

WERFT * REEDEREI
HAFEN

HERAUSGEBER FÜR SCHIFFFAHRTS-
TECHNIK UND SCHRIFTWALTER:
DR.-ING. E. FOERSTER, HAMBURG

HERAUSGEBER FÜR DIE HAFENAUS-
RÜSTUNG UND UMSCHLAGSTECHNIK:
OBERBAUR. DR. A. BOLLE, HAMBURG

ORGAN DER GESELLSCHAFT DER FREUNDE UND FOERDERER DER HAMBURGISCHEN SCHIFFBAU-VERSUCHSANSTALT E. V.
FACHBLATT DER SCHIFFBAUTECHNISCHEN GESELLSCHAFT FÜR DAS VERSUCHSWESEN UND DIE MESSTECHNIK IN DER SCHIFFFAHRT
FACHBLATT DER HAFENBAUTECHNISCHEN GESELLSCHAFT E. V., HAMBURG, - ALLE DREI IM ARBEITSKREISE „SCHIFFFAHRTSTECHNIK“
DES NS.-BUNDES DEUTSCHER TECHNIK UND IN DEN ZENTRALVEREINEN FÜR DEUTSCHE SEE- UND DEUTSCHE BINNENSCHIFFFAHRT
ORGAN DES DEUTSCHEN HANDELSCHIFF-NORMENAUSSCHUSSES - H. N. A.

SPRINGER-VERLAG IN BERLIN W 9

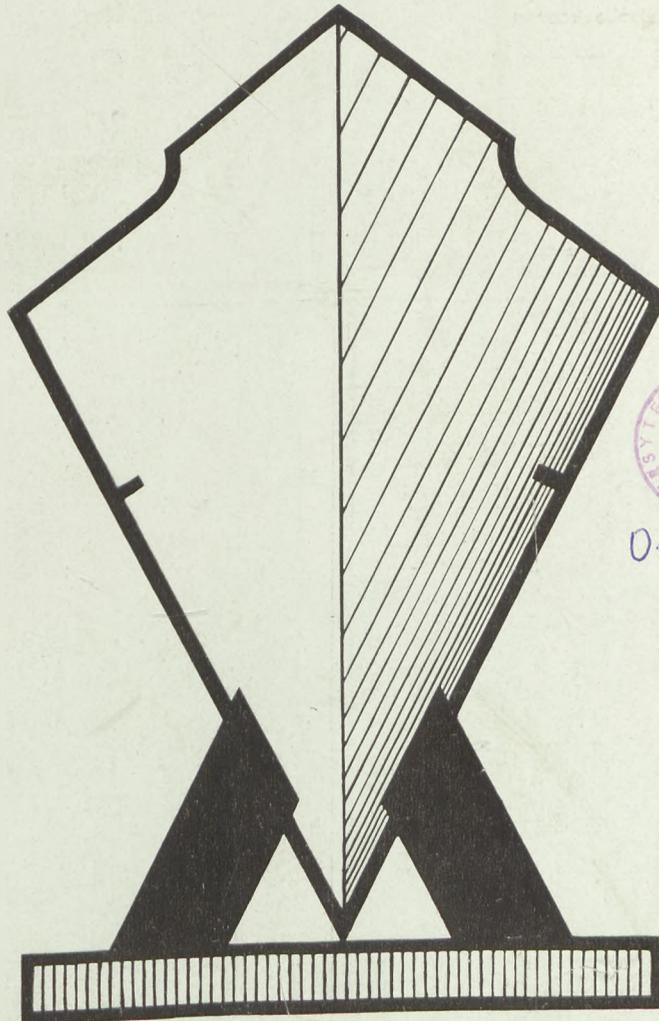
01346

23. JAHRGANG

1. JANUAR 1942

HEFT 1

MAIERFORM



01346

Handwritten signature and date: 22/1

Archivabdruck

GESAMTENTWÜRFE
FÜR ALLE SCHIFFSTYPEN

LINIEN — PROPELLER — GENERALPLÄNE — BAUZEICHNUNGEN

D 22-101/78

100,-

WUMAG

*Ein Begriff
für Qualität*

Abteilung Waggonbau

- Eisenbahnwagen
- Straßenbahnwagen
- Triebwagen
- Drehgestelle
- Straßenfahrzeuge
- zur Beförderung von
- Eisenbahnwagen
- Kraftwagenaufbauten

