließt sich eine kugelförmige Erweiterung an, die mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. Als Flüssigkeit verwendet man zweckmäßig einen Stoff, der sich bei seiner Erwärmung gleichmäßig ausdehnt und dessen Ausdehnungskoeffizient möglichst groß ist, d. h. dessen Volumen sich schon bei geringster Temperaturänderung sichtbar verändert. Am besten eignen sich hierfür Quecksilber und Weingeist.

Während Quecksilber mit seiner natürlichen Silberfarbe Verwendung findet, wird Weingeist entweder rot oder blau gefärbt und somit sichtbar gemacht.

Um den Stand des Quecksilber- oder Weingeistfadens im Glasröhrchen als Temperaturmaß zu erfassen, ist das Thermometer mit einer Skala versehen. Der Abstand zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkt des chemisch reinen Wassers wird in gleiche Teile geteilt, die man Grade nennt. Die Teilung wird unterhalb des Gefrierpunktes und oberhalb des Siedepunktes unverändert fortgesetzt. Die in der technischen Wärmelehre gebräuchliche Skala ist die nach Celsius; sie zeigt bei einem Wärmezustand, der gleich ist dem Gefrierpunkt des Wassers, 0° C und bei einem Wärmezustand, der gleich ist dem Siedepunkt des Wassers, +100° C an. Alle Wärmezustände, die niedriger sind als der des Gefrierpunktes, kennzeichnet man mit negativen Zahlenwerten.

Der Meßbereich des Quecksilberthermometers erstreckt sich im allgemeinen von -30° C bis +300° C, weil Quecksilber bereits bei +357° C zu sieden bzw. zu verdampfen beginnt. Wird in den Raum über dem Quecksilber Stickstoff oder Kohlensäure von mehreren Atmosphären Druck gefüllt, so kann der Meßbereich bis +500° C und bei Verwendung von Quarz an Stelle von Glas sogar bis +750° C erweitert werden. Solche Thermometer müssen große Wanddicken aufweisen, da der Gasdruck über der Flüssigkeit sehr hohe Drücke annehmen kann.

Für Temperaturmessungen unter -30° C sind mit Toluol oder Pentan gefüllte Thermometer geeignet. Weingeistthermometer haben im allgemeinen einen Meßbereich von +70° C bis -120° C.

Es sei noch bemerkt, daß Metall-, Gas- und elektrische Widerstandsthermometer sowie Thermolemente mit geeichter Temperaturskala und Pyrometer Temperaturmeßgeräte sind, die in der Praxis vielseitige Anwendung finden. So lassen sich beispielsweise mit Hilfe von optischen Pyrometern die Temperaturen von Wärmequellen bis zu 4000° C messen (Schmelzöfen, Härteöfen usw.).

Zur genauen Messung mit dem Quecksilberthermometer muß außer dem kugelförmigen Gefäß auch der ganze Quecksilberfaden der zu messenden Temperatur ausgesetzt sein, wenn die Ablesung richtig werden soll. Ragt ein Teil des Fadens aus dem zu messenden Raum heraus, so wird der herausragende Teil entsprechend der Temperatur des Außenraumes sich mehr oder weniger stark erwärmen. Da die Ausdehnungskoeffizienten des Thermometers (Glas oder Quarz) andere sind als die Flüssigkeiten (Quecksilber oder Weingeist) in dem Thermometer, zeigt dieses entweder zu viel oder zu wenig an. Dieser Fehler muß korrigiert werden. Die Fadenkorrektion eines Quecksilberthermometers mit Glasröhrchen wird mit Hilfe der folgenden Rechnung durchgeführt.

Bezeichnet man mit

$t$  = die am Thermometer abgelesene Temperatur in °C

$t_F$  = die Temperatur des herausragenden Fadens

$(= \text{Schätzungsweise der Temperatur des Außenraumes in nächster Nähe des Thermometers})$  in °C

$n$  = Anzahl der herausragenden Grade bis zum Quecksilberstand

$t_i$  = Temperatur im Innenraum in °C

so ist

$$t_i = t + \frac{n \cdot (t - t_F)}{6300} = t + 0,000158 \cdot n \cdot (t - t_F) \quad (1)$$

## 1. Beispiel:

Das Thermometer einer Heißdampfmaschine tritt bei 112° C aus der Fassung und zeigt eine Temperatur von +346° C an. Die Außentemperatur in nächster Nähe des Thermometers beträgt infolge starker Wärmeausstrahlung des Dampfmaschinenzylinders +48° C. Welche Temperatur hat der Dampf in der Maschine?

Gegeben:

$t = +346° C$

$t_F = +48° C$

$n = 346 - 112 = 234$

Gesucht:

$t_i = ?$

Lösung:

$$t_i = t + 0,000158 \cdot n \cdot (t - t_F) = 346° C + 0,000158 \cdot 234 \cdot 298° C$$

$$t_i = 346° C + 11° C = \underline{\underline{357° C}}$$

## 2. Die absolute Temperatur

In der technischen Wärmelehre kommt für die Berechnung der Gase und Dämpfe in den allermeisten Fällen nicht die am Thermometer abzulesende Temperatur, sondern die absolute Temperatur in Betracht. Sie liegt in der Natur begründet und läßt sich aus der Zusammenziehung der Gase errechnen. Die Ergebnisse von Versuchen dieser Art haben ergeben, daß der absolute Nullpunkt bei -273,144° C liegt. Für technische Berechnungen ist der Wert -273° C genau genug.

Bezeichnet man mit

$t$  = Thermometertemperatur in °C

$T$  = absolute Temperatur in °C

so besteht folgender Zusammenhang:

$$T = t + 273° C \quad (2)$$

Während es gleichgültig ist, ob man bei Differenzen von zwei Temperaturen die Thermometertemperaturen oder die absoluten Temperaturen einsetzt, so trifft dies bei Quotienten nicht zu!

Beispiel:

$$t_1 = 20° C \quad T_1 = 293° C$$

$$t_2 = 144° C \quad T_2 = 417° C$$

Differenz:

$$(t_2 - t_1) = (144° C - 20° C) = 124° C$$

$$(T_2 - T_1) = (417° C - 293° C) = 124° C$$

Quotient:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{144° C}{20° C} = 0,136$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{417° C}{293° C} = 0,702$$

Daraus folgt:

$$(t_2 - t_1) = (T_2 - T_1)$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

## 3. Der absolute Druck

Drückmeßgeräte zeigen entweder nur Überdruck (Manometer) oder nur Unterdruck (Vakuummeter) gegenüber dem augenblicklich herrschenden Luftdruck an. Sie zeigen einen spezifischen Druck an, d. h. einen auf eine bestimmte Flächeneinheit entfallenden Teil des Gesamtdruckes, den Gas oder Dampf auf die Meßstelle ausübt. Als Flächeneinheit wählt man gewöhnlich 1 cm<sup>2</sup> oder 1 m<sup>2</sup>. Dieser spezifische Druck heißt metrische oder technische Atmosphäre. Bezeichnet man mit

$p$  = spezifischer Druck in kg/cm<sup>2</sup>

$P$  = spezifischer Druck in kg/m<sup>2</sup>,

so ist

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 10000 \text{ kg/m}^2$$

Der absolute Druck, der für wärmetechnische Berechnungen benötigt wird, ergibt sich entweder aus der Summe von Luftdruck und Überdruck oder aus der Differenz von Luftdruck und Unterdruck. Aus dieser Betrachtung folgt, daß der Unterdruck zahlenmäßig niemals größer ausfallen kann als der Luftdruck. Der Luftdruck ändert sich naturgemäß mit der Wetterlage; seine Größe wird aus dem jeweils herrschenden Barometerstand errechnet. Bezeichnet man mit

$p_u$  = Überdruck in atü

$p_u$  = Unterdruck in atu

$p_b$  = Luftdruck oder jeweiliger Barometerstand in at

$p$  = absoluter Druck in ata,

so ist

$$p = p_b + p_u = p_b - p_u \quad (3)$$

Unterdrücke und geringe Überdrücke werden zuweilen mit Hilfe einer Flüssigkeitssäule gemessen. Bezeichnet man mit

$h$  = Höhe der Flüssigkeitssäule in m

$\gamma$  = Wichte der Flüssigkeit in kg/m<sup>3</sup>

so ergibt sich

bei Überdruck:

$$p = p_b + h \cdot \gamma$$

bei Unterdruck:

$$p = p_b - h \cdot \gamma \quad (4)$$

Für  $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$  für Wasser von +4° C und  $\gamma = 13596 \text{ kg/m}^3$  für Quecksilber von 0° C ergeben sich folgende Zusammenhänge:

$$1 \text{ at} = 10 \text{ m WS} = 0,7355 \text{ m QS} \quad (5)$$

WS = Wassersäule bei +4° C

QS = Quecksilbersäule bei 0° C.

Für die Benennung „mm QS“ führt sich mehr und mehr die Bezeichnung „Torr“ ein; es ist also Torr = mm QS.

Es ist eine Naturerscheinung, daß der atmosphärische Luftdruck in Meereshöhe bei 0° C einer 760 mm hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält. Dieser Luftdruck wird mit physikalischer Atmosphäre bezeichnet und wie folgt berechnet:

$$1 \text{ at} = 760 \text{ mm QS}$$

$$? \text{ at} = 760,0 \text{ mm QS}$$

$$1 \text{ at} = \frac{760,0}{735,5} = 1,033 \text{ at}$$

(Fortsatz folgt)

### 3. Pumpen

Da man im Kraftwerk den Aufwand für die Pumpenantriebe den Betriebsfordernissen zurechnen muß, verringert sich die mögliche Leistungsabgabe nach außen um die Beträge dieser Aufwendungen. Die beiden größten Pumpen im Kraftwerk sind die Kesselspeise- und die Kühlwasserpumpe des Kondensators. Da die andern im Vergleich mit diesen nur einen geringen Leistungsbedarf haben, werden in den nachfolgenden Berechnungen nur diese beiden genannten berücksichtigt. Die Antriebsleistung einer Pumpe für Wasserförderung beträgt

$$N_p = 0,00272 \cdot Q \cdot H / \eta_p \text{ kW} \quad \text{Gl. (15)}$$

wobei  $Q$  m<sup>3</sup>/h die stündliche Fördermenge in m<sup>3</sup>  
 $H$  mWS die gesamte Förderhöhe einschl. Verluste  
 $\eta_p$  % den Wirkungsgrad der Pumpe

bedeutet. Die Förderhöhe rechnet man in Metern Wassersäule (mWS), wobei

$$10 \text{ mWS} = 1 \text{ at} \quad \text{Gl. (16)}$$

Bei Förderung auf 50 at müßte man darum  $H = 10 \cdot 50 = 500$  mWS einsetzen, wozu noch ein Zuschlag für Rohrreibungsverluste anzusetzen ist. Die Saughöhe wird vernachlässigt, weil sie geringfügig ist. Der Pumpenantrieb erfolgt mittels Elektromotor oder Dampfturbine (Hilfturbine).

### 4. Vorwärmer

Abb. 6a und 6b zeigen das Symbol des Oberflächenvorwärmers; der Wärmeaustausch erfolgt durch die Oberflächen der eingebauten Rohre (meist aus Messing). Eine Vermischung des heizenden und beheizten Stoffes kann daher nicht eintreten. Nach Gleichung (2) war

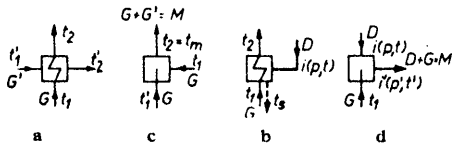


Abb. 6

- a) Oberflächenvorwärmer,
- b) Oberflächenvorwärmer, dampfheizt,
- c) Mischvorwärmer, a) und c) wasserbeheizt,
- d) Heißdampfkühler

„zugeführte = abgeführte Wärmemenge“, oder  $Q_z = Q_a$ . Mit den Zeichnungen der Abb. 6a wird  $Q_z = G' \cdot t_1 + G \cdot t_2$  und  $Q_a = G' \cdot t_2 + G \cdot t_1$  mit  $G$  und  $G'$  in kg/h und  $t$  in °C; (sind hingegen  $G$  und  $G'$  in verschiedenen Dimensionen gegeben, z. B. in m<sup>3</sup>/h und kg/s, so muß man die Menge der einen so umrechnen, daß beide dieselben Dimensionen haben). Für den Oberflächenvorwärmer gilt demnach die Gleichung (3), für den Mischvorwärmer die Gleichung (4).

**Beispiel 6.**  $t_1' = 80^\circ\text{C}$   $t_1 = 10^\circ\text{C}$   
 $t_2' = 30^\circ\text{C}$   $t_2 = 75^\circ\text{C}$   
 $G' = 100 \text{ kg/h}$   $G = ?$

$Q_z = Q_a$  gibt  $G' \cdot t_1 + G \cdot t_2 = G' \cdot t_2 + G \cdot t_1$ , und geordnet wird  $G(t_1 - t_2) = G'(t_2 - t_1)$  und hieraus

$$G = G' \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_2} \quad \text{Gl. (17)}$$

und mit den obigen Zahlenwerten

$$G = 100 \cdot \frac{80 - 30}{75 - 10} = 100 \cdot 50/65 = 77 \text{ kg/h.}$$

**Beispiel 7.** Eine andere Frage, wie groß wird  $t_2$ , wenn

$G' = 100 \text{ kg/h}$   $G = 20 \text{ kg/h}$   
 $t_1' = 80^\circ\text{C}$   $t_1 = 10^\circ\text{C}$   
 $t_2' = 30^\circ\text{C}$   $t_2 = ? = x$

Es ist wieder  $Q_z = Q_a$ , also  $G' \cdot t_1 + G \cdot t_2 = G' \cdot t_2 + G \cdot t_1$  und daraus

$$t_2 = \frac{G' \cdot t_1 + G \cdot t_1 - G' \cdot t_2}{G} = \frac{8000 + 200 - 3000}{20} = 5200/20 = 260^\circ\text{C} (!!)$$

Das ist ein typischer Fehler, den man macht, wenn man die Wärmeleistung  $Q_z = Q_a$  ohne Überlegung anwendet. Die heißeste Temperatur, die überhaupt auftreten kann, sind die  $t_1' = 80^\circ\text{C}$  des Heißwassers  $G'$ , weil dieses ja die Wärme in den Apparat bringt. Ihr am nächsten kommen entweder  $t_2$  oder  $t_2'$ , was allein von den Mengen abhängt; keinesfalls kann aber  $t_2$  größer als  $t_1'$  werden, die  $260^\circ\text{C}$  oben sind also sinnlos. Man muß bei Oberflächen-Vorwärmern immer beachten, daß eine wirksame Temperaturdifferenz vorhanden ist, die den Wärmeübergang erst ermöglicht. Theoretisch wäre die Aufwärmung von  $G$  bis höchstens auf  $t_1'$  möglich, also  $t_2 = t_1'$ . Das ist aber praktisch schon nicht mehr erreichbar, weil dann auf beiden Seiten der Heizfläche dieselbe Temperatur herrschen würde und ein Wärmeübergang dann gar nicht mehr stattfinden könnte, weil die Wärme immer nur von einem wärmeren auf einen kälteren Stoff übergehen kann. Diese notwendige Temperaturdifferenz setzt man gleich oder größer als  $5^\circ\text{C}$ ,  $t_2$  kann darum praktisch höchstens  $t_1' - 5 = 80 - 5 = 75^\circ\text{C}$  werden. Aus demselben Grunde kann sich  $t_2'$  auf höchstens  $t_1 + 5 = 10 + 5 = 15^\circ\text{C}$  abkühlen, wenn  $G$  hierzu genügend groß ist.

Die Aufgabe mit den  $t_2 = 260^\circ$  ist algebraisch zwar richtig gelöst, aber aus dem Ergebnis folgt, daß die technischen Bedingungen des Vorganges nicht beachtet worden sind. Formen wir die Ausgangsgleichung um, so erhalten wir

$$\frac{G'}{G} = \frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_2'} \quad \text{Gl. (17a)}$$

Durch Einsetzen der gegebenen Mengenwerte erhalten wir  $100/20 = 5$  und  $5 \cdot (t_1 - t_2') = t_2 - t_1$  oder, mit anderen Worten: sollen die

Mengen des Beispiels 7 beibehalten werden, dann muß (theoretisch) die Aufwärmung des kalten Wassers 5mal so groß werden, wie die Abkühlung des heißen (das ist oben auch der Fall gewesen, denn  $260 - 10 = 250$  und  $80 - 30 = 50$ , d. h.  $5 \cdot 50 = 250$ ). Indem aber die Aufwärmung nur höchstens  $75 - 10 = 65^\circ\text{C}$  betragen kann, wird die Abkühlung  $t_1 - t_2' = 65/5 = 13^\circ\text{C}$ , woraus  $t_2' = t_1 - 13 = 80 - 13 = 67^\circ\text{C}$  folgt; durch die Angabe  $t_2' = 30^\circ\text{C}$  in der Aufgabe 7 ist diese überbestimmt und die Lösung daher unbrauchbar geworden. — Will man dagegen die größtmögliche Aufwärmung und Abkühlung der einzelnen Flüssigkeiten erzielen, dann wird

$$\frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_2'} = \frac{75 - 10}{80 - 15} = \frac{65}{65} = 1, \text{ woraus } G = G' \text{ folgt, d. h., dieses}$$

kann nur dann erreicht werden, wenn die Mengen einander gleich sind. Es muß also vor dem Einsetzen der Zahlenwerte immer geprüft werden, ob der Vorgang unter den angegebenen Bedingungen in der vorgezeichneten Richtung überhaupt möglich ist.

Wird das Wasser mittels Dampf vorgewärmt, Abb. 6b, dann gilt in gleicher Weise  $D(i - t_2) = G \cdot (t_2 - t_1)$ . Die möglichen Temperaturen müssen ebenfalls sorgfältig beachtet werden. Hätte der Dampf z. B. einen Zustand von  $p = 3$  at abs,  $t = 200^\circ\text{C}$ ,  $i = 684 \text{ kcal/kg}$ , dann wäre die höchste Vorwärmtemperatur  $t_2$  etwa  $200 - 10 = 190^\circ\text{C}$ , d. h. man muß auch hier die Temperatur und nicht etwa den Wärmehalt in Betracht ziehen. Bei  $190^\circ\text{C}$  hat die Verdampfung des Wassers  $G$  schon längst begonnen; will man seine Verdampfung verhindern, dann muß man es unter einen etwas höheren Druck setzen, als der Sättigungsdruck für  $190^\circ\text{C}$  beträgt. Dieser ist für  $190^\circ\text{C}$   $p_s = 12,8$  at abs; man würde zur sicheren Verhinderung der Ausdampfung also den Wasserdruck zumindest mit 15 at abs wählen müssen. Die äußerste Abkühlung, die das Kondensat des Heizdampfes erleiden kann, entspricht der Sättigungstemperatur  $t_2$  des Druckes  $p$ . Für 3 at abs beträgt sie  $133^\circ$ . Kann sich das Kondensat hingegen bis Atmosphärendruck entspannen, dann wird es Wasser im Sinne der obigen Beispiele und kann sich bis auf  $t_1 + 5^\circ\text{C}$  abkühlen. Für die Verhältnisse des Beispiels 6 wird  $D_0 = 100 \cdot \frac{80 - 30}{684 - 133} = 9,07 \text{ kg/h}$  ohne Kondensatentspannung und  $D_{11} = 100 \cdot \frac{80 - 30}{684 - 15} = 7,5 \text{ kg/h}$  mit Kondensatentspannung, im letzteren Fall würde man also um  $100 \cdot (9,07 - 7,5)/9,07 = 17,3 \text{ vH.}$  Heizdampf weniger benötigen.

Abb. 6c stellt einen Mischvorwärmer dar, bei dem sich die beiden Stoffe also mischen und gemeinsam ablaufen. Es gilt  $Q_z = G \cdot t_1 + G' \cdot t_1 = Q_a = (G + G') \cdot t_m$  (vergl. auch Gl. (4)). Infolge der Mischung wird die ablaufende Menge  $M$  um  $G$  größer, als die aufzuwärmende Menge  $G'$ ,  $M = G + G'$ . Natürlich kann hier das Heizmittel  $G$  ebenfalls Dampf sein; dann muß aber an Stelle von  $t_1$  sein Wärmehalt  $i$  gesetzt werden.