Abteilung Maschinenbau

- Dampfturbinen
- Schiffsturbinen
- Dampfmaschinen
- Schiffsmaschinen
- Dieselmotoren
- Schiffsmotoren
- Kompressoren
- Hydraulische Pressen

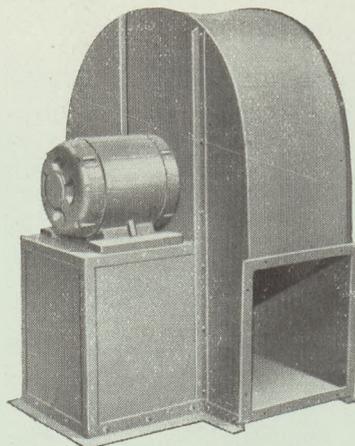
**WAGGON- UND MASCHINENBAU
AKTIENGESELLSCHAFT GÖRLITZ**

GEGRÜNDET 1853

HANS M. v. DRESKY

FABRIK ELEKTRISCHER MASCHINEN

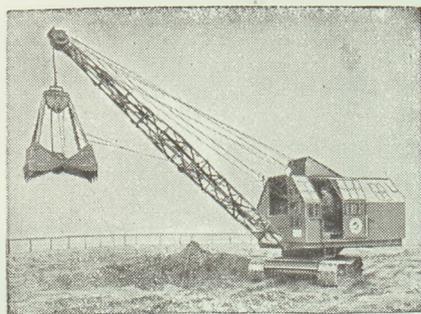
BERLIN - NEUKÖLLN
HERMANNSTRASSE 257/258



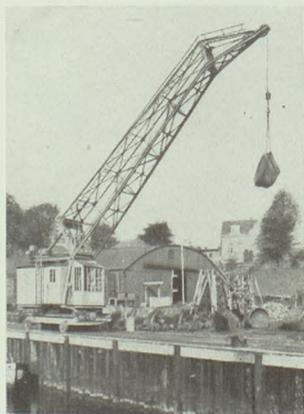
Hoch-, Mittel- und Niederdruck-
Gebälse

Ventilatoren jeder Art

Sonderanfertigungen
für Spezialzwecke



**Löffel- und
Greifbagger**
mit
Dieselmotor-
Antrieb



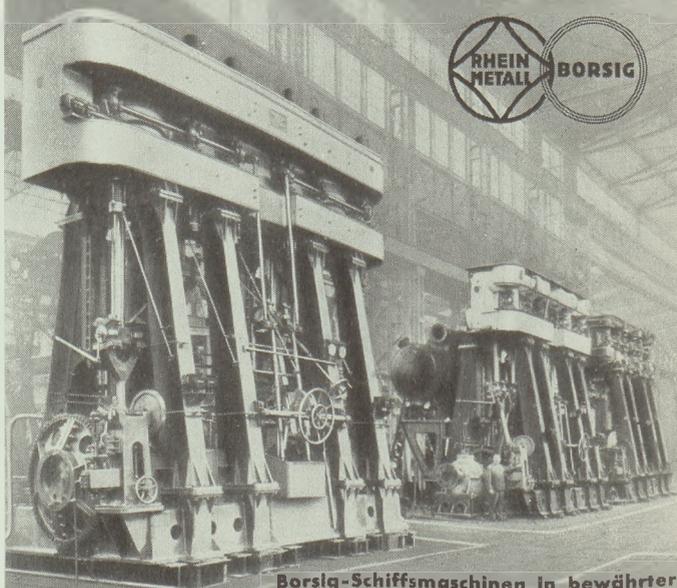
Krane

Nilsson & Korte, Maschinenfabrik

Hamburg 26, Louisenweg 23, Fernruf: 26 20 53

BORSIG- SCHIFFSMASCHINEN

MIT VENTIL- UND SCHIEBERSTEUERUNG



Borsig-Schiffsmaschinen in bewährter
Konstruktion für Hochdruck, Mitteldruck
und Normaldruck-Anlagen haben ihre
Zuverlässigkeit in der Praxis bewiesen.