### 5. Heißdampfkühler (Abb. 6d)

Er ist im Grunde auch ein Mischvorwärmer, nur mit dem Unterschied, daß der Dampf mittels Wassereinspritzung nur gekühlt wird und den Apparat dampfförmig verläßt. Eintritts- und Austrittsdruck des Dampfes sind einander fast gleich. Die Menge des Austrittsdampfes  $M$  ist natürlich um die Einspritzwassermenge  $G$  größer. Es wird

$$D \cdot i + G \cdot t_1 = (D + G) \cdot i' \quad \text{Gl. (18)}$$

und hieraus die Einspritzwassermenge

$$G = D \cdot \frac{i - i'}{i' - t_1} \quad \text{Gl. (19)}$$

Die Zustände  $i$  und  $i'$  findet man aus dem  $i, s$ -Diagramm.

**Beispiel 8.** Es sollen 1000 kg/h Dampf von 25 at abs,  $450^\circ\text{C}$  mit Wasser von  $30^\circ\text{C}$  auf  $350^\circ\text{C}$  gekühlt werden.

$D = 1000 \text{ kg/h}$   $i = 799 \text{ kcal/kg}$   $t' = 350^\circ\text{C}$   
 $p = 25 \text{ at abs}$   $t_1 = 30^\circ\text{C}$   $i' = 746 \text{ kcal/kg}$   
 $t = 450^\circ\text{C}$   $p' = 24,5 \text{ at abs}$   $G = ?$

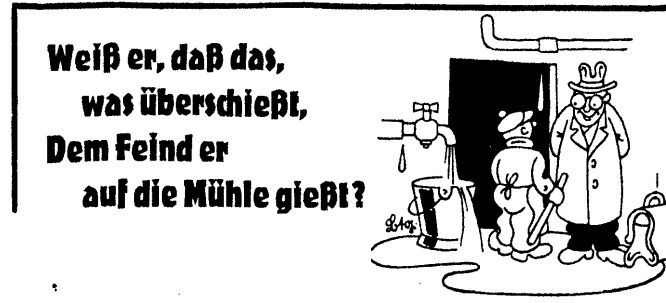
$$\text{Dann wird gemäß Gl. (19) } G = 1000 \cdot \frac{799 - 746}{746 - 30} = 1000 \cdot 53/716 =$$

74,0 kg/h. Damit wird die gekühlte Menge  $1000 + 74 = 1074 \text{ kg/h}$ . Soll hingegen die gekühlte Dampfmenge, also die Mischung  $D + G = M$ , im ganzen nur 1000 kg/h betragen, dann wird die zu kühlende Menge

$$D = M \cdot \frac{i' - t_1}{i - t_1} \text{ kg/h.} \quad \text{Gl. (20)}$$

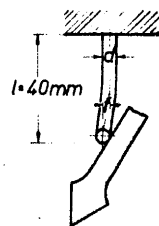
Mit den Werten des vorigen Beispiels daher  $D = 1000 \cdot (746 - 30)/(799 - 30) = 1000 \cdot 716/769 = 931 \text{ kg/h}$  und  $G = 1000 - 931 = 69 \text{ kg/h}$ . Das Verhältnis  $D/M$  bleibt in beiden Fällen natürlich dasselbe,  $1000/1074 = 931/1000 = 0,931$ .

Wenn man aus betrieblichen Gründen die Qualität des gekühlten Dampfes  $M$  nicht verschlechtern will, dann nimmt man als Einspritzwasser Kondensat. (Fortsetzung folgt)



# Federberechnungen

Abb. 1 Einseitig eingespannter Stahldraht als federnder Zeigeranschlag



Im Maschinenbau, in der Feinmechanik sowie in der Elektrotechnik haben die Federn in den verschiedensten Formen wichtige Funktionen auszuüben. Die Berechnung dieser Federn werden viel zu wenig beachtet, und aus diesem Anlaß treten oft, nach der Fertigstellung der Maschine oder des Gerätes, Fehler auf, die zu einem Ausfall in der Erzeugung führen.

In diesem Aufsatz werden Formeln für die Berechnung von Federn angegeben, wobei an praktischen Beispielen die Anwendung dieser Formeln gezeigt wird. Der Konstrukteur muß nach Möglichkeit beim Entwurf von Federn darauf achten, nur solche Federformen zu wählen, die klare Berechnungen zulassen. Bei komplizierten Federkonstruktionen, die sich durch ein beengtes Raumverhältnis ergeben können, sowie Federn mit sehr kleinen Abmessungen, wie sie häufig in der feinmechanischen Technik auftreten, stimmt der errechnete Wert nur annähernd mit den wirklichen Ergebnis überein. Es ist daher zweckmäßig, diese Sorten von Federn vor dem Einbau durch Versuche mit der Federwaage nachzuprüfen. Aber trotzdem kann es für die Entwicklung der Konstruktion von großem Vorteil sein, wenn man sich durch einfache Überschlagrechnung ein ungefähres Bild von den Ausmaßen der Feder machen kann, um so den Platz für die Feder vorsehen zu können.

Die verschiedenen Arten von Federn werden im folgenden behandelt:

- 1. Federn mit rundem Querschnitt**
  - a) gerade Biegefedern, **Biegestabfedern**
  - b) gewundene Biegefedern, sogen. **Drehfedern**
  - c) gewundene Drehungsfedern, in der Praxis **Zug- und Druckfedern** genannt
- 2. Federn mit rechteckigem Querschnitt**
  - a) gerade Biegefedern, **Blattfedern**
  - b) gewundene Biegefedern, **Spiralfedern**
  - c) gerade Drehungsfedern, **Drehstabfedern**
  - d) gewundene Drehungsfedern, **Druckfedern**

Wie bei allen Konstruktionen und Berechnungen die ermittelte und zulässige Belastung für die Festigkeit zu beachten ist, so ist auch bei der Berechnung von Federn zu verfahren. Es sind hier die Biegefestigkeit  $\sigma_B$  und die zulässige Biegespannung  $\sigma_{zul}$  sowie die Drehungsfestigkeit (Torsionsfestigkeit)  $\tau_D$  und die zulässige Drehungsspannung  $\tau_{zul}$  zu beachten. In der nachfolgenden Tabelle sind für die gebräuchlichsten Federwerkstoffe die wichtigsten Werte zusammengestellt, die für die Festigkeitsberechnung von Federn notwendig sind.

Tabelle über die Werte der Federwerkstoffe

Werkstoff	Elastizitätsmodul kg/mm <sup>2</sup> E	Gleitmodul kg/mm <sup>2</sup> G	Zulässige Spannungen für					
			Biegung			Drehung		
			$\sigma_{zul}$	II	III	$\tau_{zul}$	II	III
Bandstahl, gehärtet	21 500	8300	100	82	70	—	—	—
Uhrfeder-Bandstahl	21 500	8300	180	140	—	180	—	140
V2A-Stahl	18 000	7000	45	40	33	—	—	—
Phosphorbronzeblech	10 000	4100	42	30	13	—	—	—
Neusilberblech	—	—	—	—	—	—	—	—
18 vH. Ni	12 500	4500	35	30	11	—	—	—
Neusilberblech	—	—	—	—	—	—	—	—
12 vH. Ni	11 000	4300	30	25	8	—	—	—
Nickelblech	13 500	4800	35	30	12	—	—	—
Messingblech federh.	10 000	3500	25	18	7,2	—	—	—
Kupferblech, hart	11 500	4200	20	15	8	—	—	—
Klaviersaitendraht	21 500	8300	120	100	75	82	70	40
Phosphorbronzedraht	10 800	4200	50	42	23	30	22	11
V2A-Stahldraht	18 200	7000	60	52	38	45	38	25
Neusilberdraht	12 500	4500	43	35	18	26	18	9,5
Messingdraht	10 000	3500	28	21	10,5	19	12,5	6,5

Es bedeuten darin:

E = Elastizitätsmodul

G = Gleitmodul

$\sigma_{zul}$  = zulässige Biegespannung

$\tau_{zul}$  = zulässige Drehungsspannung

Die vom Verfasser in der Tabelle empfohlenen zulässigen Spannungen sind noch in drei Stufen unterteilt worden, um je nach der Arbeitsweise der Feder den richtigen Wert für die Berechnung zu entnehmen.

Stufe I Federn, die im ausgedehnten Zustand verharren.

Stufe II Federn, die vom Nullwert bis zum Höchstwert beansprucht werden.

Stufe III Federn, die von der einen in die andere Richtung wechselnd gespannt werden.

Diese Unterteilung der zulässigen Spannungen geben eine Sicherheit für evtl. Überlastung der Feder, denn bei einer Überschreitung der zulässigen Spannung kann an statisch belasteten Federn eine bleibende Dehnung erwartet werden, während dies bei Schwingungsfedern sogar zur Zerstörung, dem sogenannten Dauerbruch, führen kann. Um diesen eben erwähnten Umstand noch mehr auszuschalten, ist es ratsam, in die Rechnung einen kleineren Wert für  $\sigma_{zul}$  und  $\tau_{zul}$  einzusetzen. Dieser Wert ist dem aus der Tabelle entnommenen Wert ungefähr 30 vH. niedriger anzusetzen und ist in den praktischen Beispielen mit  $\sigma'_{zul}$  und  $\tau'_{zul}$  bezeichnet worden.

Die Kurzzeichen, die in den Formeln angeführt sind, bedeuten:

P = Belastung der Feder in kg

l = gestreckte Federlänge bzw. Drahtlänge in mm ohne Schenkel

f = Gesamthub der Feder in mm

d = Drahtdurchmesser in mm

- b = Breite der Feder in mm
- h = Stärke der Feder in mm
- D = mittlerer Durchmesser der Feder in mm
- i = Anzahl der wirksamen Windungen
- E = Elastizitätsmodul in kg/mm<sup>2</sup>
- G = Gleitmodul in kg/mm<sup>2</sup>
- I = Trägheitsmoment in mm<sup>4</sup>

a) für Kreisquerschnitt =  $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$     b) für Rechteckquerschnitt =  $\frac{b \cdot h^3}{12}$

W = Widerstandsmoment in mm<sup>3</sup>

a) für Kreisquerschnitt =  $\frac{\pi \cdot d^3}{32}$     b) für Rechteckquerschnitt =  $\frac{b \cdot h^2}{6}$

$\omega$  = Verdrehwinkel im Bogenmaß,  $u^\circ$  = Verdrehwinkel im Gradmaß

$\sigma_{zul}$  = zulässige Biegespannung in kg/mm<sup>2</sup>

$\tau_{zul}$  = zulässige Drehungsspannung in kg/mm<sup>2</sup>

### 1. Federn mit rundem Querschnitt

**a) Biegestabfedern.** Gerade Biegefedern (Biegestabfedern) werden oft als federnde Anschläge verwendet. Der runde Querschnitt ergibt oft günstige Einspannmöglichkeiten.

Für die Berechnung gelten folgende Formeln:

Gleichung 1:  $\sigma_{zul} = \frac{M}{W} = \frac{32 \cdot P \cdot l}{\pi \cdot d^3}$

Gleichung 1a:  $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \sigma_{zul}}{32 \cdot l}$

Gleichung 2:  $f = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{64}{3} \cdot \frac{P \cdot l^3}{\pi \cdot d^4 \cdot E} = \frac{2 \cdot l^3 \cdot \sigma_{zul}}{3 \cdot d \cdot E}$

**1. Beispiel:** Ein V2A-Stahldraht soll als federnder Anschlag dienen (Abb. 1). Die Länge des Drahtes sei 40 mm und die Kraft, die anschlägt, ergab 0,2 kg. Welchen Durchmesser d muß der Draht haben und wie groß ist die Durchbiegung f. Aus der Tabelle ergibt sich für  $\sigma_{zul}$  Stufe II = 52 kg/mm<sup>2</sup>, es wird  $\sigma'_{zul}$  mit 40 kg/mm<sup>2</sup> angenommen, E = 21,5 · 10<sup>6</sup> kg/mm<sup>2</sup>.

Bekannt: P = 0,2 kg; l = 40 mm;  $\sigma'_{zul}$  = 40 kg/mm<sup>2</sup>;  
E = 21,5 · 10<sup>6</sup> kg/mm<sup>2</sup>. Gesucht: d und f.

Nach Gleichung 1a:  $d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot P \cdot l}{\pi \cdot \sigma_{zul}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,2 \cdot 40}{\pi \cdot 40}} = \sqrt[3]{2,04} = 1,27$  mm;

gewählt d = 1,3 mm.

Die für d = 1,3 mm auftretende Biegespannung beträgt dann:

Nach Gl. 1:  $\sigma_{zul} = \frac{32 \cdot P \cdot l}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 0,2 \cdot 40}{\pi \cdot 1,3^3} = 37$  kg/mm<sup>2</sup>;

hiermit wird

nach Gleichung 2:  $f = \frac{2 \cdot l^3 \cdot \sigma_{zul}}{3 \cdot d \cdot E} = \frac{2 \cdot 40^3 \cdot 37}{3 \cdot 1,3 \cdot 21,5 \cdot 10^6} = 1,67$  mm.

### b) Drehfedern

Bei diesen Federn wird der Draht auf Biegung beansprucht. Für die Berechnung gelten folgende Formeln:

Gleichung 3:  $P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \sigma_{zul}}{32 \cdot a}$

Gleichung 4:  $l = \frac{\pi \cdot \omega \cdot d^4 \cdot E}{64 \cdot a \cdot P}$

Gleichung 5:  $f = a \cdot \omega$

Gleichung 5a:  $a^\circ = \omega \cdot \frac{180}{\pi}$

Gleichung 6:  $d = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{zul}}{\omega \cdot E}$

Gleichung 7:  $i = \frac{l}{\pi \cdot D}$

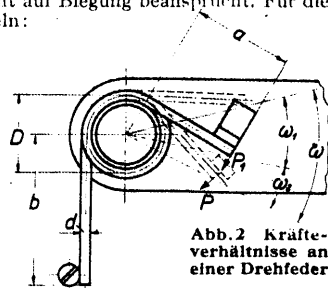


Abb. 2 Kräfteverhältnisse an einer Drehfeder

**2. Beispiel:** Eine Drehfeder aus Klaviersaitendraht soll einen Hebel (Abb. 2) bewegen, und zwar soll sie in der Ruhelage einen Druck von P<sub>1</sub> gleich 0,144 kg ausüben, bei einem Arbeitshub von  $u_2 = 15^\circ$  soll sie dann mit einer Kraft von P = 0,23 kg wirken. Aus der Konstruktion ergibt sich für den Schenkel a = 10 mm und b = 15 mm sowie D = 8 mm. Für  $\sigma_{zul}$  ergibt sich nach der Tabelle Stufe II = 100 kg/mm<sup>2</sup>.

Zur Sicherheit wird  $\sigma'_{zul}$  mit 70 kg/mm<sup>2</sup> angenommen. Für E ergibt sich laut Tabelle ein Wert von 21,5 · 10<sup>6</sup> kg/mm<sup>2</sup>. Es ist zu errechnen der Drahtdurchmesser d, die gestreckte Länge l, der Winkel  $u_1$  resp. a und die Windungszahl i.

Bekannt: P = 0,23 kg; P<sub>1</sub> = 0,144 kg;  $u_2 = 15^\circ$ ; a = 10 mm; b = 15 mm;  $\sigma'_{zul}$  = 70 kg/mm<sup>2</sup>; E = 21,5 · 10<sup>6</sup> kg/mm<sup>2</sup>; D = 8 mm.

Gesucht: d, l,  $u_1$  resp. a, i.

Nach Gleichung 3:  $d = \sqrt[3]{\frac{P \cdot a \cdot 32}{\pi \cdot \sigma'_{zul}}} = \sqrt[3]{\frac{0,23 \cdot 10 \cdot 32}{\pi \cdot 70}} = 0,7$  mm.

Nach Gleichung 5a:  $\omega_2 = \frac{180}{180} = 0,262$ ;

$\omega = \omega_2 \cdot \frac{P}{P - P_1} = 0,262 \cdot \frac{0,23}{0,086} = 0,7$  entspricht a = 40°

$u_1 = 40^\circ - 15^\circ = 25^\circ$

Nach Gleichung 4:  $l = \frac{\pi \cdot \omega \cdot d^4 \cdot E}{64 \cdot a \cdot P} = \frac{\pi \cdot 0,7 \cdot 0,7^4 \cdot 21,5 \cdot 10^6}{64 \cdot 10 \cdot 0,23} = 77$  mm.

Nach Gleichung 7:  $i = \frac{l}{\pi \cdot D} = \frac{77}{\pi \cdot 8} =$  etwa 3 Windungen.

Gesamte Drahtlänge = l + a + b = 77 + 10 + 15 = 102 mm.

(Fortsetzung folgt)

# Neuzeitliche Flugmotoren (Fortsetzung aus Heft 11/1942)

## Luft- oder Flüssigkeitskühlung?

Für Jagdflugzeuge und einmotorige Sturzkampfflugzeuge haben die flüssigkeitsgekühlten Motoren besondere Vorzüge, da außer der Geschwindigkeitsvergrößerung durch Widerstandsverringeringung das Flugzeug mit flüssigkeitsgekühltem Motor bessere Sichtverhältnisse für den Piloten aufweist. Grundsätzlich kann zwar jedes Flugzeug so gebaut werden, daß sowohl mit luftgekühlten als auch mit flüssigkeitsgekühlten Motoren in den wichtigsten Sichtfeldern annähernd gleiche Verhältnisse herrschen. Bei luftgekühlten Sternmotoren ist die Erfüllung dieser Forderung jedoch schwieriger, weil die Motoren verhältnismäßig breit und groß sind. Durch die notwendigerweise tiefe Lage der Luftschraubenwelle beim luftgekühlten Motor entstehen zusätzliche Probleme insofern, als das Flugzeug ein höheres Fahrgestell erhalten muß. Hebt man andererseits den Führersitz so hoch über den Motor hinaus, daß erträgliche Sichtverhältnisse erreicht werden, so ragt die untere Kante des Motors so weit über den kleinsten Rumpfschnitt, daß die Rumpfform aerodynamisch äußerst ungünstig wird; daher entschließt man sich in den meisten Fällen dazu, den Rumpf höher als notwendig zu bauen, was wiederum einen vergrößerten Stirnwiderstand zur Folge hat.

Das Blickfeld aus dem aerodynamisch hochwertigen Flugzeug mit flüssigkeitsgekühltem Reihenmotor ist weit größer als das Blickfeld aus einem Flugzeug mit luftgekühltem Sternmotor. Je größer das freie Sichtfeld zwischen der Visierlinie bzw. Schußlinie und der Sichtfeldbegrenzung ist, um so mehr Zeit ist vorhanden für das Richten des Flugzeuges und damit der Waffen. Der Vorteil des größeren Sichtfeldes liegt nicht nur in der besseren allgemeinen Übersicht, sondern — und das ist das Entscheidende — in der Gewähr für sicheres Zielen bei Ziellannäherung in jeder Fluglage.