RHEINMETALL-BORSIG
AKTIENGESELLSCHAFT WERK BORSIG BERLIN-TEGEL

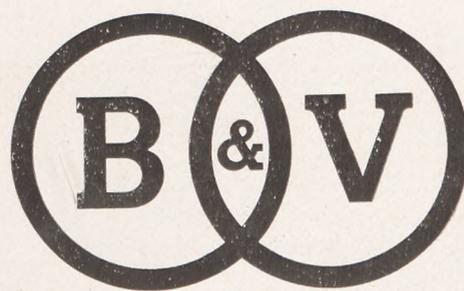
Das
ganz getunnelte
Schiff

Eine neue Schiffsform

Mehrere D R P angem.

Mit und ohne Kort-Düse

Hamburger Schiffbau-Kontor
Hamburg 11



Blohm & Voss
Hamburg

Schiffswerft
Maschinenfabrik
Flugzeugbau

BERGMANN

NAME u. ZEICHEN
HABEN WELTRUF

BERGMANN-ELEKTRICITÄTS-WERKE A.G.
BERLIN - WILHELMSRUH

Röntgenstrahlen

sind im **Schiffbau** ein
unentbehrliches Hilfsmittel
bei der
zerstörungsfreien Werkstoffprüfung
von Schweißnähten aller Art
sowie bei der
Untersuchung von Gußteilen
aus Schwer- und Leichtmetall

RICH. SEIFERT & CO.
RÖNTGENWERK
HAMBURG 13

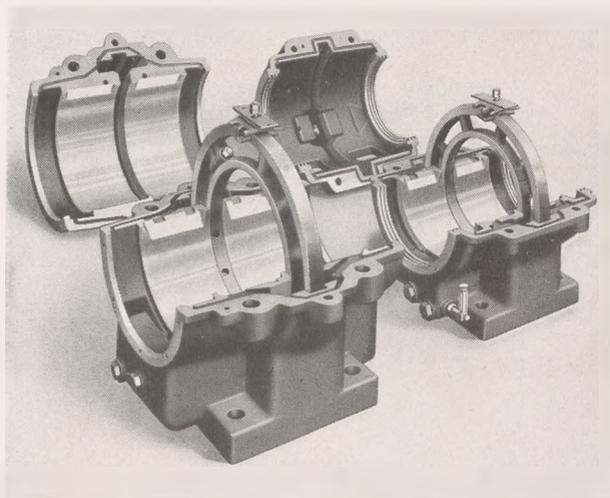
Auf Grund der neuesten technisch. Erkenntnisse
liefern wir:

Lauf-, Trag- und Drucklager
mit Spezial-Festringschmierung für Schiffswellen.

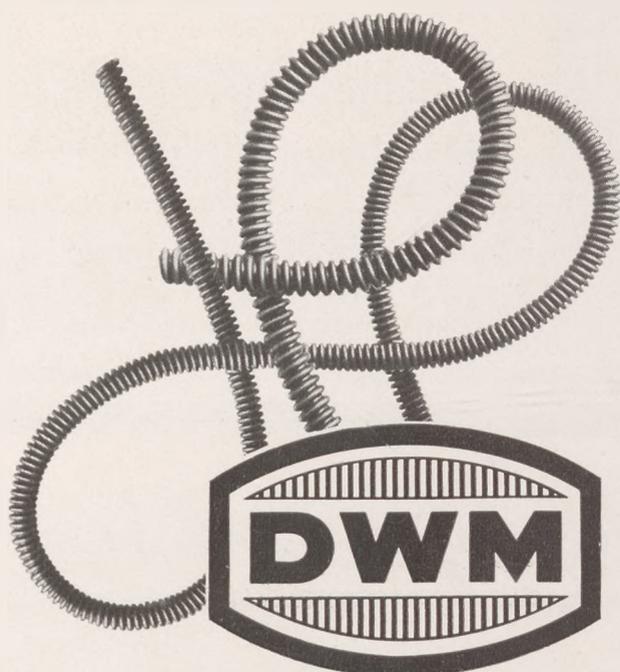
Wüfel-Schiffswellen- Lager

zeichnensich aus durch: Stabile Bauart / Geringen
Kraftbedarf / Zuverlässige Schmierung / Wenig
Wartung / Gute Abdichtung / Geringes Gewicht