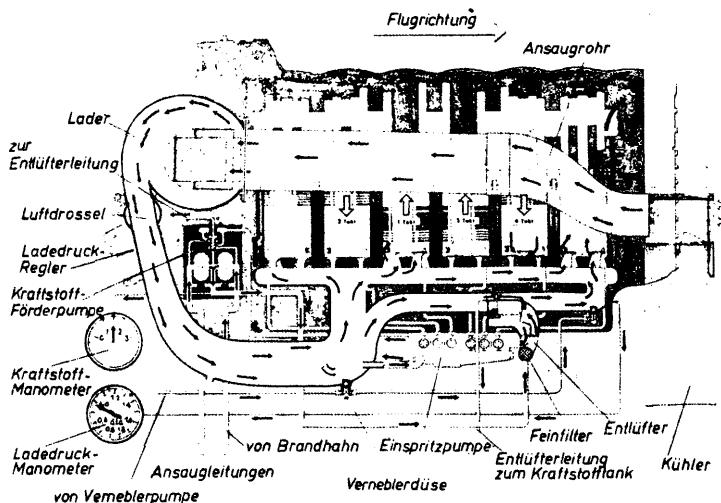
Bei Erörterung der Frage „Luft- oder Flüssigkeitskühlung?“ wird behauptet, daß luftgekühlte Motoren schneller startbereit seien. Diese Einstellung ist jedoch unzutreffend, da die luftgekühlten Motoren schließlich auch so lange warmlaufen müssen, bis das Öl die notwendige Temperatur hat. Erfahrungsgemäß erreicht aber bei flüssigkeitsgekühlten Motoren das Wasser bei geschlossenen Kühlerklappen in wenigen Minuten eine Temperatur, die wiederum den ganzen Motor und das Öl sehr schnell anwärmt. Auf die heutige, fortgeschrittene Praxis bezogen, hat der moderne flüssigkeitsgekühlte Motor zumindest die gleich schnelle Startbereitschaft, ist also dem luftgekühlten Motor keinesfalls unterlegen.

Häufig wird darauf hingewiesen, daß die flüssigkeitsgekühlten Motoren durch ihr Kühlsystem bei Beschußschäden viel leichter gefährdet sind als die luftgekühlten Motoren. Das ist richtig. Dafür ist aber der flüssigkeitsgekühlte Motor wieder den Anforderungen, die an Flugmotoren in großer Höhe gestellt werden, viel eher gewachsen, da das Kühlmittel beim flüssigkeitsgekühlten Motor an die gefährdeten Stellen des Motors zuverlässig herangebracht wird. Der luftgekühlte Motor ist jedenfalls bei längeren Flügen in größerer Höhe thermisch nicht so zu beherrschen wie der flüssigkeitsgekühlte Motor. Das alles sind jedoch letzten Endes keine ausreichenden Gründe dafür, das eine oder andere Kühlsystem abzulehnen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika wurde der Streit über die Frage Luft- oder Flüssigkeitskühlung von neuem wachgerufen, als die Ergebnisse der Schneider-Pokal-Rennen und die Geschwindigkeitsweltrekorde deutscher Jagdflugzeuge die Überlegenheit des flüssigkeitsgekühlten Triebwerks für schnelle Flugzeuge eindeutig aufzeigten. So konnte sich der Allison-Motor, ein 12-Zylinder-Reihen-V-Motor mit Heißkühlung von 1000-PS-Startleistung, sehr schnell als Triebwerk für die Jagd- und Zerstörerflugzeuge der amerikanischen Luftwaffe durchsetzen. Bereits vor drei Jahren ging die Meldung durch die Presse, daß auch die Firmen Wright und Pratt & Whitney sich neben dem Bau von luftgekühlten Sternmotoren mit der Entwicklung von flüssigkeitsgekühlten Reihenmotoren großer Leistung beschäftigen.

Der Wettkampf zwischen Flüssigkeitskühlung und Luftkühlung im Flugmotorenbau hat die Entwicklung außerordentlich gefördert. Beide Kühlsysteme werden auch in Zukunft nebeneinander bestehen, ihre typischen Anwendungsgebiete werden sich mehr und mehr aus der Praxis heraus ergeben und in noch ungewissen Grenzbereichen nach wie

Abb. 34 Luft- und Kraftstoffwege im Junkers Einspritzflugmotor Jumo 211



vor überschneiden. Die Frage Flüssigkeitskühlung oder Luftkühlung wird so lange offenbleiben, bis die neueste Entwicklung Möglichkeiten erschlossen hat, die ein Eingehen auf diese Problemstellung nicht mehr notwendig machen.

## Kraftstoff-Verbrennungsluft-System im modernen Flugmotor

Das Kraftstoff-Luftgemisch kann entweder durch den Vergaser, also wie beim normalen Ottomotor, oder durch Einspritzung wie beim Dieselmotor hergestellt werden. Beim Vergasermotor wird das Kraftstoff-Luftgemisch außerhalb des Zylinders gebildet und über die Ansaugleitung in den Verbrennungsraum geführt.

Obwohl der Vergasermotor heute auf einen außerordentlich hohen Leistungsstand gebracht wurde, haften ihm doch auf dem Gebiet der Gemischbildung zahlreiche Mängel an, die einer weiteren Leistungssteigerung hemmend im Wege stehen. Erfahrungsgemäß ist die Gemischbildung und -verteilung für die einzelnen Zylinder ungleich, weil die Vergaserdüsen so eingestellt werden müssen, daß der am weitesten entfernte Zylinder ein einwandfrei gesättigtes Gemisch ansaugt. Die Folge ist, daß die übrigen Zylinder ein überfettetes Gemisch erhalten. Da der Vergasermotor nach Zylindergruppen einreguliert wird, ist die Leistungsabgabe der einzelnen Zylinder beim Vergasermotor also sehr unterschiedlich, ein Nachteil, der die volle Ausnutzung des Hubvolumens beeinträchtigt und mit den Erfordernissen moderner schnellaufender Flugmotoren nicht in Einklang zu bringen ist. Auch bei den verschiedenen Belastungsstufen ist die Gemischzusammensetzung jeweils ungleich. Der „Übergang“ von der Leerlaufdüse auf die Hauptdüse bei schneller Beschleunigung des Vergasermotors ist zudem eine wenig erfreuliche Erscheinung. Durch die langen Rohrleitungen vom Vergaser zu den Einlaßventilen der Zylinder treten zwangsläufig zusätzliche Veränderungen in der Gemischzusammensetzung auf, die noch durch die Temperaturunterschiede in den verschiedenen Flughöhen unerwünscht verstärkt werden, ganz zu schweigen von den Auswirkungen der Temperaturschwankungen, die durch den Wechsel der Jahreszeiten bedingt sind. Es ist also nicht zu vermeiden, umständliche Einregulierungen vorzunehmen, wobei sich vor allen Dingen die Höhenkorrekturen kaum einwandfrei durchführen lassen. In großen Flughöhen kommt durch die außerordentlich niedrigen Temperaturen noch die Gefahr der Vereisung des Vergasers hinzu. Das Auftreten von Vergaserbränden durch das ständige Vorhandensein eines hochexplosiven Benzin-Luftgemisches unmittelbar vor den Verbrennungsräumen ist ein weiteres Gefahrenmoment.

Sollen alle diese Nachteile vermieden werden und gleichzeitig der Wirkungsgrad verbessert und die Wirtschaftlichkeit vergrößert werden, dann bleibt nichts anderes übrig, als die Gemischbildung wie beim Dieselmotor in den Verbrennungsraum selbst zu verlegen, also das Benzin durch Düsen in den mit Frischluft geladenen Zylinder einzuspritzen.

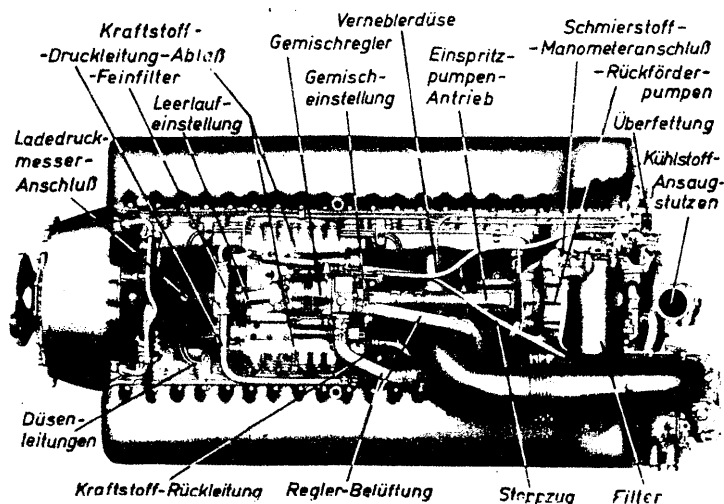
Da beim Einspritzmotor jeder Zylinder von einem besonderen Einspritzelement versorgt wird, das genau abgestimmt werden kann, wird erreicht, daß der Benzin-Einspritzmotor in sämtlichen Zylindern bei allen Drehzahlen eine gleichmäßige Zusammensetzung des Kraftstoff-Luftgemisches aufweist. Im Gegensatz zum Vergasermotor, bei dem die Kraftstoffregelung mehr oder weniger ungenau bleibt, ist die Regelung der Benzin-Einspritzpumpen technisch einwandfrei durchzuführen (siehe Abb. 34 und 35).

Durch die direkte Einspritzung des Benzins und durch die unbedingt genaue Regelmöglichkeit können alle äußeren Einflüsse, die auf Temperaturschwankungen oder Witterungsveränderungen zurückzuführen sind, vollständig ausgeschaltet werden. Der Einspritzmotor kennt auch keine „Übergangsphase“ bei schneller Beschleunigung, denn die Einspritzmenge kann fein geregelt und gleichmäßig gesteigert werden. Da die Luftwege beim Einspritzmotor viel einfacher sind als beim Vergasermotor, ist auch der Liefergrad beim Einspritzmotor wesentlich besser, zumal durch Fortfall der Drosselung, wie beim Vergasermotor, vor den Ventilen des Einspritzmotors ein hoher Druck herrscht, was gleichbedeutend ist mit gesteigerter Nennleistungshöhe.

(Werkstoffnahmen: JFM.)

(Fortsetzung folgt)

Abb. 35 Anordnung der Einspritzpumpe beim Junkers Jumo 211





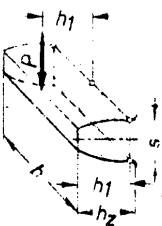


Abb. 130 Zur Berechnung eines Geradzahnes auf Festigkeit

# Lehrgang Zahnräder (Fortsetzung aus Heft 11/1942)

## Berechnung der Zähne auf Festigkeit nach C. Bach

Geradzahnstirnräder. Für die Berechnung werden die Zähne als im Radkranz eingespannte Freitragler angenommen (Abb. 130). Die Belastung erfolgt durch die höchste im Betrieb auftretende Umfangskraft  $P$ , die auf einen Zahn vereinigt und im Kopfkreis angreifend gedacht wird. In Wirklichkeit wird sich die Umfangskraft mehr oder weniger auf so viele Zähne verteilen, als gleichzeitig im Eingriff stehen. Jedoch wird dadurch, daß nur ein Zahn als tragend angenommen wird, die Rechnung sicherer. Es handelt sich hier um eine Bedingung, die darin begründet ist, daß bei Teilungs- und Ausführungsfehlern nicht auf das gleichzeitige Anliegen mehrerer Zähne gerechnet werden darf. Bei Belastung der Geradzähne sind zwei grundsätzliche Belastungsarten zu unterscheiden. Die Wellen der beiden Räder laufen genau parallel; es findet der Eingriff auf der ganzen Breite der Zahnflanke statt. Die Wellen laufen nicht ganz parallel; es findet eine gefährliche Eckbelastung statt. Die Zähne krefen mit den Ecken ein. Bei Annahme einer auf die ganze Breite der Zahnflanke gleichmäßig verteilten vollen Belastung, wobei die Kraft  $P$  (Abb. 130) gleichmäßig auf die äußerste Kante eines Zahnes verteilt wird, gilt nach der Biegezugfestigkeit allgemein:  $M_b = W \cdot \sigma_b$ . Hierin ist  $M_b$  in cmkg das Biegemoment, welches der Rechteckquerschnitt  $b \cdot s$  des Zahnes (Zahnweite mal Fußdicke) erfährt; der Zahn schließt sich mit diesem Querschnitt an den Zahukranz an.  $W$  in  $\text{cm}^3$  ist das aquatoriale Widerstandsmoment dieses Querschnittes, bezogen auf dessen neutrale Achse und  $\sigma_b$  die zulässige Biegebeanspruchung.  $\sigma_b$  ist so zu wählen, daß Flächenpressung, Erwärmung, Abnutzung und gegebenenfalls Stöße ausreichend berücksichtigt sind. Mit den Bezeichnungen der Abbildung wird, wenn  $h_1$  diejenige Zahnhöhe bezeichnet, welche für die Biegung des Zahnes in Frage kommt:  $M_b = P \cdot h_1$  und  $W = \frac{b \cdot s^2}{6}$ . Damit geht die Gleichung „ $M_b = W \cdot \sigma_b$ “

über in:  $P \cdot h_1 = \frac{b \cdot s^2}{6} \cdot \sigma_b$ . Nach  $P$  aufgelöst, ergibt sich:  $P = \frac{b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{6 \cdot h_1}$ . In vorstehender Gleichung für die Zahnstärke an der Wurzel des Zahnes näherungsweise  $s = \frac{t}{2}$  und gleichfalls näherungsweise für  $h_1 = 0,6 \cdot t$  gesetzt:

$$P = \frac{b \cdot \left(\frac{t}{2}\right)^2 \cdot \sigma_b}{6 \cdot 0,6 \cdot t} = \frac{b \cdot t^2 \cdot \sigma_b}{4 \cdot 0,6 \cdot 6 \cdot t} = \frac{1}{14,4} \cdot b \cdot t \cdot \sigma_b = 0,07 \cdot b \cdot t \cdot \sigma_b.$$

Wird weiterhin der Wert  $(0,07 \cdot \sigma_b)$  mit dem Buchstaben  $c$  bezeichnet, worunter die Wertziffer für die Werkstoffbeanspruchung, also der spezifische Zahndruck in  $\text{kg/cm}^2$  zu verstehen ist, so ergibt dies Gleichung (175).

Zahndruck nach C. Bach, Umfangskraft im Teilkreis (Abb. 130)  $P = c \cdot b \cdot t$  (175)

Die Umfangskraft  $P$  in Gl. (175) errechnet sich aus dem größten Drehmoment  $M_d = P \cdot r$  (cmkg). Da nun Drehmoment, Leistung ( $N$  in PS) und Drehzahl ( $n$  in Umdrehungen je Minute) nach Gleichung  $M_d = P \cdot r = 71620 \cdot N$  zusammenhängen, ergibt sich:

Umfangskraft (Abb. 130)  $P = \frac{71620 \cdot N}{r \cdot \pi}$  (176)

Die Gleichung (175), in der also  $c$  eine Wertziffer der zulässigen Werkstoffbeanspruchung (Zahlentafel 11),  $b$  die Zahnweite und  $t$  die Teilung ist, stellt die grundlegende Gleichung bei der Berechnung der Verzahnung eines Zahnrades dar. Die Gleichung ergibt den zu übertragenden Zahndruck  $P$ , jedoch nur unter der Annahme, daß die Zahnstärke am Fuße des Rades gleich  $t$  beträgt.

Der Wert  $c$  hängt vor allem vom Baustoff der herzustellenden Räder ab, da Festigkeit und Abnutzung verschiedener Stoffe verschieden sind; weiterhin ist zu beachten, wie oft und mit welcher Geschwindigkeit die Räder laufen. Ferner von der Güte der Herstellung, insbesondere Zahnflanken und Lagerung davon, wie das Schmiermittel im Betrieb an den arbeitenden Zahnflanken erhalten werden kann, wie sonst die Betriebsverhältnisse sind (ruhiger oder stoßender, absätziger oder lange andauernder Betrieb) und von der gewünschten Lebensdauer der Räder. Allgemein können für die Wertziffer  $c$  bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten für die einzelnen Werkstoffe die Werte der Zahlentafel 11 zugelassen werden.

Zahlentafel 11. Wertziffern der zulässigen Werkstoffbeanspruchung in  $\text{kg/cm}^2$ . ( $c$  beträgt allgemein  $\frac{\sigma_b}{15}$  bis  $\frac{\sigma_b}{10}$ )

Werkstoff	Werte von $c$ in $\text{kg/cm}^2$ für bearbeitete Zähne in Gleichung (175)												
	Umfangsgeschwindigkeiten $v$ in m sek												
	$v=0,25$	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 bis 15
Gußeisen	$c=28$	27	26	23	21	19	18	17	16	14	13	12	11
Stahlguß	$c=56$	54	52	46	42	38	36	34	32	28	26	24	20
St 50.11 - St 60.11	$c=84$	81	78	69	63	57	54	51	48	42	39	36	30
Bronze (Phosphorbronze)	$c=48$	46	44	39	36	32	31	29	27	24	22	20	17
Rotguß	$c=36$	35	34	30	27	25	23	22	21	18	17	16	13
Nickelstahl, ungehärtet	$c=168$	162	156	138	126	114	108	102	96	84	78	72	60
Chromnickelstahl (Räder in Öl gehärtet)	$c=224$	216	208	184	168	152	144	136	128	112	104	96	80
Deltametall	$c=73$	70	68	60	55	49	47	44	42	36	34	31	26
Rohhaut (Buchenholz)	$c=17$	16	16	14	13	11	11	10	10	8	8	7	6

Die  $c$ -Werte für Kunstharzpreßstoffe (Bakelit, Ferrozell, Novotext, Turbax usw.) liegen etwas höher als für Rohhaut und sind stark abhängig von der Zahn- geschwindigkeit. Sie werden am besten den Prospekten der Lieferfirmen entnommen.

Die Umfangsgeschwindigkeit  $v$  ist abhängig vom Werkstoff, der Konstruktion des Rades und der Größe des Zahndruckes. Die zulässige höchste Umfangsgeschwindigkeit wird meist noch durch das auftretende Geräusch begrenzt. Obere Werte für die Umfangsgeschwindigkeit sind:

- Geossene Räder mit geschnittenen Zähnen  $v = 2,5$  bis  $5$  m/s
- Stahlgußräder in Ölbad  $v = 5$  bis  $10$  m/s
- Pfeilzahnräder aus Chromnickelstahl in Ölbad  $v = 10$  bis  $30$  m/s.

Wird in Gleichung (175) die Zahnweite  $b$  durch den Zahnbreitenfaktor  $\psi$ , ausgedrückt in Teilungseinheiten ( $b = \psi \cdot t$ ) angegeben, so erhält man aus  $P = c \cdot \psi \cdot t$  die neue Gleichung (177).

Zahndruck (Umfangskraft im Teilkreis)  $P = c \cdot \psi \cdot t$  (177)

$\psi$  ist dabei nichts anderes als das Breitenverhältnis  $b:t$ ; also  $\psi = \frac{b}{t}$ . Für den Fall, daß keine ausgesprochene Gefahr des Eckbruches besteht, kann gewählt werden:

- $\psi = 2$  für unbearbeitete Zähne,
- $\psi = 3$  für bearbeitete Zähne (als Normalzahnrad wird oft mit  $b = 10 \cdot m$  gerechnet, was dem Wert  $\psi = 3,18$  entspricht),
- $\psi = 4$  bei Stirnrädern mit Pfeilzähnen wegen der günstigen Eingriffsverhältnisse,
- $\psi = 5$  bei Stirnrädern mit Doppelpfeilzähnen.