EISENWERK WÜFEL • HANNOVER-WÜFEL



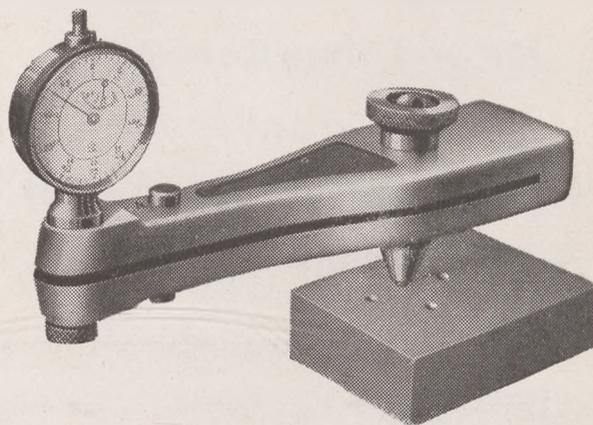
Metallschläuche



*für alle techn. Verwendungszwecke besonders für hohe
Drücke und Temperaturen • Nichtrostend • Nahtlos •*

**Deutsche Waffen- u. Munitionsfabriken A.G.,
Werk Berlin-Borsigwalde**

Hand-Härteprüfer



für alle Meßmethoden
Brinell, Rockwell, Durosop

Verlangen Sie unseren Spezialkatalog H. 84

RATÜNAL

Berlin-Wilmersdorf, Walter-Fischer-Straße 6.

Teroson berätet:

Jahrelange Pionierarbeit des Teroson-Werks auf dem Gebiet der Kleb- und Dichtungstoffe schuf die Grundlagen der heute so hochstehenden Teroson-Erzeugnisse. Die Lösung vielfacher Probleme war wegweisend für neue Gedankengänge, die der Technik in ihrem unaufhaltsamen Fortschritt die Vollendung gaben.

Der „Betriebsberatungsdienst des Teroson-Werks“ nimmt sich dieser Aufgaben der Industrie und Wirtschaft besonders gern an. Das Laboratorium arbeitet ständig an



der Neuentwicklung von chemischen Spezialprodukten, insbesondere an flüssigen und kittartigen Dichtungsmassen, Schleif- und Imprägnierungsmitteln, die der Technik Vorteile verschiedener Art bringen.

Auch mit Ihren Gedanken beläßt sich der „Betriebsberatungsdienst des Teroson-Werks“ ebenso gern. Schreiben Sie uns Ihre Wünsche.

TEROSON-WERK
ERICH ROSS • CHEMISCHE FABRIK • HEIDELBERG

NOLEIKO

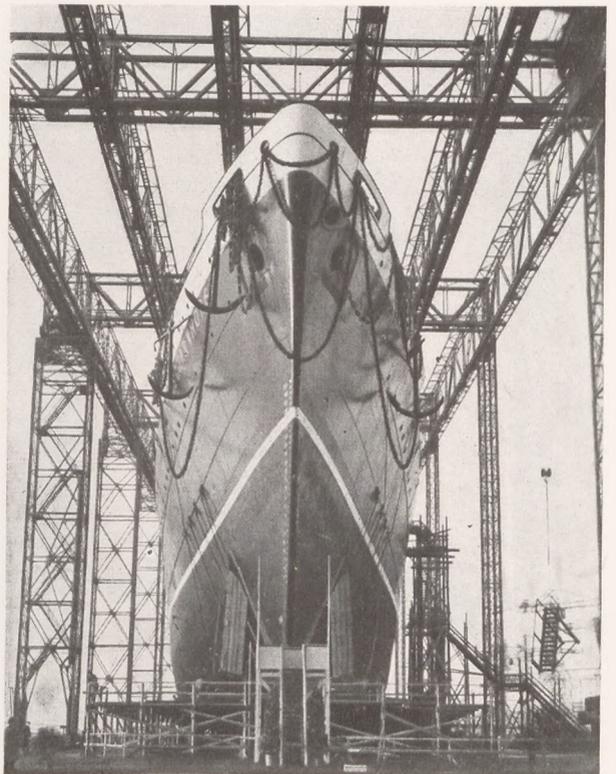
Wir vergießen
als besondere Spezialität
die
hochkorrosionsbeständigen
Leichtmetalllegierungen

TSS₃
VERGÜTET
☞
SEEWASSER

Norddeutsche Leichtmetall- und
Kolbenwerke G. m. b. H.
Hamburg-Alltona

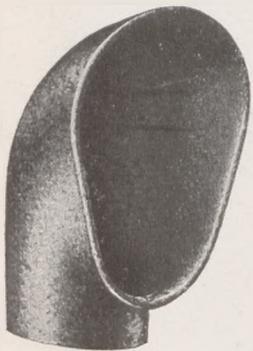


Unser Gußzeichen



**Deutsche Schiff- und Maschinenbau
Aktiengesellschaft (Deschimag)**

Werk: Act. Ges. „Weser“, Bremen 13
Werk: Seebeck, Wesermünde-G.-Bremerhaven



Schiffslüfter

nach HNA-Normen
Angebot SL 232 kostenlos.

J.A. JOHN A.G./ERFURT

Für

Isolierungen

der Kessel, Turbinen, Apparate
und Rohrleitungen auf Schiffen

ist

bekannt und bewährt

das

Glasgespinst

„VER - AER - ISOL“

Gossler Glasgespinst-Fabrik G.m.b.H.

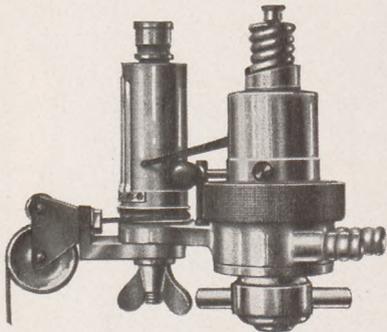
Hamburg - Bergedorf

Silber lote

Gold- und Silberscheide- und Legieranstalt
Heimerle & Meule, Pforzheim
Kommanditgesellschaft Gegründet 1845

LEMAG

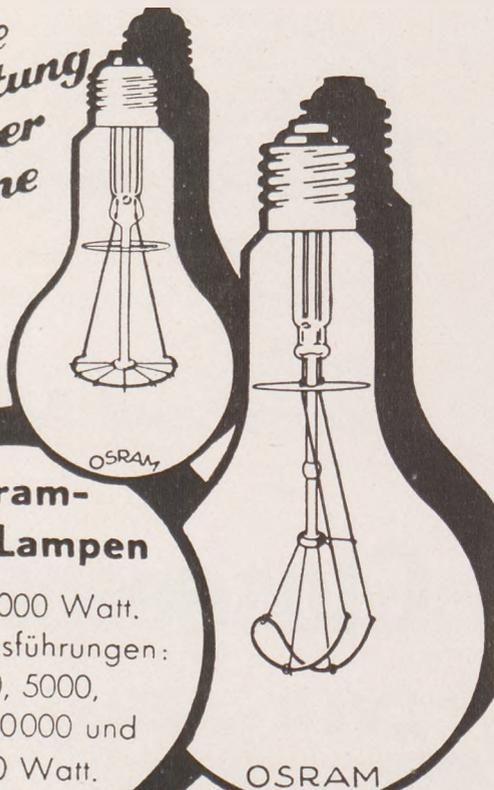
Technische Meßinstrumente



Indikatoren
neuzeitlicher Konstruktion

LEHMANN & MICHELS
HAMBURG-ALTONA

*Für die
Beleuchtung
größerer
Räume*



**Osram-
Nitra-Lampen**

150 – 2000 Watt.
Sonderausführungen:
3000, 5000,
10000, 20000 und
50000 Watt.