Aus Gleichung (177) kann die Teilung  $t$  berechnet werden; die Auflösung nach  $t$  ergibt:

Teilung (cm) aus Zahndruck (Umfangskraft)  $t = \sqrt{\frac{P}{\psi \cdot c}}$  (178)

Gewöhnlich ist jedoch nicht die Umfangskraft  $P$  gegeben, sondern das zu übertragende Drehmoment  $M_d$ . Mit  $M_d = P \cdot r_0 = \frac{P \cdot d_0}{2} = \frac{P \cdot z \cdot m}{2} = \frac{P \cdot z \cdot t}{2 \cdot \pi}$  erhält man zunächst:  $M_d = \frac{P \cdot z \cdot t}{2 \cdot \pi}$ . Die Auflösung dieser Gleichung nach  $P$  ergibt:  $P = \frac{2 \cdot \pi}{z \cdot t} \cdot M_d$ . Durch Gleichsetzung dieser Gleichung und der Gleichung (177) folgt:  $c \cdot \psi \cdot t^2 = \frac{2 \cdot \pi}{z \cdot t} \cdot M_d$  oder  $t^3 = \frac{2 \cdot \pi}{c \cdot \psi \cdot z} \cdot M_d$  und weiterhin:

Teilung (cm) aus Drehmoment  $t = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \pi}{c \cdot \psi \cdot z} \cdot M_d}$  (179)

Das Drehmoment  $M_d$  ist in cmkg einzusetzen, da die Wertziffer  $c$  in  $\text{kg/cm}^2$  und die Teilung  $t$  in cm benutzt wird. Wird das Drehmoment  $M_d$  durch die übertragbare Leistung in PS ausgedrückt, so lautet diese Gleichung  $M_d = \frac{60 \cdot 100 \cdot 75 \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot n}$ ; dieser Wert muß nun gleich sein dem Wert  $M_d = \frac{c \cdot \psi \cdot z \cdot t^3}{2 \cdot \pi}$  aus Gleichung (179) und man erhält:  $\frac{c \cdot \psi \cdot z \cdot t^3}{2 \cdot \pi} = \frac{60 \cdot 100 \cdot 75 \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot n}$

Diese letzte Gleichung Teilung (cm) aus PS-Leistung nach  $t$  aufgelöst ergibt:  $t = 10 \sqrt[3]{\frac{450}{c \cdot \psi \cdot z} \cdot \frac{N}{n}}$  (180)

Beispiel 109. In einem Werkzeugmaschinenantrieb haben Geradzahnstirnräder aus ungehärtetem Nickelstahl mit  $z_1 = 22$  und  $z_2 = 40$  Zähnen bei  $1440$  U/min der Antriebswelle ein Drehmoment von  $745$  cmkg zu übertragen. Dem Werkstoff entsprechend kann  $c = 120$   $\text{kg/cm}^2$  noch als zulässig gelten. Für die Zahnweite werde  $b = 3 \cdot t$  gewählt. Nach welchem Modul ist das Räderpaar zu fertigen?

Lösung: Mit  $M_d = 745$  cmkg,  $c = 120$   $\text{kg/cm}^2$ ,  $\psi = \frac{b}{t} = 3$  und  $z = 22$  ergibt Gleichung (179):  $t = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \pi}{c \cdot \psi \cdot z} \cdot M_d} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \pi}{120 \cdot 3 \cdot 22} \cdot 745} = \sqrt[3]{0,592} = 0,84$  cm. Diese Teilung wird auf die nächstliegende Modulzahl aufgerundet. Gewählt werde Modul  $m = 3$  mm ( $t = 3 \cdot \pi = 9,42$  mm).

Beispiel 110. Durch Wahl eines größeren Moduls in Beispiel 109 ändert sich Festigkeitsziffer  $c$ ; wie groß wird  $c$ ?

Lösung: Zum Zwecke der Prüfung von  $c$  löst man Gleichung (179) nach  $c$  auf und erhält:

Nachprüfung der Wertziffer  $c$   $c = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_d}{t^3 \cdot \psi \cdot z}$  (181)

Mit  $M_d = 745$  cmkg,  $t = 0,42$  mm =  $0,042$  cm,  $b = 3 \cdot t = 3 \cdot 0,42 = 28,26 \approx 28$  mm =  $2,8$  cm und  $z = 22$  ergibt Gleichung (181):  $c = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_d}{t^3 \cdot \psi \cdot z} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 745}{0,042^3 \cdot 2,8 \cdot 22} = 85$   $\text{kg/cm}^2$ .

Dem Teilkreisdurchmesser  $d_0 = z_1 \cdot m = 22 \cdot 3 = 66$  mm entspricht bei  $n = 1440$  U/min eine Umfangsgeschwindigkeit von  $v = \frac{d_0 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0,066 \cdot \pi \cdot 1440}{60} = 4,96 \approx 5$  m/s.

Nach Zahlentafel 11 ist bei  $v = 5$  m/s für ungehärteten Nickelstahl eine Werkstoffbeanspruchung von  $c = 108$   $\text{kg/cm}^2$  zulässig. (Fortsetzung folgt)

**Du glaubst, die Lampe sei zu schwach? Ein Putztuch reibt sie wieder wach!**

# Der Einankerumformer

Unter den verschiedenen rotierenden Umformertypen zur Umwandlung elektrischer Energie nimmt der Einankerumformer zufolge seines einfachen und billigen Aufbaues eine besondere Stellung ein. Wie schon der Name ausdrückt, geschieht die Umformung beim Einankerumformer in einem Anker, also einer einzigen Maschine. Dadurch entfällt die beim Motor-Generator notwendige mechanische Leistungsübertragung, die naturgemäß Reibungs- und elektrische Verluste mit sich bringt. Im Aufbau unterscheidet sich der Einankerumformer für einphasigen Wechselstrom von einer einfachen Gleichstrom-Nebenschlußmaschine lediglich dadurch, daß neben dem Kommutator noch zwei Schleifringe angebracht sind, die mit je einer diametral gegenüberliegenden Kommutatorlamelle verbunden sind (Abb. 1). Wird den Klemmen  $K_1$  Gleichstrom zugeführt, dann kann den Schleifringbürsten (Klemmen  $K_2$ ) Wechselstrom entnommen werden.

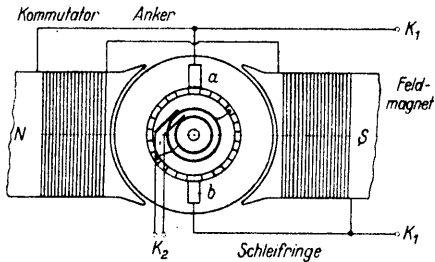


Abb. 1

Die genaue Erklärung wurde zu weit führen, als daß sie hier behandelt werden könnte. Beim Anlegen der Gleichspannung an  $K_1$  läuft die Maschine wie ein normaler Gleichstrom-Nebenschlußmotor. Um den Spannungsverlauf an den Schleifringen verfolgen zu können, müssen wir uns vor Augen halten, daß die Ankerwicklung vom Standpunkt des rein Ohmschen Widerstandes aus betrachtet einen zu einem Kreis geschlossenen Leiter darstellt, an dessen Umfang die Motorbürsten schleifen. Wenn auch in Wirklichkeit nicht jede einzelne Ankerwindung zu einem eigenen Kommutatorsegment geführt ist, so können wir die erwähnte Vorstellung doch beibehalten. Wir kommen so zu der in Abb. 2 gezeigten Darstellung, wo die Bürsten a-b nicht an einem Kommutator schleifen, sondern unmittelbar auf den Ankerwindungen, wie dies bei den ersten „Dynamomaschinen“ ja auch tatsächlich der Fall war. Da die Schleifringe an zwei gegenüberliegenden Stellen mit der Ankerwicklung verbunden sind (bei A und B), erhalten sie die volle Spannung, wenn der Anker gerade die in Abb. 2, Fig. 1 gezeichnete Stellung einnimmt. Dreht sich nun

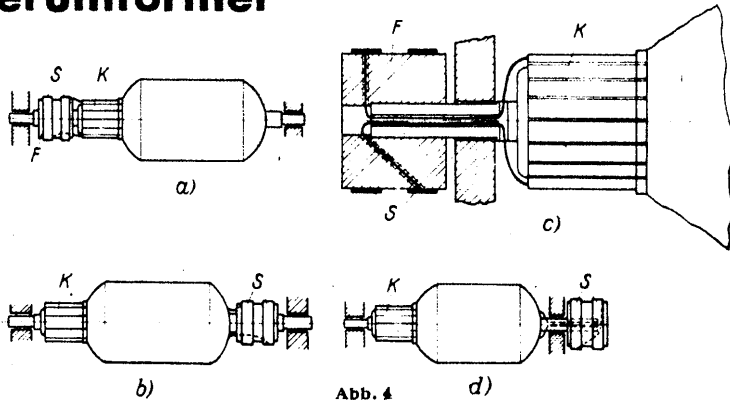


Abb. 4

weiter die Bürsten am Kommutator immer nur solche Kommutatorsegmente berühren, in deren zugehörigen Windungen Ströme gleicher Richtung fließen, wird der parallel geschalteten Feldwicklung Gleichspannung zugeführt. Der Anker läuft daher mit gleichbleibender Geschwindigkeit als Synchronmotor weiter, und den Kommutatorbürsten kann nunmehr Gleichstrom entnommen werden. In der gleichen Weise läßt sich Drehstrom in Gleichstrom umwandeln, wenn man die Verhältnisse in Abb. 3 umkehrt.

So wie bei der Gleichstrom-Wechselstrom-Umformung steht natürlich auch im umgekehrten Fall die erzielte Gleichspannung in einem bestimmten unabänderlichen Verhältnis zum Wechselstrom. Um z. B. 220 V Gleichstrom zu erhalten, muß den Schleifringen einphasiger Wechselstrom von 156 V oder Drehstrom von 135 V zugeführt werden. Da sich Wechselstrom in einem Transformator auf jede gewünschte Spannung unspannen läßt, macht es keinerlei Schwierigkeiten, auf jede beliebige Gleichstromspannung umzuformen.

Für das Anlassen des Umformers auf die synchrone Drehzahl bei Wechselstrom-Gleichstrom-Umformung gibt es mehrere Möglichkeiten. Wird der Umformer wie etwa bei den E-Verken bereits Gleichstrom führenden Sammelschienen zugeschaltet, dann läßt man ihn von der Gleichstromseite her wie einen gewöhnlichen Gleichstrommotor auflaufen und schaltet bei Erreichung der synchronen Drehzahl den Wechselstrom an die Schleifringe, oder man verwendet einen eigenen, auf der Ankerwelle sitzenden Anwurfmotor (Asynchronmotor), der nach Erreichung der synchronen Drehzahl abgeschaltet wird. Schließlich kann man den Umformer auch von der Gleichstromseite her mit Wechselstrom anlassen, wenn der Feldmagnet aus Blechen aufgebaut ist und für die Anlaufzeit Anker und Feld in Serie geschaltet werden.

Der Wirkungsgrad des Einankerumformers ist sehr hoch und beträgt je nach Größe bis zu 95 vH. Da die abgegebenen Ströme nicht dauernd durch die ganze Ankerwicklung fließen, bleibt die Stromwärme in der Ankerwicklung niedriger als bei einem gleich großen und gleichbelasteten Gleichstrommotor. Daraus ergibt sich, daß ein Umformer für Drehstrom 1,34mal, für Vierphasenstrom 1,64mal und für Sechphasenstrom sogar 1,96mal so stark belastet werden kann als bei Gleichstrom allein. Eine Ausnahme bildet nur der Einankerumformer für einphasigen Wechselstrom. Dieser darf nur mit 0,85 vH jener Leistung belastet werden, die der Motor als Gleichstrommaschine aufnehmen kann, wenn die Stromwärme in der Ankerwicklung nicht größer werden soll.

Wie schon erwähnt, unterscheidet sich der Einankerumformer äußerlich von einem Gleichstrom-Nebenschlußmotor lediglich durch die zusätzlichen Schleifringe und Schleifbürsten. Die Schleifringe S (Abb. 4) aus Hartkupfer sind auf einem zylindrischen Fülkörper F befestigt, der entweder zwischen den Lagern (Abb. 4, Fig. a-b) oder außerhalb der Lager (Fig. c-d) auf der Ankerwelle sitzt. In Fig. a sitzen die Schleifringe neben dem Kommutator K, die Zuleitungen können daher an den Kommutatorsegmenten befestigt werden. In Fig. b sitzen die Schleifringe an der anderen Seite des Ankers, weshalb die Anschlüsse zu den Schleifringen durch Anzapfungen der Ankerwicklung hergestellt werden müssen. Falls die Schleifringe außerhalb der Lager angebracht werden, muß die Ankerwelle für die Zuleitungen durchbohrt werden (Fig. c-d). Da die Welle mechanisch nicht belastet wird, hat diese Schwächung keine Bedeutung.

Da die nachträgliche Anbringung solcher Schleifringe und Bürsten an jeder Gleichstrom-Nebenschlußmaschine unsicher durchzuführen ist, kann der Umbau einer solchen Maschine in einen Einankerumformer leicht vorgenommen werden. Er erspart die Anschaffung eines eigenen Motorgenerators und bietet besonders kleinen Betrieben und Laboratorien oft ein gutes Aushilfsmittel, wenn nur gelegentlich eine Stromwandlung benötigt wird. Dies gilt ganz besonders für die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom zu radiotechnischen Zwecken, wo hohe Spannungen, wie in der Verstärker- und Sendetechnik, für Schweißzwecke (elektrische Punktschweißung), medizinische Zwecke (Galvanoakustik, Diathermie) u. a. m., benötigt werden. Aber auch für die Akkumulatorenladung aus dem Gleichstromnetz ist der Einankerumformer trotz der benötigten Gleichrichtung des abgegebenen Wechselstromes noch wirtschaftlich, wie folgendes Beispiel zeigt.

Aus einem Gleichstromnetz von 220 V seien beispielsweise 20 Akkumulatorenzellen mit einer Ladestromstärke von 5 A zu laden. Bei Hintereinanderschaltung der Zellen ergibt sich eine notwendige maximale Ladespannung von rund 58 V bei 5 A Stromstärke. Die den Zellen zugeführte Leistung beträgt demnach 275 Watt, während der gesamte für diese Leistung dem Netz entnommene Verbrauch ( $5 \times 220$ ) = 1100 Watt ausmacht. In dem notwendigen Vorwiderstand von 33 Ohm werden somit 825 Watt in Form von Stromwärme nutzlos verbraucht. Bei Verwendung eines Einankerumformers mit nachfolgender Umspannung (158/55 V) und Gleichrichtung durch beispielsweise einen Quecksilberdampfgleichrichter ergeben sich dagegen folgende Verhältnisse: Die Verluste im Einankerumformer betragen bei einer Maschine für etwa 500 Watt 20 vH, im Umspanner und Gleichrichter zusammen etwa 35 vH. Demnach muß der Umformer rund 530 Watt aufnehmen, damit der Gleichrichter 275 Watt abgeben kann. Gegenüber der direkten Ladung aus dem Gleichstromnetz bedeutet dies also immer noch eine Ersparnis an Stromkosten von mehr als 50 vH. Dieses Verhältnis wird naturgemäß um so günstiger, je kleiner die Zahl der zu ladenden Zellen ist.

Zum Abschluß noch etwas über die Regelung der Drehzahl bei der Gleichstrom-Wechselstrom-Umformung. Wie schon erwähnt, muß die Drehzahl des Ankers 3000 U/min betragen, wenn man 50periodischen Wechselstrom erhalten will. Da die Drehzahl des Umformers bei induktiver Belastung steigt (mfolge der damit verbundenen Phasenverschiebung), soll die Leerlaufdrehzahl höchstens 2500 U/min betragen. Mit Hilfe eines Nebenschlußreglers kann dann in jedem Fall die verlangte Drehzahl von 3000 U/min eingestellt werden. Dieser Nebenschlußwiderstand muß natürlich sehr feinstufig regelbar sein und wird wie bei jeder Nebenschlußmaschine mit der Feldwicklung in Serie geschaltet.

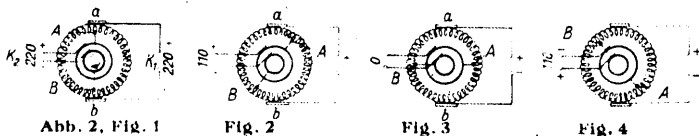


Abb. 2, Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

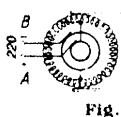


Abb. 5

der Anker in der Pfeilrichtung weiter, dann gelangen die Punkte A-B in die in Fig. 2 gezeichnete Lage. Um jetzt die Spannung an den Punkten A-B zu bestimmen, müssen wir uns vor Augen halten, daß der Gleichstrom die Ankerwicklung sowohl rechts als auch links von a nach b durchfließt. Die Wicklung bildet zwei Strompfade, über die sich die Gleichspannung gleichmäßig verteilt. Da sich nun sowohl A von a als auch B von b gleich weit entfernt haben, muß die Spannung an den Punkten A-B proportional den Widerständen gefallen sein, die die Wicklungsteile zwischen A und a sowie B und b darstellen. Es sei nun angenommen, daß die Spannung an  $K_2$  jetzt nur noch 110 V beträgt. Dreht sich der Anker weiter in die in Fig. 3 festgehaltene Lage, dann muß die Spannung an den Schleifringen (Klemmen  $K_2$ ) Null geworden sein. Denn bei dieser Ankerstellung liegen die Schleifringe genau an der Mitte der beiden Strompfade, wo naturgemäß kein Spannungsunterschied herrschen kann. Dreht sich der Anker weiter in die Stellung Fig. 4, dann beginnt zwischen den Punkten A-B die Spannung wieder zu wachsen, allerdings mit umgekehrten Vorzeichen. Denn nun nähert sich B der positiven Bürste, A der negativen, weshalb auch der Strom zwischen den Klemmen  $K_2$  gegenüber Fig. 2 entgegengesetzte Richtung haben muß. In Fig. 5, also nach 180gradiger Ankerdrehung, ist die Spannung an  $K_2$  wieder auf das Maximum gestiegen, da nunmehr die Punkte A-B wieder mit a-b zusammenfallen. Es ist klar, daß bei weiterer Ankerdrehung um 180 Grad die Spannung an  $K_2$  wieder auf 0 sinken und mit verkehrten Vorzeichen wieder auf das Maximum (Fig. 1) ansteigen wird.

Bei einer Ankerdrehung um 360 Grad wechselt der den Schleifringen entnommene Strom also zweimal seine Richtung, seine Spannung durchläuft zweimal ein Minimum (0) und Maximum. Von der Drehzahl des Ankers hängt demnach die Periodenzahl des entnommenen Wechselstromes ab. Soll sie wie üblich 50 betragen, dann muß der Anker bei zweipoliger Ausführung 50 Umdrehungen in der Sekunde bzw. 3000 in der Minute machen (bei vierpoliger Ausführung z. B. nur halb so viel). Die Maximalspannung des den Klemmen  $K_2$  entnommenen Wechselstromes war nach unserem Beispiel 220 V. Da die Effektivspannung (wirksamer Mittelwert) nur das  $0,5 \sqrt{2}$ -fache = 0,71fache seiner Maximalspannung beträgt, gibt unser Umformer nur  $0,71 \cdot 220$  = rund 156 Volt ab.

Ebenso einfach ist die Umformung von Gleichstrom in Drehstrom mit Hilfe des Einankerumformers. In diesem Fall sind drei Schleifringe anzubringen, die gemäß Abb. 3 mit drei gleich weit voneinander entfernten Kommutatorlamellen verbunden sind. Die Spannung des abgegebenen Drehstromes beträgt das  $0,25 \sqrt{3}$ -fache = 0,61fache der zugeführten Gleichspannung, bei 220 Volt primär also 135 Volt. In gleicher Weise kann mit Hilfe von vier bzw. sechs Schleifringen vier- bzw. sechphasiger Wechselstrom entnommen werden. — Der Einankerumformer ermöglicht aber nicht nur die Umformung von Gleichstrom in Wechselstrom, sondern auch umgekehrt von Wechselstrom in Gleichstrom. Nehmen wir an, ein solcher Umformer für einphasigen Wechselstrom (zwei Schleifringe) werde mit Gleichstrom gespeist und auf einer Drehzahl von 50 pro Sekunde gehalten. Der den Schleifringen entnommene Wechselstrom hat dann also 50 Perioden, wie wir gehört haben. Dieser Wechselstrom ist nach dem oben Gesagten ein Teil jener Gleichströme, die den einzelnen Ankerwicklungen jeweils über den Kommutator zugeführt werden. Wenn wir daher plötzlich den Schleifringen einen 50periodischen Wechselstrom gleicher Spannung zuführen und die Gleichstromzufuhr am Kommutator unterbrechen, dann müssen die einzelnen Wicklungsteile des Ankers im gleichen Sinne vom Strom durchflossen werden wie vorher. Da

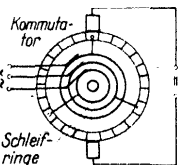
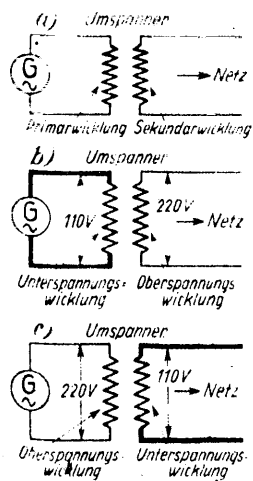


Abb. 3

# Grundlagen der Elektrotechnik (Fortsetzung aus Heft 12, 1942)



**Umspanner (Transformatoren)**  
Der Leser ist aus vorausgegangenen Abhandlungen über das Wesen der Umspanner, die vielfach noch „Transformatoren“ genannt werden, unterrichtet. Das Wichtigste soll hier wiederholt werden.