36v

OSRAM

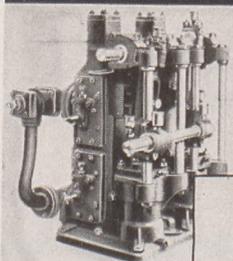
75
1867
1942
Jahre

J.M.Voith
Heidenheim a. d. Brenz

Seit nunmehr 75 Jahren ist unsere Firma am Bau und der Entwicklung von Strömungsmaschinen maßgebend beteiligt. Unsere großen Erfahrungen auf diesem Gebiet ermöglichten es uns auch, den Gedanken des Wiener Ing. Schneider aufzugreifen und den heute in aller Welt bekannten und in vielen hundert Fällen bewährten **Voith-Schneider-Propeller** zu entwickeln. Neuzeitliche Werkstatteinrichtungen und vorbildliche Versuchsanstalten setzen uns in den Stand, weiterhin im Bau von Schiffsantrieben bahnbrechend zu wirken.

KOLBEN PUMPEN

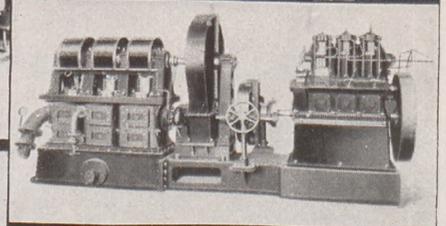
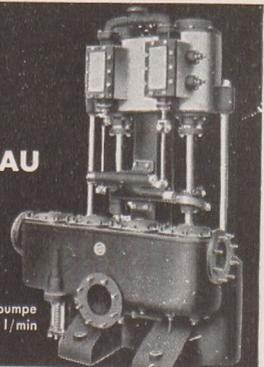
FÜR DEN SCHIFFBAU



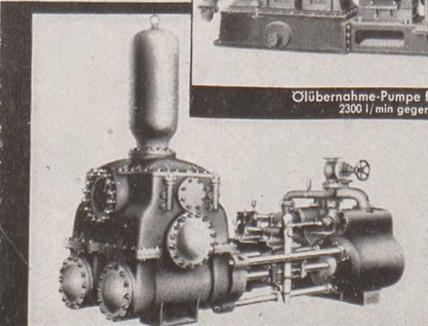
Vierfach wirkende Zwillings-Kolbenpumpe, Modell Sd K 330 l/min, Seewasser, gegen 3,5 atü

Ballast-
Pumpe

Duplex-Dampfpumpe
Modell B, 2700 l/min



Ölübernahme-Pumpe für Tankleichter
2300 l/min gegen 6,5 atü



Duplex-Dampfpumpe
für Walöl
5500 l/min gegen 7 atü

WEISE & MONSKI HALLE/S

POSTSCHLIESSFACH 66 · TELEGRAMME: WEISENS HALLESAALE · FERNSPRECHER 27891

HERAUSGEBER: DR.-ING. E. FOERSTER UND OBERBAURAT DR.-ING. A. BOLLE
für das Gesamtgebiet der Schifffahrtstechnik für Hafenausrüstung und Umschlagstechnik
SCHRIFTWALTER: DR.-ING. E. FOERSTER, HAMBURG 36, NEUERWALL 32.

Sinndeutung der Technik und Bewertung konstruktiver Ingenieurarbeit.

Zum Buche Friedrich Münzigers: Ingenieure, Betrachtungen über Bedeutung, Beruf und Stellung von Ingenieuren.