### a) Allgemeines

Umspanner haben die Aufgabe, zugeführte Spannungen herauf- oder herabzusetzen. Entsprechend unterscheidet man zwischen „Oberspannungswicklung“ und „Unterspannungswicklung“. Daneben findet man die Bezeichnungen „Primärwicklung“ und „Sekundärwicklung“; erstere ist die die elektrische Leistung empfangende, letztere die die elektrische Leistung abgebende Wicklung (Abb. 205). Ein Umspanner kann sowohl mehrere Primär-, als auch mehrere Sekundärwicklungen haben (Abb. 206).

Unter „Anzapfungen“ versteht man Anschlüsse an die Wicklungen, welche die Benutzung einer geringeren Windungszahl als der vollen gestatten (Abb. 207).

Auf den Abbildungen 205—207 ist immer das gleiche Schaltzeichen für Umspanner benutzt worden: zwei nebeneinanderliegende Zickzacklinien. Jede der Zickzacklinien entspricht einer Wicklung (Abb. 208a). Statt der Zickzacklinie kann auch für jede Wicklung ein starker Strich als Symbol benutzt werden (Abb. 208b), so daß sich die beiden Darstellungsmöglichkeiten auf Abb. 209a und b für Umspanner mit zwei Wicklungen ergeben; das entsprechende Schaltkurzzeichen ist auf Abb. 209c angegeben: zwei ineinandergreifende Kreise.

Die Schaltzeichen für Umspanner mit drei getrennten Wicklungen sind auf Abb. 210 nebeneinandergestellt (210c = Schaltkurzzeichen).

Neben oder in die Schaltzeichen, die sowohl senkrecht als auch waagrecht gestellt werden können, setzt man häufig Zahlen und Buchstaben; diese haben ihre bestimmte Bedeutung: bei dem Umspanner der Abbildung 211 z. B. sagt die links seitlich stehende Zahl aus, daß es sich um einen Umspanner für 1000 kVA handelt; die Zahl zwischen den Wicklungen gibt die Frequenz an: 16 2/3 Hz. Die Zahlen rechts oben und unten an den Wicklungen senden sagen aus, daß der Umspanner für eine Spannung von 6000 V auf der einen Seite und für eine solche von 400 V auf der anderen Seite bestimmt ist. Das Schaltkurzzeichen kann sowohl „mehrpolig“ als auch „einpölig“ in Zeichnungen eingetragen werden. Die mehrpolige Darstellungsweise (Abb. 211c) ist ohne weiteres verständlich; zu der einpoligen nach Abb. 211d ist nur zu sagen, daß man hier die zuführenden oder abgehenden Leitungen nicht alle hinzeichnet, sondern nur eine Leitung angibt, die mit so vielen Querstrichen versehen wird, als praktisch Leitungen vorhanden sind (siehe dazu auch Abb. 212c und d).

Ein Drehstrom-Umspanner kann auf die verschiedenste Weise geschaltet sein; später wird im einzelnen auf die Schaltmöglichkeiten näher eingegangen. Auf Abb. 212 ist ein Drehstrom-Umspanner beispielhaft angegeben. Er ist auf der Oberspannungsseite im Stern, auf der Unterspannungsseite im Dreieck geschaltet. Die Zahl links gibt wieder den kVA-Wert an: 6400 kVA; die Zahl in der Mitte bezeichnet die Frequenz: 50 Hz; die Zahlen rechts oben und rechts unten sagen über die Spannungen aus: 60 bzw. 15 kV (Kilovolt) also 60 000 bzw. 15 000 Volt. Rechts, in der Mitte des Schaltzeichens, weist das „C<sub>2</sub>“ auf die zugehörige Schaltgruppe hin (Erläuterungen später). Daß der Sternpunkt der Oberspannungsseite herausgeführt ist, geht aus den Schaltzeichen Abb. 212a und b deutlich hervor; in den Schaltzeichen Abb. 212c und d weist man auf diese Tatsache dadurch hin, daß man das Sternzeichen im Kreis derart verändert, daß man den kleinen senkrechten

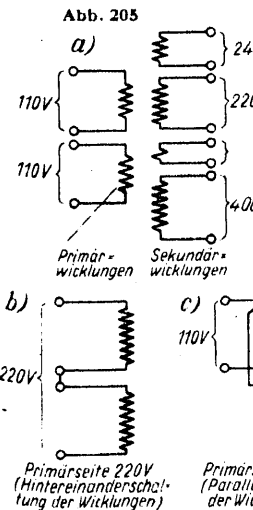


Abb. 205

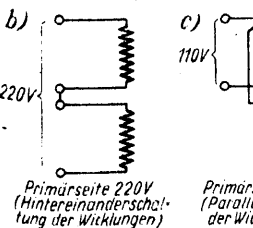


Abb. 206

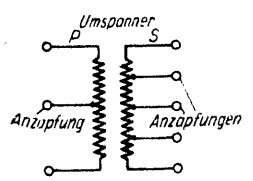


Abb. 207 Erläuterung des Begriffes „Anzapfung“

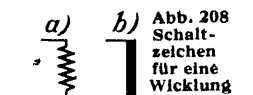


Abb. 208 Schaltzeichen für eine Wicklung

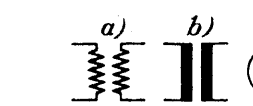


Abb. 209 Schaltzeichen für Einphasenumspanner

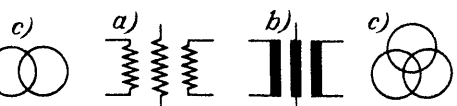


Abb. 210 Schaltzeichen für Dreiphasenumspanner (getrennte Wicklungen)

Strich nach oben hin über den Verbindungspunkt der drei Striche verlängert.

**Nennbetrieb** heißt der Betrieb des Umspanners, mit der Primärspannung, der Frequenz, den Strömen und der Betriebsart, die auf dem Leistungsschild angegeben sind.

**Nennleistung** des Umspanners ist die auf dem Leistungsschild angegebene scheinbare Leistung in kVA oder VA.

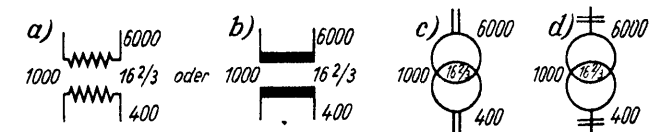


Abb. 211 Schaltzeichen für Einphasenumspanner mit näheren Bezeichnungen

Abb. 212 (rechts) Schaltzeichen für einen Drehstromumschaner (Stern-Dreieck)

**Übersetzung** ist das Verhältnis von Oberspannung zu Unterspannung bei Leerlauf. Sie ist unter Berücksichtigung der Schaltart gleich dem Verhältnis der Windungszahlen.

Das Übersetzungsverhältnis wird mit „ü“ bezeichnet. Es gilt folgende Gleichung:

$$ü = \frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

(U<sub>1</sub> = Unterspannung, U<sub>2</sub> = Oberspannung, w<sub>2</sub> = Windungszahl der Oberspannungswicklung, w<sub>1</sub> = Windungszahl der Unterspannungswicklung). Bei Belastung tritt infolge der elektrischen Verluste ein Spannungsabfall in der Ausgangswicklung (Sekundärwicklung) auf. Der Umspanner muß also für eine um den Betrag des Spannungsabfalls über der Nennspannung (siehe weiter unten) liegende Ausgangsspannung (Sekundärspannung) „ausgelegt“ werden.

**Spannung** ist bei Drehstrom immer die verkettete Spannung zwischen zwei Leitern einer Phase.

**Nenn-Sekundärspannung** ist die aus der primären Nennspannung und der Übersetzung berechnete Spannung.

**Nennstrom** ist der aus der Nennleistung und der Nennspannung berechnete Strom. Primärstrom und Sekundärstrom stehen in umgekehrtem Verhältnis zu Primärspannung und Sekundärspannung.

**Kurzschlußspannung** ist die Spannung, die bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung an die Primärwicklung angelegt werden muß, damit sie den Nenn-Primärstrom aufnimmt.

**Kurzschlußstrom** ist der Primärstrom, der aufgenommen würde, wenn bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung die Nennspannung an die Primärwicklung angelegt würde.

Sieht man von den Verlusten im Umspanner ab, so gilt: Primärleistung = Sekundärleistung.

Wenn aber die Sekundärspannung z. B. viermal so groß ist wie die Primärspannung, dann kann die Sekundärstromstärke nur ein Viertel der Primärstromstärke sein, damit Sekundärleistung und Primärleistung gleich groß sind. Das zur Erläuterung des vorher Gesagten in bezug auf das Verhältnis der Stromstärken zu den Spannungen.

Auf der Seite der kleineren Spannung fließt die größere Stromstärke und auf der Seite der größeren Spannung die kleinere Stromstärke.

### b) Anwendungsgebiete von Umspannern

Will man elektrische Energie auf größere Entfernung verschicken, so setzt man Umspanner an der Erzeugerseite und an der Verbraucherseite ein. Man spannt von verhältnismäßig niedrigen Spannungen (und großen Stromstärken) auf hohen Spannungen (und kleine Stromstärken) um. Dadurch wird es möglich, zur Fortleitung des Stromes mit kleinen Leitungsquerschnitten auf den „Transportwegen“ auszukommen. An der Verbrauchsstelle „transformiert“ man herab auf normale niedrige Spannungen. Für mittlere Werke, welche die elektrische Energie im Umkreis von 10 bis 20 Kilometer verteilen, reicht im allgemeinen eine Betriebsspannung von 6000 Volt aus, um annehmbare Leitungsquerschnitte zu erhalten. Die genannte Spannung kann von den Generatoren unmittelbar erzeugt werden. Soll dagegen die Elektrizität auf Entfernungen von mehr als 20 bis 100 Kilometer und darüber fortgeleitet werden, dann ist man, um wirtschaftliche Leitungsquerschnitte zu erhalten, gezwungen, noch höhere Spannungen anzuwenden, z. B. 30 000 Volt oder 60 000 Volt oder auch 100 000 Volt (100 kV). Es gibt sogar Anlagen mit 1 000 000 Volt (oder 1000 kV).

Die Spannungswerte sind gerundet, und zwar sind für Drehstrom-Niederspannung folgende Einheitsspannungen vorgesehen: 125, 220, 380, 500 Volt. (Den fettgedruckten Werten ist bei Neuanlagen stets der Vorzug zu geben.)

Für Drehstrom-Mittel- und Hochspannung (Mittelspannung bis 20 kV) gelten die hier folgenden Einheitswerte: 1, 3, 6, 10, 20, 30, 45, 60, 80 und 100 kV.

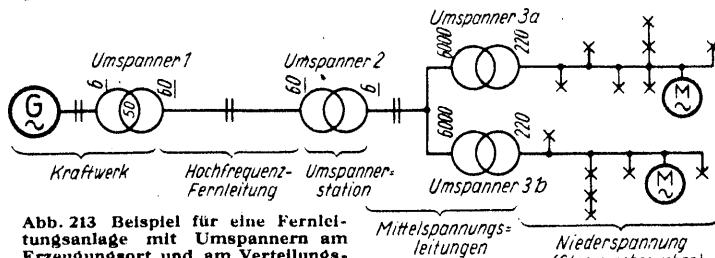
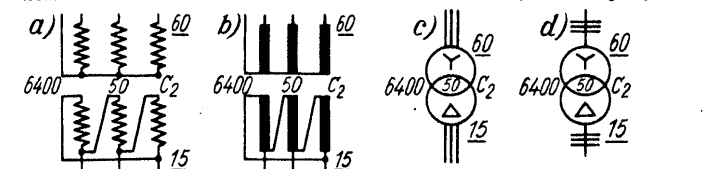


Abb. 213 Beispiel für eine Fernleitungsanlage mit Umspannern am Erzeugungsort und am Verteilungszentrum

Bei elektrischen Kraftübertragungen arbeitet man gegenwärtig, wenn größere Entfernungen überbrückt werden sollen, häufig mit einer Phasenspannung von 220 000 Volt, was einer verketteten Spannung von 380 000 Volt entspricht, während die Stromerzeuger als höchste Werte Spannungen bis zu etwa 15 000 Volt liefern. Die Energieübertragung innerhalb der einzelnen Versorgungsgebiete erfolgt mit Mittelspannungen bis herab zu einigen tausend Volt, während den kleineren Verbrauchern in Handwerk, Industrie und Haushalt die Energie über weitere Umspanner mit Spannungen von 220/380 Volt zugeführt wird. Bei größeren Motoren verwendet man höhere Spannungen, während man in kleineren Anlagen durchweg die erwähnten niedrigen Spannungen benutzt. Dazu ein Beispiel:

Wenn der Generator in einem Kraftwerk 6000 Volt und 100 Ampere liefert, die der Primärseite eines Umspanners zugeführt werden, dann ergibt sich auf der Sekundärseite z. B. eine Spannung v. 60 000 Volt bei einer Stromstärke v. 10 Ampere. Am Ende der Fernleitung, also am Verbrauchsort, läßt sich nun die Spannung von 60 000 Volt nicht gut durch nur einen Transformator auf die normale Lampenspannung von 110 oder 220 Volt herabsetzen. Man nimmt deshalb zunächst eine Spannungsumsetzung von 60 000 Volt auf 6000 Volt vor und setzt diese Spannung innerhalb des Ortes durch einen weiteren Umspanner auf die normale Lampenspannung herab (Abb. 213). Bei der Anlage war Einphasen-Wechselstrom angenommen worden. Ganz ähnlich kann man natürlich bei Drehstrom verfahren.

(Fortsetzung folgt)



# BASTELN - BAUEN - BELEHRUNG

## Anleitung zum Bau einer Kesselanlage für die im Oktoberheft 1942 erschienene Schiffsdampfmaschine

(siehe auch 4. Umschlagseite)

Stückliste

Stück	Benennung	Teil	Abmessung	Werkstoff	Bemerkung
1	Grundplatte	1	20 × 370 × 600 lg.	Hartholz	
	<b>Dampfkessel</b>				
	bestehend aus:				
1	Mantel	2	Bl. 1 × 245 × 320 lg.	Stahlblech	} geschweißt
2	Boden	3	Bl. 1 × 115 □	"	
1	Dom	4	50 Ø × 40 lg.	St 42.12	
2	Gewindestutzen	5	12 Ø × 15 lg.	St 42.12	
1	"	6	10 Ø × 17 lg.	St 42.12	
1	"	7	10 Ø × 12 lg.	St 42.12	
1	"	8	10 Ø × 23 lg.	St 42.12	
2	Flansch	9	18 Ø × 21 lg.	St 42.12	
1	"	10	18 Ø × 23 lg.	St 42.12	
2	Bügel	11	Bl. 1 × 10 × 200 lg.	Stahlblech	
2	"	12	Bl. 1 × 10 × 230 lg.	Asbest	
2	Rahmen	13	10 × 2 × 490 lg.	St 37.12	
div.	Strahl-Schutz	14	1,5 ca. 0,17 m <sup>2</sup> lg.	Asbest	
div.	Verkleidung	15	Bl. 0,3 ca. 0,17 m <sup>2</sup>	Weißblech	(Konservenbüchsenblech)
1	Deckel	16	50 Ø × 12 lg.	St Az	
12	Zylinderschraube	17	M 3 × 8 DIN 84	St Az	
10	"	18	M 3 × 5 DIN 84	St Az	
8	"	19	M 3 × 7 DIN 84	St Az	
8	Mutter	20	M 3 DIN 934	St Az	
4	Holzschraube	21	4 DIN 96	St Az	
1	<b>Sicherheitsventil</b>	22			
	bestehend aus:				
1	Ventilkörper	23	26 Ø × 14 lg.	Messing	
1	Ventilkegel	24	8 Ø × 14 lg.	"	
1	Ständer	25	5 □ × 15 lg.	St 37.12	dunkelbraun lackieren
1	"	26	5 □ × 22 lg.	St 37.12	" "
1	Hebel	27	Bl. 2,5 × 15 × 75 lg.	Stahlblech	" "
1	Bügel	28	3,5 □ × 15 lg.	St 42.12	schwarz lackieren
1	Gewicht	29	25 Ø × 12 lg.	St Az	" "
2	Stift	30	3,5 Ø × 6 lg.	St Az	" "
1	<b>Rückschlagventil</b>	31			
	bestehend aus:				
1	Ventilkörper	32	22 □ × 18 lg.	Messing	
1	Kegel	33	6 Ø × 10 lg.	"	
1	Schraube	34	12 Ø × 17 lg.	"	
1	Scheibe	35	12 Ø × 8 Ø × 1	Klingirit	
1	<b>Steuventil</b>	36			
	bestehend aus:				
1	Ventilkörper	37	27 □ × 19 lg.	Messing	
1	Deckel	38	30 × 15 × 20 lg.	"	
1	Spindel	39	7 Ø × 57 lg.	"	
1	Stoppbüchse	40	22 Ø × 11 lg.	"	
2	Säule	41	3,5 Ø × 24 lg.	"	
1	Führungsstück	42	10 × 3 × 22 lg.	"	
1	Handrad	43	20 Ø × 5 lg.	"	
1	Scheibe	44	12 Ø × 7 Ø × 1	Klingirit	
2	Zylinderschraube	45	M 3 × 8 DIN 84	St Az	(Köpfe lackieren)
2	"	46	M 2,6 × 10 DIN 84	Messing	
2	Mutter	47	M 2,6 DIN 934	"	
2	"	48	M 3 DIN 934	"	
2	<b>Ventil</b>	49			
	bestehend aus:				
2	Ventilkörper	50	36 × 20 × 24 lg.	Messing	
2	Stoppbüchse	51	20 Ø × 10 lg.	"	
2	Spindel	52	5 Ø × 40 lg.	"	
4	Schraube	53	5 Ø × 13 lg.	"	
2	Handrad	54	20 Ø × 5 lg.	"	
2	Leiste	55	6 × 2 × 17 lg.	"	
4	Zylinderschraube	56	M 2,6 × 10 DIN 84	"	
4	Mutter	57	M 3 DIN 934	"	
1	<b>Wasserstandsglas</b>	58			
	bestehend aus:				
1	Mittelstück	59	Bl. 4,5 × 17 × 57 lg.	Messing	
2	Dichtung	60	8 × 30 × 1	Gummi	
2	Scheibe	61	1,5 × 8 × 30 lg.	Glas	
2	Zwischenlage	62	0,2 × 8 × 30 lg.	Zeichenkarton	
1	Platte	63	Bl. 1,5 × 16 × 38 lg.	Messing	
1	"	64	Bl. 1,5 × 16 × 38 lg.	"	
1	Verkleidung	65	Bl. 0,2 × 11 × 120 lg.	Kupferblech	
2	Scheibe	66	4 Ø × 2,6 Ø × 1	Klingirit	
1	Schraube	67	5 Ø × 7 lg.	Messing	
1	"	68	5 Ø × 11 lg.	"	
1	"	69	7 Ø × 21 lg.	"	
1	Kugelstift	70	7 Ø × 7 lg.	"	} weich löten
1	Kugel	71	7 Ø × 7 lg.	"	
14	Schraube	70	4 Ø × 13 lg.	"	
1	Zylinderschraube	72	M 1 × 3 DIN 84	"	
1	Mutter	73	M 1 DIN 934	"	
1	<b>Ablaßhahn</b>	74			
	bestehend aus:				
1	Körper	75	12 Ø × 33 lg.	Messing	
1	Stutzen	76	5 Ø × 14 lg.	"	
1	Spindel	77	8 Ø × 38 lg.	"	
1	Überwurfmutter	78	14 Ø × 9 lg.	"	
1	Handrad	79	20 Ø × 5 lg.	"	
1	Mutter	80	M 3 DIN 934	"	

Als erstes wird der Dampfkessel aus 1 mm Stahlblech hergestellt. Die Nähte können stumpf geschweißt werden. Dann werden die Stutzen, Flansche und Armaturen angefertigt, die später an den Kessel montiert werden sollen. Die Armaturen werden mit den dazugehörigen Stutzen und Flanschen zusammengeschraubt und auf guten Sitz geprüft. Es ist darauf zu achten, daß zwischen jeder Schraubstelle entsprechende Klingeritscheiben zur Abdichtung gelegt werden. Erst jetzt werden die Löcher in den Kessel gebohrt und die Stutzen und Flansche zum Schweißen eingesetzt. Die Flansche (9) sind während des Schweißens, um Nacharbeiten bei der Montage des Wasserstandsglases zu vermeiden, mit einem Stück Flachstahl zu verschrauben.

Die Anfertigung der Ventile und des Wasserstandsglases erscheinen im ersten Moment ziemlich kompliziert. Diese Ansicht wird aber nach genauer Durchsicht der Zeichnungen bald schwinden, denn es sind zum größten Teil nur Feil- und kleine Drehearbeiten auszuführen, die jeder Bastler, dem eine kleine Drehbank zur Verfügung steht, bewältigen kann.

Es ist ratsam, jedes Ventil und das Wasserstandsglas sowie die Speisepumpe nach Fertigstellung auf Brauchbarkeit zu prüfen. Vor allem ist darauf zu achten, daß die Stopfbuchsenpackungen, die aus Asbestwolle bestehen und in Talg und Graphit gewälzt sind, stramm eingedrückt werden. Die Ventile und das Wasserstandsglas können unter Wasser mittels einer Luftpumpe durch Anbringung eines dickwandigen Schlauches abgedrückt werden. Die Speisepumpe wird bis zur Hälfte in ein Gefäß mit Wasser gestellt. Man versucht nun während des Pumpens, den oberen Stutzen mit dem Daunen abzudichten. Die Pumpe ist in Ordnung, wenn man die obere Öffnung unter Anwendung aller Kraft nicht zuhalten kann.

### Der Zusammenbau

Sind nun sämtliche Teile fertiggestellt, kann mit dem Zusammenbau begonnen werden.

Zuerst werden die Bügel um den Kessel geschraubt. Dann wird der Kessel mit Hilfe der Rahmen auf der Grundplatte befestigt und sämtliche Armaturen ammontiert. Dann wird die Verkleidung angebracht. Um das Blech gegen allzu große Hitze und den Kessel gegen Wärmeausstrahlung zu schützen, wird die Verkleidung innen mit 1,5 mm starken Asbestplatten ausgelegt. Das zur Anwendung kommende Weißblech wird, da alte Konservenbüchsen verwandt werden, durch Zusammennieten auf die gewünschten Maße gebracht. Das hat aber den Vorteil, daß wir die Asbestplatten gleich mit annieten können und somit das Anbringen der Verkleidung leichter wird.

Der Aufbau der Gesamtanlage kann jedem Bastler selbst überlassen bleiben, denn hier wird jeder gern seine eigenen Gedanken über die beste Anordnung in Anwendung bringen.

### Eichung des Sicherheitsventils

Bei geöffnetem Sicherheitsventil und geschlossenen Ventilen des Dampfkessels wird mit Hilfe der Speisepumpe aus dem Kondensator so lange Wasser in den Kessel gepumpt, bis dieses am Sicherheitsventil überläuft. Jetzt wird das Sicherheitsventil geschlossen und weiter Wasser in den Kessel gepumpt. Das Manometer muß nun bei jedem Hub des Kolbens der Speisepumpe 1,8 at anzeigen und das Sicherheitsventil sich bei diesem Druck öffnen. Ist dieses nicht der Fall, so wird von beiden Seiten des Gewichts so viel abgedreht, bis dieser Zustand erreicht ist. Um die Gewähr zu haben, daß das Sicherheitsventil auch einwandfrei arbeitet, muß dieser Versuch mehrere Male wiederholt werden.

### Heizung

Die Heizung kann durch Spiritus oder Gas erfolgen. Bei Gasheizung ist es ratsam, einen alten Gasbrenner so umzuarbeiten, daß er mit zwei Röhren, die kleine Schlitz haben, unter dem Kessel zu liegen kommt.

### Arbeitsweise der Anlage

Zum Schluß soll noch etwas über die Inbetriebsetzung und Arbeitsweise der Anlage gesagt werden.

Als erstes wird der Dampfkessel so weit mit Wasser gefüllt, bis der Wasserspiegel 8 mm unter dem oberen Rand des Wasserstandsglases steht. Jetzt füllt man den Kondensator mit Wasser und pumpt mittels der Speisepumpe noch so viel Wasser in den Kessel, bis der Wasserspiegel im Wasserstandsglas noch 5 mm vom oberen Rand des Schauglases entfernt ist. Hier sei erwähnt, daß es zweckmäßig ist, in die Rohrleitung vom Kondensator zur Speisepumpe als Zwischenstück ein Glasröhrchen einzusetzen, denn dadurch ist es leicht, sich davon zu überzeugen, ob sich noch Wasser im Kondensator befindet. Das Glasröhrchen muß denselben Durchmesser wie die Rohrleitung haben und wird durch Überziehen zweier kleiner Gummischlauchstückchen in die Trennstelle des Rohres eingefügt. Nachdem genügend Wasser im Kessel vorhanden ist, wird der Einfüllstutzen verschraubt, und es kann mit der Heizung begonnen werden. Zeigt das Manometer 1,5 at an, wird das Steuerventil geöffnet, und die Maschine läuft. Der Abdampf der Maschine wird nun

Stück	Benennung	Teil	Abmessung	Werkstoff	Bemerkung
1	<b>Pfeife</b>	81			
	bestehend aus:				
1	Stutzen	82	20 Ø × 38 lg.	Messing	} weich löten
1	Rohr	83	13 Ø × 8 Ø × 46 lg.	"	
1	Deckel	84	10 □ × 0,5	"	} dunkelbraun lackieren schwarz lackieren
1	Kücken	85	15 Ø × 30 lg.	"	
1	Hebel	86	Bl. 2 × 15 × 30 lg.	Stahlblech	} dünnlackieren
1	Griff	87	12 □ × 6	Hartholz	
1	Scheibe	88	12 Ø × 5 lg.	Messing	} dünnlackieren
2	Mutter	89	M 3 DIN 934	"	
1	Schraube	90	12 Ø × 15 lg.	"	} käufllich
1	Überwurfmutter	91	14 Ø × 11 lg.	St Az	
1	Manometer	92	ca. 30 Ø	Div.	} käufllich
1	Rohr	93	3 Ø × 1,75 Ø ca. 100 lg.	Messing	
1	<b>Speisepumpe</b>				
	bestehend aus:				
1	Pumpenkörper	94	30 Ø × 65 lg.	Messing	} hart löten
1	Zwischenstück	95	10 Ø × 20 lg.	"	
1	Gehäuse	96	14 Ø × 37 lg.	"	} hart löten
1	Nase	97	10 Ø × 25 lg.	"	
1	Fuß	98	40 Ø × 13 lg.	St Az	} hart löten
1	Kolben	99	12 Ø × 48 lg.	Messing	
1	Stopfbüchse	100	30 Ø × 11 lg.	"	} hart löten
1	Ventilkegel	101	8 Ø × 15 lg.	"	
1	"	102	6 Ø × 12 lg.	"	} hart löten
1	Stutzen	103	14 Ø × 22 lg.	"	
2	Überwurfnutter	104	14 Ø × 10 lg.	"	} lackieren
1	Gabel	105	8 □ × 52 lg.	St 37.12	
1	Hebel	106	7 × 3 × 106 lg.	St 37.12	} lackieren
2	Stift	107	3 Ø × 11 lg.	St Az	
1	Scheibe	108	14 Ø × 10 Ø × 1	Klingerit	} 1 Stück auf 8 mm kürzen
2	Zylinderschraube	109	M 3 × 10 DIN 84	Messing	
1	"	110	M 4 × 13 DIN 84	St Az	} wird M 3
1	"	111	M 4 × 3 DIN 84	Messing	
1	Gewindestift	112	M 3 × 6 DIN 550	St Az	} käufllich
1	Mutter	113	M 3 DIN 934	St Az	
1	Feilenheft	114			} käufllich
1	<b>Kondensator aus:</b>				
1	Mantel	115	Bl. 0,3 × 132 × 190 lg.	Weißblech	} (Konservenbüchsenblech)
2	Boden	116	Bl. 0,3 × 65 □	"	
2	Zwischenboden	117	Bl. 0,3 × 65 □	"	} (Konservenbüchsenblech)
8	Kondensrohre	118	7 Ø × 5,5 Ø × 106 lg.	Messing	
1	Abflußstutzen	119	Bl. 0,3 × 10 × 22 lg.	Weißblech	} weich löten
2	Stutzen	120	8 Ø × 33 lg.	Messing	
2	"	121	8 Ø × 12 lg.	"	} lackieren
1	Einfüllstutzen	122	12 Ø × 12 lg.	"	
2	Ständer	123	10 × 1 × 210 lg.	St 37.12	} lackieren
2	Schraube	124	12 Ø × 10 lg.	Messing	
1	Deckel	125	14 Ø × 12 lg.	"	

dem Kondensator zugeführt. Da hier die Kondensrohre vom kalten Wasser gespült werden, wird auch der Abdampf kondensieren und aus dem Abflußstutzen als Wassertropfen die Anlage verlassen. Unter dem Abflußstutzen wird eine kleine Wanne in die Grundplatte eingelassen, in der sich das Wasser fängt. Die Maschine hat in der Grundplatte auch eine Rinne, durch die das Kondenswasser, das sich schon an der Maschine bildet, abfließen kann. Dieses wird ebenfalls durch eine Rinne zur Wanne geführt. Sinkt nun der Wasserstand im Kessel, so wird durch die Speisepumpe dem Kessel wieder aus dem Kondensator Frischwasser zugeführt.

**Achtung!** Es muß darauf hingewiesen werden, daß das Kondenswasser zur Speisung des Kessels nicht mehr verwandt werden darf. Das Kondenswasser enthält Bestandteile von Öl, so daß bei Wiederverwendung Explosionsgefahr besteht.

#### Winke für die Fertigung

Um kleine, gerade Flächen bei Messing bzw. die Absätze an den Ventilen für das Wasserstandsglas sauber fertigen zu können, kann man die zu fräsenden Teile in den Support und eine Reibahle im Futter der Drehbank einspannen. Führt man dann mit dem eingespannten Teil gegen die sich drehende Reibahle, so erhält man eine saubere Fräsarbeit. Wenn kein Support zur Verfügung steht, kann man sich auch damit helfen, daß man sich einen Bock aus Holz vor dem Futter aufbaut und oben einen Stahlwinkel im entsprechenden Abstand befestigt. Wird nun der zu bearbeitende Teil in den Winkel gelegt und mit Hilfe eines Stabes gegen die Reibahle gedrückt, erreicht man das gleiche Ziel.

(Detail-Zeichnungen folgen)

#### Frage 8723:

Ich will Kegel von 4 Grad Neigungswinkel mit Handvorschub drehen und bekomme immer Ausschub, weil die Kegel nicht mit geraden Kegelmantellinien begrenzt werden. Worin liegt der Fehler?

#### Antwort:

Wenn Sie einen Kegel von richtigen geometrischen Formen drehen wollen, ist es unbedingt notwendig, daß die Schneidenspitze des Drehstahles genau auf Achsenmitte des zu drehenden Kegels, wie in Abb. 1 gezeigt, eingestellt wird.

Steht die Schneidenspitze des Drehstahles über oder unter Mitte, so muß der Weg des Drehwerkzeuges eine Hyperbel beschreiben. Da der Weg des Drehstahles aber geradlinig ist, ergibt sich, wenn die Drehstahlschneidenspitze über oder unter Mitte steht, statt des Kegels ein sogenanntes Umkehrhyperboloid, wie es in Abb. 2 dargestellt ist.

Sie müssen also beim Kegeldrehen die Drehstahlschneidenspitze stets auf Mitte Drehachse stellen, ganz gleich, ob Sie mit einem Kegellinien arbeiten oder ob Sie den Kegel durch Verstellen des Reitstockes oder durch Drehen des Obersupportes erzeugen.

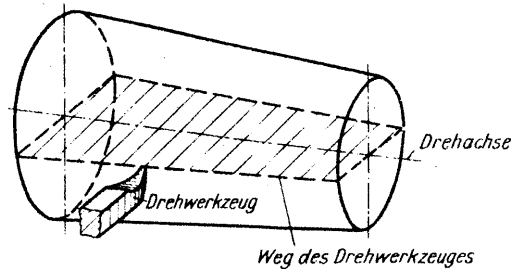


Abb. 1

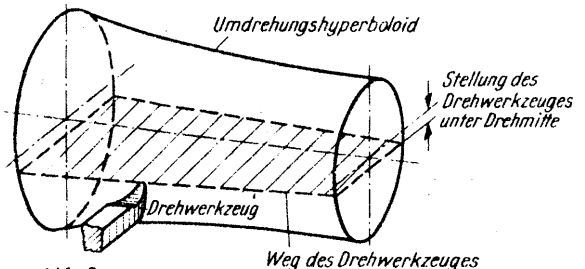


Abb. 2

## TECHNISCHER FRAGEKASTEN

Der Fragekasten steht nur unseren Lesern kostenlos zur Verfügung. Die Schriftleitung beantwortet die Anfragen brieflich; veröffentlicht werden nur Fragen und Antworten von allgemeiner Bedeutung. Zeichnungen und Berechnungen schwieriger Art sind besonders zu vergüten. Wir bitten unsere Fragesteller, ihre genaue Anschrift, Alter und Beruf anzugeben, die Fragen in doppelter Ausführung (auch die Abbildungen), einen Postquittungsabschnitt oder Bezugschein einzureichen und für jede einzelne Frage 12 Rpf. Rückporto (keine frankierten Umschläge oder Postkarten) beizufügen.

Anfragen ohne Berufsangabe des Fragestellers, das erforderliche Rückporto und einen Bezugschein werden nicht beantwortet. Wir bitten unbedingt um deutliche Schrift!

#### Frage 8199:

Welche Drehzahlen sind für die Vorgelegewelle einer Werkzeugmaschine möglich, wenn die Drehzahl der Antriebswelle  $n = 900$  U/min beträgt und ein Nortongetriebe gemäß nachfolgender Beschreibung benutzt wird? Das Stufenzahnrad besteht aus vier Stufen mit den Zahnzahlen  $z_1 = 12$ ,  $z_2 = 18$ ,  $z_3 = 24$ ,  $z_4 = 36$ . Das Antriebsrad und das Zwischenrad haben je 12 Zähne.

#### Antwort:

Bei einem vierstufigen Norton-Getriebe oder Schwenkgetriebe nach der Abbildung ergeben sich die Abtriebsdrehzahlen  $n_1$  bis  $n_4$  folgendermaßen:

Die Antriebsdrehzahl ist  $n = 900$  U/min.

Die Zahnzahlen der Zahnräder sind:

$z_1 = 12$	$z_4 = 36$
$z_2 = 18$	$z_3 = 24$
$z_3 = 24$	

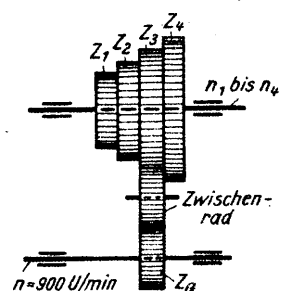
Die Zahnzahl des Zwischenrades ist gleichgültig, da das Zwischenrad nur Einfluß auf die Drehrichtung, aber nicht auf die Übersetzung hat. Dann wird:

$$n_1 = n \cdot \frac{z_a}{z_1} = 900 \cdot \frac{12}{12} = 900 \text{ U/min}$$

$$n_2 = n \cdot \frac{z_a}{z_2} = 900 \cdot \frac{12}{18} = 600 \text{ U/min}$$

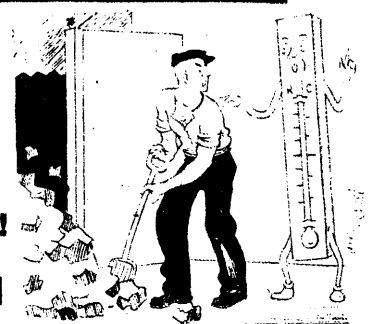
$$n_3 = n \cdot \frac{z_a}{z_3} = 900 \cdot \frac{12}{24} = 450 \text{ U/min}$$

$$n_4 = n \cdot \frac{z_a}{z_4} = 900 \cdot \frac{12}{36} = 300 \text{ U/min}$$



Ihr Heizer müßt  
aus Gas und Kohlen  
die größten  
Wärmemengen holen!

21



# B Ü C H E R S C H A U

Bei der Schriftleitung eingegangene Buchneuerscheinungen. Eine ausführliche Würdigung behalten wir uns vor.

**VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7**

Koch „Untersuchung und Berechnung von Kühlwerken“, 5 RM.  
Bosch „Kraftfahrtechnisches Taschenbuch“, 2,50 RM.

**Springer-Verlag, Berlin W 9**

Volk „Die maschinentechnischen Bauformen und das Skizzieren in Perspektive“, 2,60 RM.;  
Volk „Der konstruktive Fortschritt“, 6,60 RM.;  
Pretzold „Werkzeugeinrichtungen auf Einspindel-Automaten“, 2 RM.;  
Mahr „Geschichtliche Einzeldarstellung aus der Elektrotechnik“, Bd. 5: Die Entstehung der Dynamomaschine, 7 RM.;  
Ramsauer „Elektronenmikroskopie“, 4 RM.;  
Münzinger „Ingenieure“, zweite Auflage, 6 RM.

**B. G. Teubner, Leipzig**

Reichsinstitut für Berufsausbildung „Funk-Technik“, 3 RM.;  
Reichsinstitut für Berufsausbildung „Umschulungsgang für Hilfszeichnerinnen“, 6 RM.

**Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart**

Macdonell „Selbstbildnis eines Gentleman“, 6,50 RM.;  
Pfeiffer „Die Welt der Technik“, 5,20 RM.

**Carl Hanser, München**

Vorwerk „Das ABC des Metallarbeiters“, Folge 1: Der Dreher, 1,50 RM.;  
Vorwerk „Das ABC des Metallarbeiters“, Folge 2: Der Fräser, 1,50 RM.

**Aluminium-Zentrale, Berlin**

Neumann „Untersuchungen über die Zerspanbarkeit von Leichtmetall-Automatenlegierungen“, 3 RM.;  
Ginsberg „Die technische Tonerdegewinnung aus Aluminiumsilikaten auf saurem Wege“, 3 RM.

**Otto Eisner Verlag, Berlin**

Thielen „Einkauf und Materialverwaltung in der Maschinenindustrie“, 1,80 RM.;  
Rädeke „Die Werkstattpraxis des Metallarbeiters“, 5,80 RM.

**Walter de Gruyter, Berlin**

Weyres/Brandt „Die physikalischen Grundlagen der Elektrizitätslehre“, 3 RM.

**Dr. Max Jänecke Verlagbuchhandlung, Leipzig**

Schinz „50 Aufgaben für das Ergänzungszeichnen des Maschinenbauers“, 1,20 RM.;  
Vogdt „Formelsammlung zur Hydraulik im Maschinenwesen“, 1,20 RM.

**Verlagbuchhandlung J. Klinkhardt, Leipzig**

Poetter „Die Werkstoffprüfung im Maschinenbau“, 3,80 RM.;  
Sørensen-Anders „Grundlagen Mathematik für technische Berufe“, 3,30 RM.;  
Stapf „Grundlagen Chemie für technische Berufe“, 2,60 RM.;  
Stapf „Chemie der Metalle und Austauschwerkstoffe für technische Berufe“, 2,20 RM.