Unser Wunsch nach einer Buchbesprechung hat deren Verfasser zu einer von lebhafter Zustimmung getragenen überschauenden Betrachtung des von Münzinger behandelten Gebietes angeregt. — Diese Ausführungen erscheinen uns besonders geeignet für die Einleitung des neuen Jahres in dieser Zeitschrift und für unseren über das eigentliche schifffahrtstechnische Gebiet hinausreichenden Leserkreis. Wir haben den richtungweisenden Kommentaren der Buchbesprechung mit ihren Ausblicken auf die künftige Gestaltung der kulturtechnischen Verhältnisse und auf die Gemeinschaftsarbeit im nationalsozialistischen Staat um so größeren Wert beigelegt, als gerade dieses Heft sich auch mit wissenschaftlichen Auseinandersetzungen befassen mußte, die nur einen Teil des Leserkreises interessieren. Die Ausführungen scheinen uns mit ihren pädagogischen Anklängen geeignet, für den notwendigen Gemeinschaftsgeist und die gegenseitige Achtung vor der Arbeit und Eignung jedes wertvoll Schaffenden auch allgemein zu wirken. Die bei Buchbesprechungen üblichen Angaben über das Münzingersche Werk haben wir, um die Überschrift nicht unübersichtlich zu machen, auf Seite 16 gesondert aufgenommen. Schriftleitung.

Würde man, wie es der Vorstellungswelt des Ingenieurs entspricht, die Entwicklung der bekanntesten Tätigkeiten des Menschen über die Jahrhunderte hinweg in Kurvenform auftragen, so würden sich für die meisten Tätigkeiten mehr oder weniger gleichmäßig ansteigende Geraden oder Kurven oder auch Wellenlinien mit Höhepunkten und Tälern der Entwicklung ergeben. So für die Landwirtschaft mit allen auf die Pflege und Entwicklung der Natur gerichteten Bemühungen des Menschen, für den Handel, die Kunst des Arztes, die schönen Künste, das Studium der Mathematik und mancher Teile der Naturwissenschaften, für Kriegskunst, Philosophie und Theologie. Einzig die Technik, als die Zusammenfassung aller Mittel verstanden, die der Mensch aus dem in den Naturgesetzen gegebenen Möglichkeiten sich erschlossen hat, um den Wirkungsbereich seiner Muskelkraft zu vergrößern, würde bei dieser Darstellung im 19. Jahrhundert einen Bruch aufweisen. Zwar hat es auch im Altertum große Ingenieurleistungen gegeben — es sei nur an den Bau der Pyramiden, den Straßenbau der Römer, den Bau von Wasserleitungen und festen Burgen wie an manche großartigen Bauleistungen in anderen Kulturen gedacht, die nur durch hochentwickelte technische Fähigkeiten erklärt werden können —, aber alle diese Fertigkeiten sind zeitlich begrenzt gewesen, zum Teil wieder in Vergessenheit geraten und nie gleichmäßiger Besitz aller Kulturvölker geworden. Aber auch wenn man alle diese, untereinander zusammenhanglosen technischen Leistungen mechanisch zusammenzählte, würden sie an die Leistungen der scheinbar aus dem Nichts entstandenen Technik der Neuzeit nicht heranreichen.

Dies ungestüme Erschließen ungezählter neuer Möglichkeiten, das in immer rascherer Folge und in immer neuen Abwandlungen seit rund einem Jahrhundert über die Menschheit hereingebrochen ist, ist es wohl, das weite Kreise die Technik noch immer als Fremdkörper empfinden läßt, und das der Technik eine Sonderstellung innerhalb aller übrigen, klassischen Berufe des Menschen bisher erhalten hat. Die Technik wird vielfach noch als unheimlich, die Beschäftigung mit ihr häufig als minderwertige Tätigkeit angesehen. Diese Sonderstellung ist die Ursache mancher Probleme und mancher Verwirrungen.

Je mehr unser Leben mit der Technik verflochten wird, und je weniger die äußeren Daseinsformen unseres Lebens noch ohne eine ununterbrochene Anwendung technischer Errungenschaften denkbar sind, um so mehr wird eine endgültige Auseinandersetzung mit diesem Problem und eine vollständige und befriedigende Einordnung des Technischen in unsere Lebensordnung zum dringenden Gebot.

Dies wird zweifellos von Vielen empfunden, denn nur so ist es zu erklären, daß immer neue Abhandlungen erscheinen, die sich mit dem „Problem der Technik“ auseinandersetzen.