## Etwas zum Nachdenken

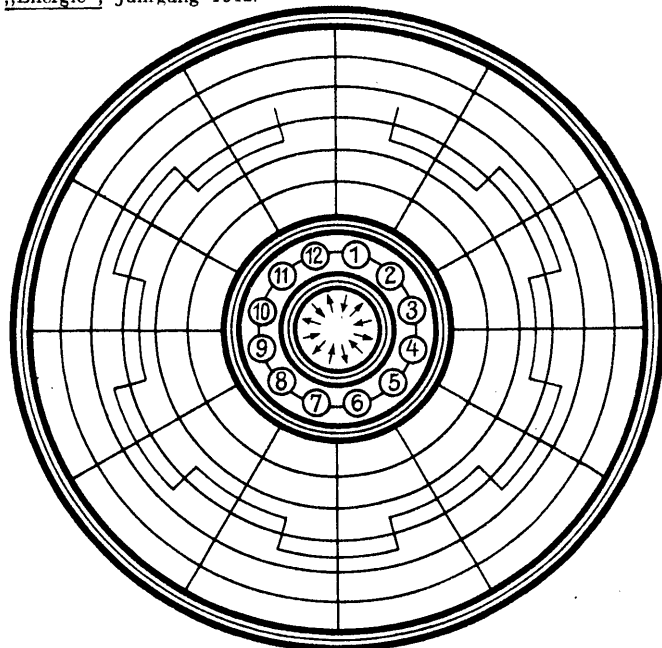
Ein Thema im Kreis

al — al — de — dis — fer — fue — ge — gel — gier — ka — kan — kie — le — ma — mo — na — ne — ne — nen — no — re — ri — rie — schür — se — si — sper — to — ze.

Aus obenstehenden Silben sind Wörter nachfolgender Bedeutung zu bilden und in die Kreisabschnitte entsprechend der in der Mitte angegebenen Pfeilrichtung einzutragen (ch ist ein Buchstabe).

1. Brücke in Venedig, 2. Mondgöttin, 3. dänische Insel, 4. Durchgangshinderung, 5. Stadt in Nordafrika, 6. Nadelbaum, 7. Kleidererschutz, 8. Universitätsstadt in Italien, 9. Reitbahn, 10. Zuckerart, 11. Offizierheim, 12. Türsicherung.

Folgt man bei richtiger Lösung, beginnend bei 1 und endend bei 12, der in die Figur eingezeichneten Linie, so ergeben diese Buchstaben, im Zusammenhang gelesen, die Überschrift eines Leitartikels der „Energie“, Jahrgang 1942.



**Betriebliches Vorschlagswesen.** Aufbau, Einsatz und Erfahrungen. Von A. Klöckner. Schriftenreihe des Amtes für Berufsberatung und Betriebsführung der DAF., Nr. 13. Preis brosch. 1,80 RM.

Die Mitarbeit jedes einzelnen Betriebsangehörigen an der Leistungssteigerung des Betriebes ist heute mehr denn je dringend notwendig. Am guten Willen und Können der Gefolgschaftsmitglieder fehlt es oft nicht, wenn man an ihre tätige Hilfe und Teilnahme an der Betriebsgestaltung appelliert. Immer aber kommt es dabei auf die Art der praktischen Durchführung an. Auf Grund von Material, das von der Abteilung „Organische Betriebsgestaltung“ des Amtes für Berufsberatung und Betriebsführung der DAF. erarbeitet worden ist, ist diese Schrift verfaßt worden, die Betriebsführern und betrieblichen Unterführern praktische Wege zur Durchführung des Vorschlagswesens zeigt. (734)

## Lehrgangsankündigungen

**Deutscher Verband für Schweißtechnik und Azetylen e. V., Arbeitskreis im NSBDT., Berlin-Friedenau, Bennisenstraße 25. Fernruf: 83 73 01.**

**Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalten:**

**Berlin-Charlottenburg, Spreestraße 22:**

Grundlehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943 einschließlich Prüfung.  
Grundlehrgang im Elektroschweißen ab 25. 1. und 15. 2. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Elektroschweißen ab 25. 1. und 15. 2. 1943.  
Sonderlehrgänge: Leichtmetalle ab 8. 2. 1943; Kesselschweißen ab 8. und 15. 2. 1943; Rohrschweißen ab 8. 2. 1943; Arcatomschweißung ab 15. 2. 1943.

**Duisburg, Sedanstraße 17a:**

Grundlehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 15. 2. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 25. 1. 1943 einschließlich Prüfung.  
Grundlehrgang im Elektroschweißen ab 18. 1. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Elektroschweißen ab 25. 1. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Elektroschweißen ab 8. 2. 1943 einschließlich Prüfung.  
Sonderlehrgänge: Leichtmetall ab 18. 1. 1943; Ingenieure ab 1. 2. 1943.

**Halle a. d. Saale X, Bahnhofstraße 3:**

Grundlehrgang im Gasschweißen ab 25. 1. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 25. 1. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 25. 1. 1943 einschließlich Prüfung.  
Sonderlehrgänge: Ingenieure ab 25. 1. 1943; schweißtechnische Überwachung ab 15. 2. 1943.

**Kattowitz, Holteistraße 72:**

Grundlehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Gasschweißen ab 8. 2. 1943 einschließlich Prüfung.  
Grundlehrgang im Elektroschweißen ab 8. 2. 1943.  
1. Aufbaulehrgang im Elektroschweißen ab 8. 2. 1943.  
2. Aufbaulehrgang im Elektroschweißen ab 8. 2. 1943 einschließlich Prüfung.  
Sonderlehrgang Rohrschweißen ab 8. 2. 1943.

Für die übrigen laufenden Lehrgänge können Termine bei der oben angegebenen Anschrift erfragt werden.

**Deutsche Gesellschaft für Elektroschweißung e. V., Geschäftsstelle: Berlin W 35, Friedrich-Wilhelm-Straße 22. Fernruf: 25 00 17.**

Abkürzungen: T = Tageslehrgang, A = Abendlehrgang, W = Wochenendlehrgang, S = Sonderlehrgang, I = 44stündiger Grundlehrgang, II = 88stündiger 1. Aufbaulehrgang, III = 88stündiger 2. Aufbaulehrgang.

**Neu beginnende Elektroschweißkurse**

Kursstätte:	Lehrgangsart:	Zeit:	Gebühr:
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt, Berlin-Charlottenburg, Spreestraße 22	I	T ab 15. 2. 43	Auf Anfrage
	I+II	T ab 15. 2. 43	Auf Anfrage
	I—III		
	mit Abschlußprüf.	T ab 15. 2. 43	Auf Anfrage
	I	A ab 1. 3. 43	Auf Anfrage
	I+II	A ab 1. 3. 43	Auf Anfrage
	I—III		
	mit Abschlußprüf.	A ab 1. 3. 43	Auf Anfrage
	S f. Kesselschweißer	T ab 15. 2. 43	Auf Anfrage
	S f. Rohrschweißer	T ab 15. 2. 43	Auf Anfrage
	S f. Arcatomschw.	T laufend	Auf Anfrage
	S f. Schweißtechn. Überwachung	T ab 8. 2. 43	Auf Anfrage
S f. Kesselschweißer	A ab 1. 3. 43	Auf Anfrage	
S f. Rohrschweißer	A ab 1. 3. 43	Auf Anfrage	
S f. Arcatomschw.	A laufend	Auf Anfrage	

Staatliche Akademie für Technik, Chemnitz, Am Platz d. Alten Garde 6/7

I A 15. 2. bis 19. 3. 1943 25 RM.

## Ergänzung und Berichtigungen

Zu der Bastelarbeit „Anleitung zur Anfertigung eines elektrischen Lötkolbens“ in Heft 12/1942 auf Seite 232 wird noch bemerkt, daß die Blechhülle (Pos. 2) vor dem Einführen des Heizkörpers auf der einen Seite offen sein muß. Die andere Seite wird erst später zgedrückt.

Im Aufsatz „Fragen über die Führung von Dampfkesseln“ in Heft 11/1942 Seite 206, muß es bei der Frage 8: „Wie lang darf der aufsteigende Schenkel höchstens sein?“ nicht 25 m, sondern 5,5 m heißen.

zum „Jahrbuch des Deutschen Metallarbeiters 1943“

Auf den Seiten 303 und 304 des obigen Jahrbuches sind die beiden Gewindebilder verwechselt worden. Das Bild auf Seite 303 gehört zum Whitworth-Gewinde auf Seite 304, das Bild auf Seite 304 zum Metrischen Gewinde auf Seite 303.

Schluß des Textteils





**Hansaplast**

H 1065 K

wirkt „hochbakterizid“

**Eine unsichtbare Verbesserung!**

Wenn man heute ein Stück Hansaplast betrachtet, sieht es kaum anders aus als früher. In Wirklichkeit hat es eine wichtige Verbesserung erfahren: sein Mullkissen wird seit geraumer Zeit mit einem neuartigen, besonders kräftig wirksamen Antiseptikum getränkt. Die Wirkung dieser Substanz nennt der Wissenschaftler „hochbakterizid“. Es ist beruhigend, zu wissen, daß mit Hilfe von Hansaplast all die kleinen u. sogenannten „harmlosen“ Verletzungen keine schlimmen Folgen mehr zu haben brauchen.



Es gibt verschiedene Breiten und Längen

**DER SASSE-BOHRER  
»VELOX«**

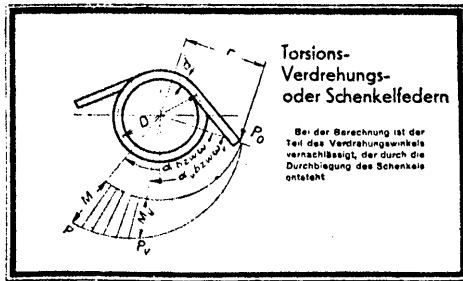
für jede Tiefe  
ohne vorzubohren

20-80 mm Ø  
D.R.P.



**WISABO**

**WILHELM SASSE**  
WERKZEUG-MASCHINEN-FABRIK  
BERLIN-SPANDAU

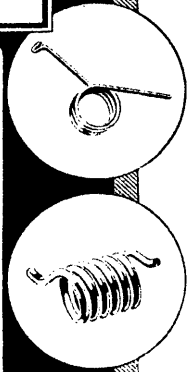


Torsions-  
Verdrehungs-  
oder Schenkelfedern

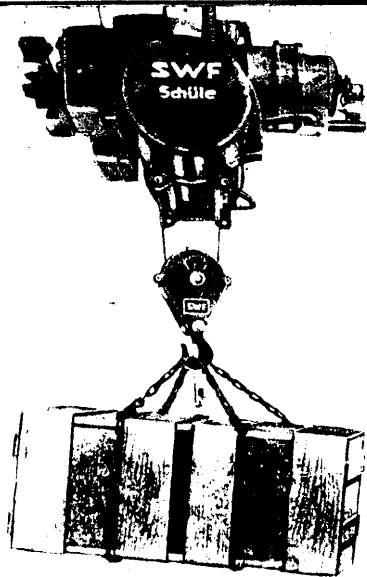
Bei der Berechnung ist der Teil des Verdrehungswinkels vernachlässigt, der durch die Durchbiegung des Schenkels entsteht

**Präzisionsfedern für hohe Beanspruchungen in allen**

Ausführungen u. Abmessungen waren von jeher unser Sondergebiet. Die genaue Einhaltung des Belastungsdiagrammes gilt uns als selbstverständliche Voraussetzung in der Reihe der Qualitätsforderungen, die wir selbst an unsere Erzeugnisse stellen. Ständige Überwachung von Konstruktion und Ausführung sowie Leistungsprüfungen unter härtesten Bedingungen dienen der Erfüllung dieser Forderungen. Neben der Herstellung von Präzisionsfedern sind wir jedoch auch auf die Massenerzeugung von Federn eingerichtet. Neuzzeitliche Arbeits- und Prüfmaschinen sichern im Verein mit hochentwickelten Arbeitsverfahren die gleichmäßige Beschaffenheit u. Güte auch dieser Federn.



Dresdner Spiralfederfabrik Strobel & Co.  
HELLERAU · DRESDEN



**SWF - Elektrozüge „Original Schüle“**  
stationär, fahrbar und mit Führersitz · 150 bis 10000 kg Tragfähigkeit  
**Elektrische Laufkrane**

**SWF**

Süddeutsche Waggon- und Förderanlagenfabrik  
von Bechtolsheim & Stein Kom.-Ges.

MÜNCHEN 25

# HEMSCHIEDT

MASCHINENFABRIK · WUPPERTAL

## Preßluftmaschinen

für: Bergwerke  
Steinbrüche  
Tiefbauten

## Schwingungsdämpfer

für: Kraftfahrzeuge

Schutzkleidung ♦ Regenkleidung <sup>punkt-</sup>frei  
Schläuche ♦ Profile ♦ Dichtungsringe  
Werk-Schürzen

fertigt aus **Deutschem Werkstoff**  
statt Gummi

wasser-, benzin-, öl-, säurefest  
nicht entflammbar, wetterfest und  
alterungsbeständig

**STEFA Deutsche Werkstoffe**

Berlin C 2, Leipziger Straße 58 - Fernruf: 16 36 46 - 47



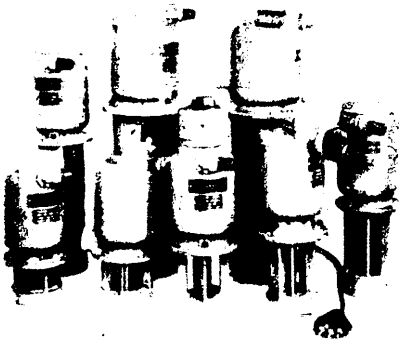
**ELEKTROGEN**

SCHWEISSMASCHINEN  
FÜR GLEICH-  
UND WECHSELSTROM  
**ELEKTRODEN**

ELEKTROGEN-INDUSTRIE G.M.B.H.  
VORM. KOCH & STRAATMANN - HAMBURG 33

## Kühlmittel-Pumpen

für  
**Werkzeug-  
Maschinen**



Maschinenfabrik  
Spandau  
Geh & Co., K.-G.  
Berlin-Spandau

Anhänger und Aufbauten für Elektrokarren, Wagen  
mit hydraulischer Hubvorrichtung (für schwere Lasten).

Bodengeräte für die Luftfahrt



**Korth & Hellmuth**, Transportgeräte-  
und Maschinenbau  
Spandau, Otternbuchtstraße Fernsprecher 379100

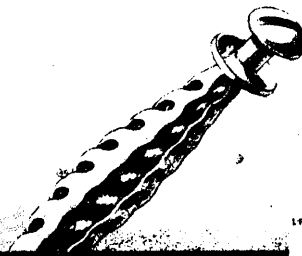
**Cillit** löst  
**Kesselstein!**

*Metallangepaßte Sorten!*

Fordern Sie das ausführliche Gutachten des  
Staatl. Materialprüfungsamtes, Berlin-Dahlem, an!

**Chem. Fabrik E. Vogelmann, Heilbronn a.N.**

*Upat-Dübel*



**MAX LANGENSIEPEN** KOM.  
GES.

HAMBURG 26 KLAUS GROTH STR. 84 FERNRUF 254055



**Kabelwerk Reinshagen**

Wuppertal-Ronsdorf

Isolierte Leitungen und Kabel



## Werkzeuge und Werkzeugmaschinen

Regale aus Holz · Werkzeugschränke  
Werkbänke · Schreibtische

Stets am Lager

**Karl Haase, Berlin NW 7**

Fernruf 428802

Friedrichstraße 131 d und 112 b

## Kunstharzpreßteile

Isolierteile · Konstruktionsteile  
Massenartikel

in sauberster und genauester Ausführung  
liefert kurzfristig und preiswert

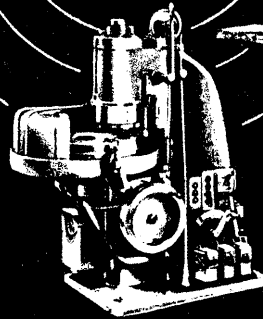
Fabrik für Preßstoff-Massenartikel und Isolierteile



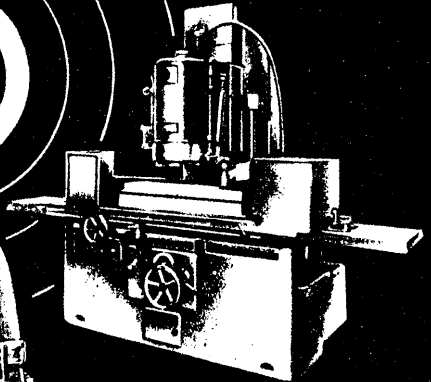
**KARL WEGNER**  
Berlin SO 16, Schmidstr. 8 a

# WEHOMA

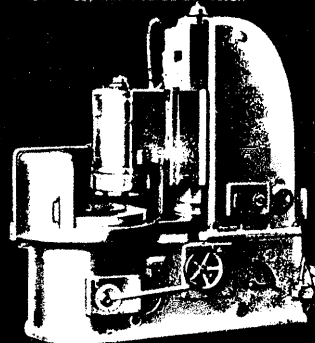
## FLÄCHEN-SCHLEIFMASCHINEN



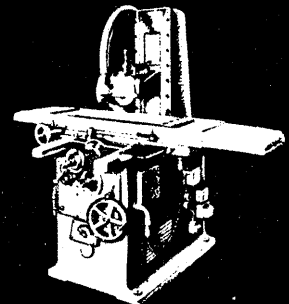
**Senkrecht-Flächen-Schleifmaschine**  
mit Magnet-Rundtisch  
Baumuster R 0 — R 1  
550, und 600 mm Tischdurchmesser.



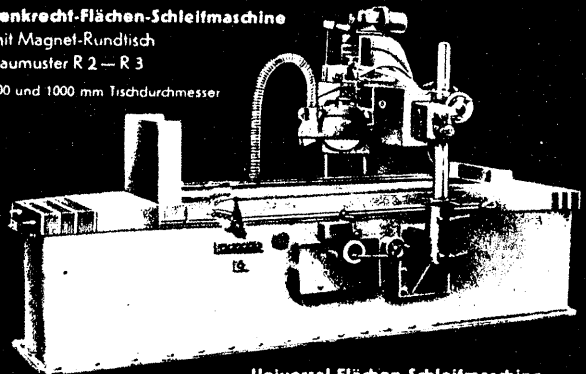
**Senkrecht-Flächen-Schleifmaschine**  
mit Längstisch  
Baumuster VA und VS  
Bis 2000 × 360 mm Schleifbereich.



**Senkrecht-Flächen-Schleifmaschine**  
mit Magnet-Rundtisch  
Baumuster R 2 — R 3  
800 und 1000 mm Tischdurchmesser



**Waagrecht-Flächen-Schleifmaschine**  
Baumuster H  
Bis 1000 × 300 mm Schleifbereich.



**Universal-Flächen-Schleifmaschine**  
Baumuster U 1  
2000 × 500 mm Schleifbereich.

## WEHOMA-ENKE & MROSS

WERKZEUGMASCHINENFABRIK  
THARANDT B/SA.

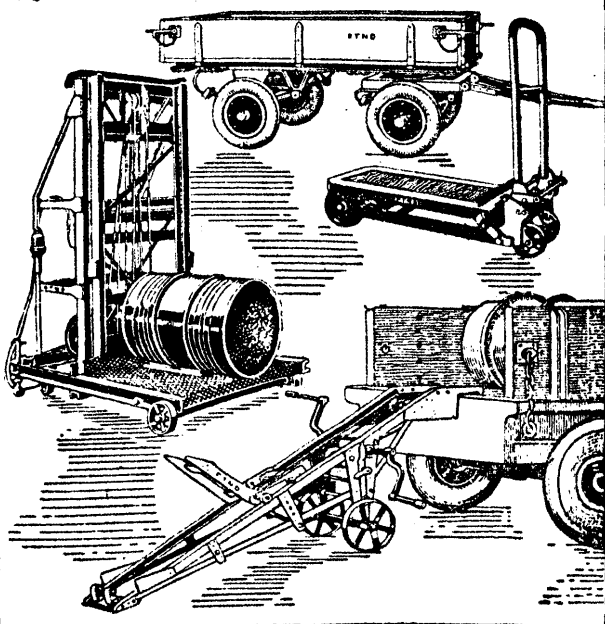
103

5/4

## TRANSPORTGERÄTEFABRIK

FRIEDR. **TILLMANN** NACHF.  
DORTMUND

*Wie stellen her:*



# Schienenvester, Saarbrücken

Spezialhaus für Schienen, Schwellen, Weichen und Klein-eisenzeug aller Art, aus ständigen Lagervorräten erhältlich

Eisenbahn-Oberbau-Bedarf **RICHARD VESTER, SAARBRÜCKEN** Ruf 209 31 u. 209 41

Vertretung: Mannheim, Viktoriastraße 1-3 · Ruf 429 78 / Lagerbetrieb mit Maschineneinrichtung: Ludwigshafen (Rh.), Luitpoldhafen · Ruf 619 62 / Weichenbau Hanweiler (Saar) · Ruf: Kleinblittersdorf 183

## Ehemalige Facharbeiter auf leitenden Posten —

Die sogenannten „kleinen Leute“, die sich bei einfacher Volksschulbildung mit eiserner Energie aus dem Nichts in verantwortungreiche, gehobene, Stellungen emporarbeiten, sind wert, Vorbilder genannt zu werden. Durch Jahre unentwegten Willens und ungebrochenen Fleißes wachsen sie oft zu unentbehrlichen Mitarbeitern bedeutender Betriebe heran. Das technische Rüstzeug zu solchem Aufstieg bietet das ernsthaft betriebene Fernstudium.

Hören Sie z. B. Herrn Jakob Steiger aus Frankfurt (Main), Mainzer Landstraße 731, der am 10. 3. 1940 über seine Beteiligung am Christiani-Fernstudium schreibt:

*Seit 1936 bin ich vom Vorarbeiter in der Dreherei bis heute über die Stellung eines Meisters und Arbeitsvorbereiters bis zum selbständigen Leiter der gesamten Arbeitsvorbereitung und stellvertretenden Betriebsleiter emporgekommen. Und das war nur möglich unter Zuhilfenahme Ihrer Lehrbriefe, aus denen ich mir das notwendige theoretische Wissen erarbeitete.*

Der Bedarf an tüchtigen, technisch gebildeten Kräften war noch nie größer, als er heute und in Zukunft ist. Auch im Kriege gewährt das Christiani-Institut Beratung in allen Fragen der technischen Berufsausbildung, wenn auch die Zahl der Neuanmeldungen heute beschränkt bleiben muß. Zur Zeit Lehrgänge in Maschinenbau, Bautechnik, Elektrotechnik und anderen technischen Fächern. Studienhonorar RM 2,75 im Monat. Nähere Auskünfte kostenlos und unverbindlich bei Angabe des Berufes und der Fortbildungswünsche.

**DR.-ING. HABIL. P. CHRISTIANI, KONSTANZ 30**



## Unterlegscheiben

DIN 9021 Nennmaß 2 - 5 sowie DIN LgN 14 533  
Nennmaß 3 - 20 aus Eisen oder Leichtmetall,  
geglättet und brüniert oder eloxiert, liefert

**Metallstanzwerk Schneider & Eckstein**  
Schwarzenberg im Erzgebirge

## Maschinen für Sonderzwecke

für alle Werkstoffe, insonderheit

### Werkzeugmaschinen

bauen wir nach Ihren Zeichnungen im Serien-austauschbau bis 600 kg Einzelgewicht, evtl. mehr

Das ist unsere Spezialität seit 30 Jahren

Maschinenfabrik und  
Vorrichtungsbau

**JUL. BERTHOLD & Co. KG.**  
**KLINGENTHAL (SACHSEN)**

Gegründet 1867

## Deine Spende dem Kriegs-WHW. 1942 1943

### Emailschilder aller Art

für die Industrie Handel u. Private

### Bahnschilder

genau nach Bahnvorschrift

### Verkehrszeichen Straßenschilder usw.

Verlangen Sie bitte Sonderofferte!

**EMAILLIERWERK MAX SCHOLZ K.-G.**  
BRESLAU, Gr. Ohlewiesen

## In jeden Werkluftschutz- und ES.-Betrieb

gehört zur Ausrüstung des Sanitätstrupps

### „Der Leitfaden zum Luftschutzsanitätsdienst“

von Dr. med. Heits — Dr. med. Fuchs. — Preis 30 Rpf.  
siehe Runderlaß d. RF# und ChdDtPol. im RMdI. v. 13. 9. 1940

Zu haben in jeder Buchhandlung sowie bei

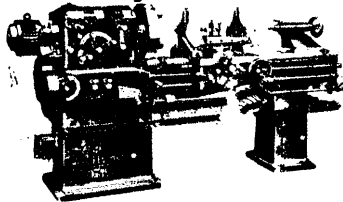
Wilhelm Schikkus, Hamburg I, Spaldingstraße 2/4 oder  
Wilhelm Schikkus, Berlin SW 68, Kommandantenstraße 42

## WILLI SAUER, BERLIN SO 16

FERNSPRECHER: 67 52 41

KÖPENICKER STRASSE 55

Stets am Lager bzw. kurzfristig:



**Werkzeugmaschinen:** Leit- und Zugspindeldrehbänke mit Einscheiben- oder Flanschmotor 180 x 1000 mm, 200 x 1000 mm, 300 x 1500 mm, 250 x 1500 mm, Fräsmaschinen Universal 1000 x 260 mm, Metallkreissägen, Kaltsägen, elektrische Hand-, Tisch- und Säulenbohrmaschinen.

**Hochleistungs-Shaper:** 250, 375, 450, 500, 560, 650, 775, 925 mm Hub

**Blechbearbeitungsmaschinen:** Abbiegebänke, Sickenmaschinen, Kurbelseheren, Exzenterpressen, ein- und doppellarmig, Friktionsspindelpressen.



**RÜGER & MALLON'S**  
BERLIN N 65 Gegr. 1830

Gerichtstr. 23 Tel. 46 89 07

## Spezialfabrik

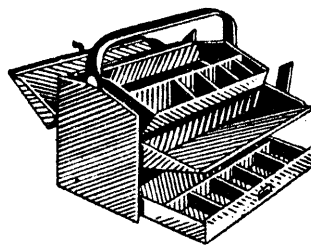
für Manschetten  
und Dichtungen

aus Leder und Kunststoff

## Fli-Mo D. R. G. M.

Der Werkzeugkasten für

**Fli**gende Montage und Reparaturen



## Bernhardt-Werkzeuge

Berlin-Tempelhof  
Immelmannstr. 19

Fernsprecher: 66 85 94

# MINIMAX

M 21

## Feuerschutz

MINIMAX AKTIENGESELLSCHAFT · BERLIN NW7 · SCHIFFBAUERDAMM 20

Hauptschriftleiter und verantwortlich für den Inhalt: Oberg. Walter Lehmann VDI, Berlin. Anschrift der Schriftleitung: Berlin C 2, Wallstr. 58, Fernruf: 67 00 14. Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet. Für unverlangt eingereichte Manuskripte übernimmt die Schriftleitung keine Gewähr. Verlag der Deutschen Arbeitsfront GmbH., Berlin C 2, Märkischer Platz 1 (Geschäftsführung: Verlagsleiter H. Brüggem), Fernruf: 67 00 14. Anzeigenleiter: K. O. A r n d t, Berlin-Hessenwinkel; verantwortlich für den Inhalt der Anzeigen: Willi H a h n, Berlin-Charlottenburg. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 9. Die Zeitschrift erscheint am 15. jedes Monats. Preis des Einzelheftes 25 Rpf., bei Lieferung durch die Post vierteljährlich 75 Rpf. zuzüglich 6 Rpf. Bestellgeld. Bestellungen nehmen alle Postanstalten und der Verlag entgegen. — Druck: Carl Sabo K.-G., Berlin SW 68.

**FELDMÜHLE  
UND PAPIER**  
*ein Begriff*

*Richtige Pflege  
und Wartung  
erhöht die  
Lebensdauer  
der Schaltgeräte*

**Druckausgleichschalter  
„LAQ“**

Unsere technische Vorschrift für Bedienung sagt:

**Ölstand** mindestens alle Vierteljahre nachprüfen.

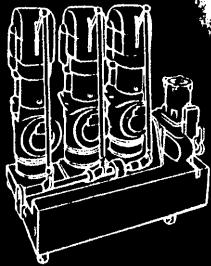
**Lager und Gelenke** jährlich schmieren.

**Schaltstücke, Löschkammern und Schalteröl** alle 1... 2 Jahre bezw. nach häufigen Kurzschlußschaltungen kontrollieren u. reinigen

**Schmelzperlen und Schmorstellen** mittels Feile und Schmirgel-Leinen beseitigen.

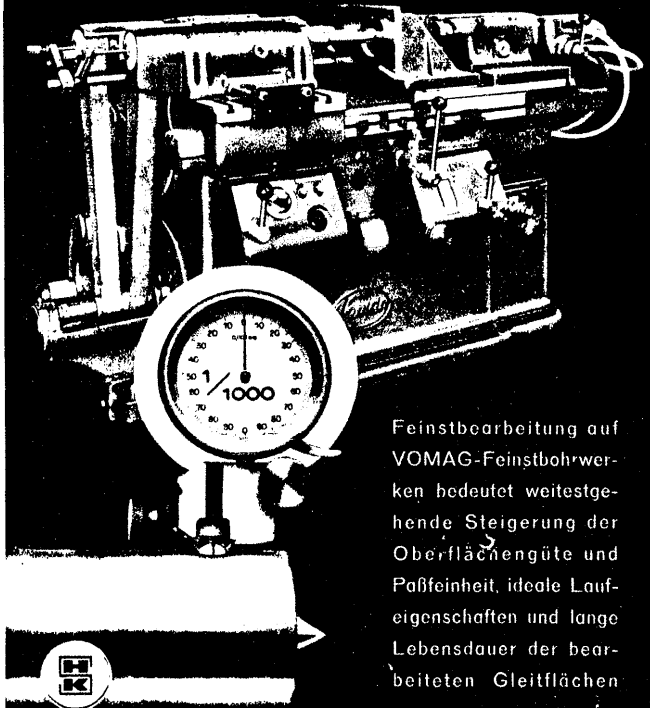
**Kontaktfinger und Schaltstiftspitze** nach Bedarf auswechseln.

**Ölstand in Dämpfungspumpe** gelegentlich nachprüfen.



**VOIGT & HAEFFNER AG**  
FRANKFURT MAIN

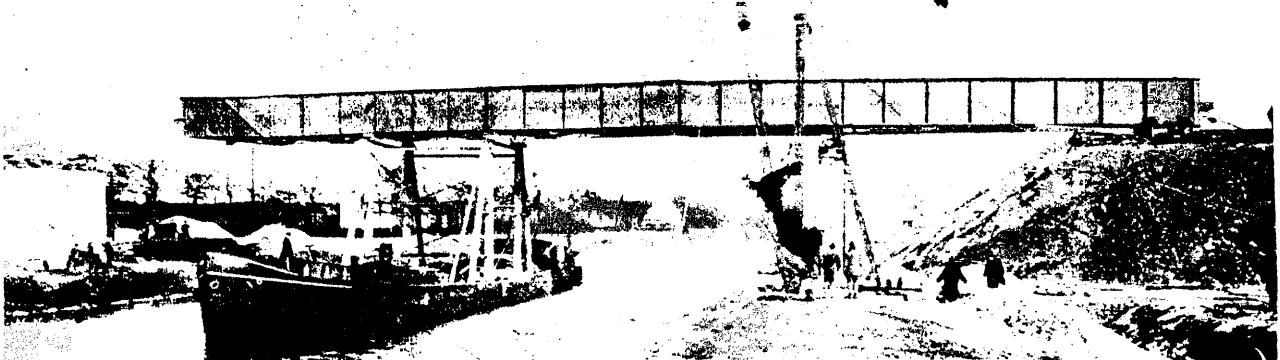
**VOMAG**



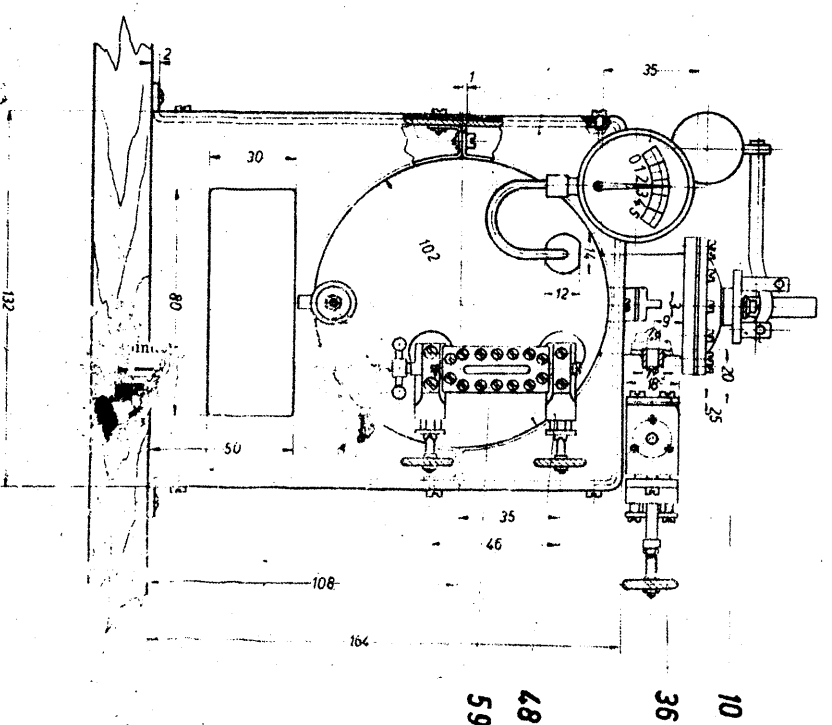
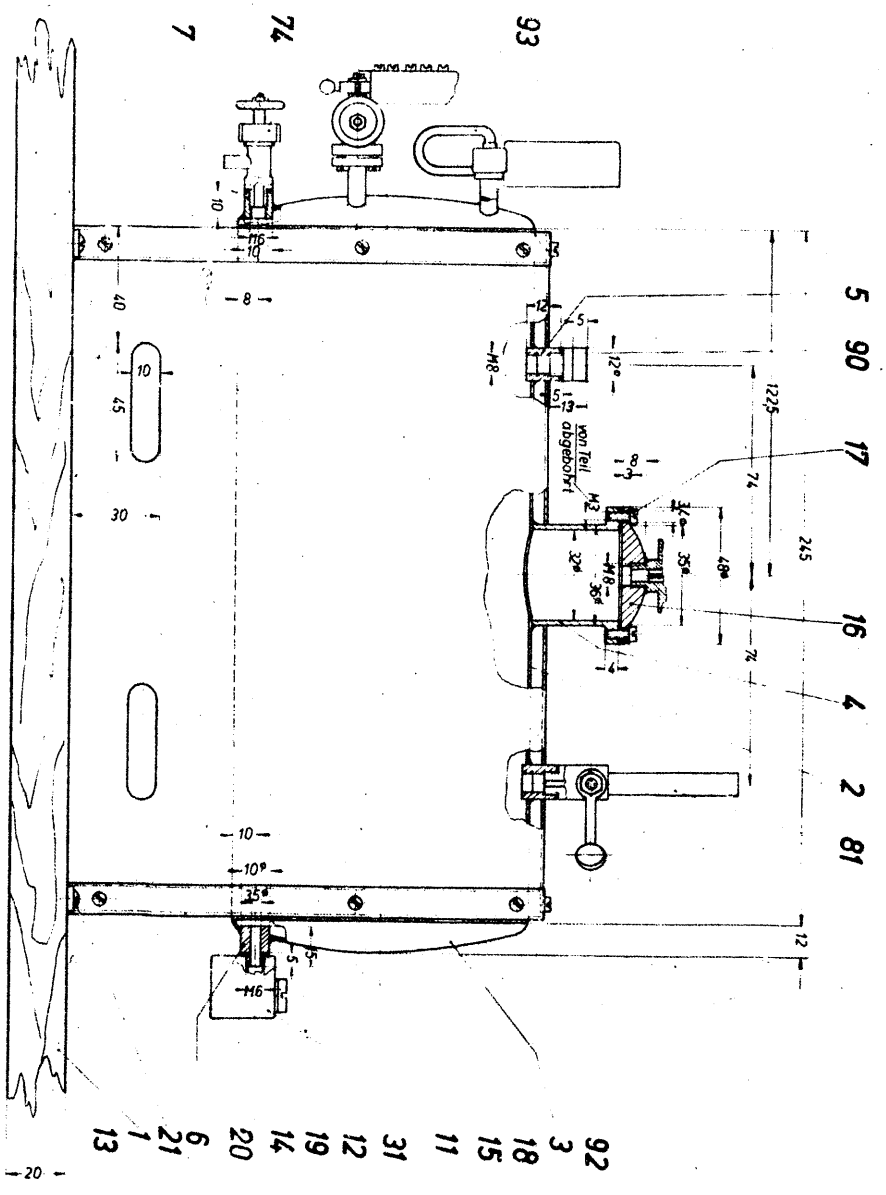
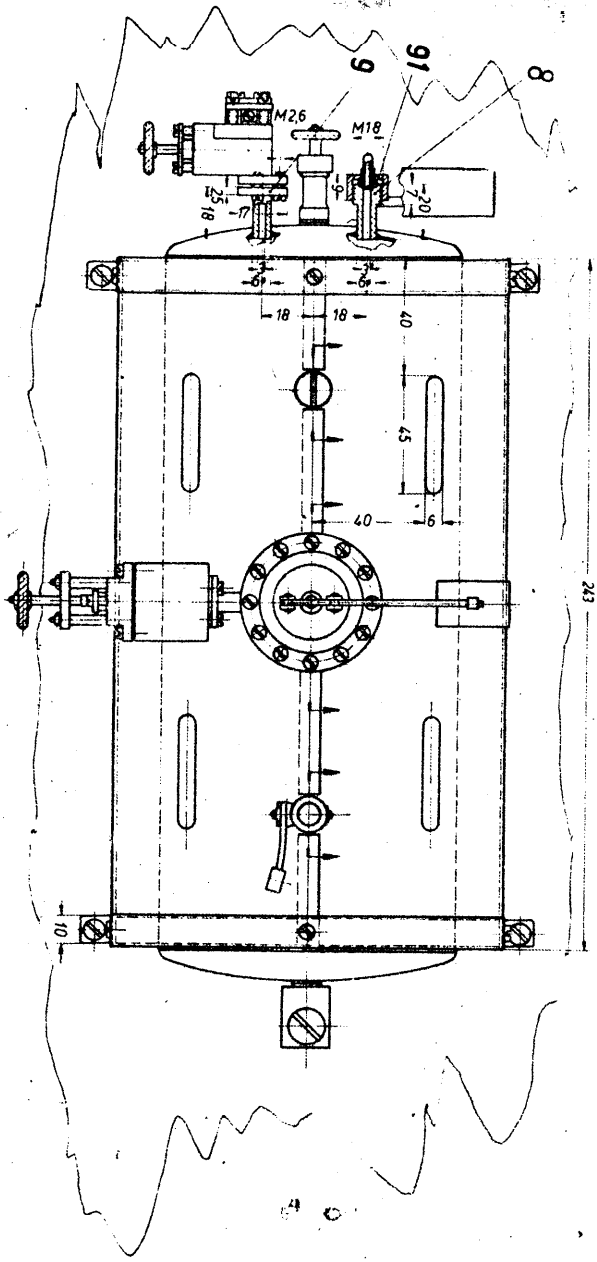
Feinstbearbeitung auf VOMAG-Feinstbohrwerken bedeutet weitestgehende Steigerung der Oberflächengüte und Paßfeinheit, ideale Laufeigenschaften und lange Lebensdauer der bearbeiteten Gleitflächen

Druckschrift Nr. 1002 auf Anfrage

**HAHN & KOLB STUTT GART**



**Heinrich Berghaus, Stahlhoch- und Brückenbau • Dortmund**



**Zusammenstellungszeichnung des  
Dampfkessels mit Armaturen**  
(siehe Bastelarbeit auf Seite 20)  
Die noch fehlenden Detail-Zeichnungen bringen wir im Febru. eit