Das deutsche Schrifttum ist vor kurzem durch das Buch eines Ingenieurs bereichert worden, der kraft seiner Erfahrungen und seiner

unter den Fachgenossen bekannten und anerkannten Leistungen zu den Berufensten gehört, sich über die Fragen der Technik zu äußern. Die in Münzingers Buch niedergelegten Ansichten verdienen, über den engeren Berufskreis des Verfassers hinaus von allen Ingenieuren gehört zu werden, die sich für die Entwicklung und Zukunft ihres Berufes verantwortlich fühlen.

Welches sind die Fragen, die heute von der Technik und um sie gestellt werden, und die in Münzingers Buch geklärt oder kritisiert, immer aber in echter Ingenieurweise angepackt werden?

Es ist zuerst die Frage nach dem Sinn und der Bedeutung der Technik überhaupt. Glückbringer und Erfüllung kühnster menschlicher Träume und uralter Sehnsüchte des Menschen auf der einen Seite — die erstaunlichen Heilerfolge neuer chemischer Mittel, Röntgendiagnostik und -behandlung, die synthetische Herstellung ungezählter neuer und gegenüber den Naturstoffen oft verbesserter Werkstoffe, Flugkunst und Nachrichtentechnik sind nur einige der bekanntesten und am wenigsten umstrittenen Großtaten der Technik —, wird die Technik auf der anderen Seite für Vieles verantwortlich gemacht, mit dem sie, was nachstehend mehrfach belegt werden wird, nicht das Geringste zu tun hat: zunehmende Materialisierung des Lebens durch die „entseelende“ Maschinenarbeit, Proletarisierung der Massen infolge Vernichtung der selbständigen Handwerkerunternehmer durch die Mammutfabrikbetriebe, Konjunkturanfälligkeit eines so verwickelten „Wirtschaftsapparates“, Massenarbeitslosigkeit, Klassengegensätze und soziale Kämpfe, Rückgang aller Kultur und ihre Ersetzung durch zivilisatorische Errungenschaften.

Wie rasch die Technik immer noch fortschreitet und welche Möglichkeiten ihr zielbewußtes Ansetzen verschafft, zeigt in unübertrefflicher Eindruckskraft der heutige Krieg. In seinem Verlaufe ist Vieles Wirklichkeit geworden, was 1914—18 noch kaum geahnt werden konnte. Aber ist die Technik nun Segen oder Fluch für die Menschheit?

Die Antwort auf diese Frage hat immer wieder geschwankt. Es sind noch nicht viele Jahre vergangen, als man ernstlich glaubte, das Problem der Arbeitslosigkeit könne man dadurch lösen, daß man Maschinen stillsetzte und zur Muskelarbeit zurückkehrte. Viele Male ist inzwischen gesagt und geschrieben worden, daß die Technik an den Auflösungserscheinungen eines für uns Deutsche glücklich überwundenen Zeitabschnittes schuldlos gewesen ist, sondern allein der die Wirtschaft lenkende Mensch eine mißbräuchliche Verwendung der Technik und ihrer Leistungen zu verantworten hat. Aber mit einer steten Wiederholung dieser rein verstandesmäßigen Erkenntnis allein ist es nicht getan.

Worauf es ankommt, ist, ein wirklich inneres Verhältnis des Menschen zur Technik herzustellen, ihm alle Angst vor dem Unverständlichen und Gewaltigen der Technik zu nehmen und diese in die dem

Menschen gewohnte Ordnung so einzufügen, daß der Mensch sich — wie bei allen anderen Tätigkeiten — so auch in der Technik völlig sicher in der Beherrschung ihrer Mittel fühlen lernt. Wie andere Betätigungen des Menschen nicht nur Mittel zur Befriedigung materieller Bedürfnisse sind, sondern dem Menschen zugleich auch Stunden schenken, in denen er das Schaffen dürfen und Schaffen können als köstliches Geschenk empfindet, so muß auch die Technik als Beruf des Menschen, der höchste Befriedigung verschaffen kann, von Vielen noch entdeckt werden. Wenn zweifellos auch alle großen Ingenieure die Beschäftigung mit der Technik als Angelegenheit empfunden haben, an der ihr ganzer Mensch beteiligt war, so fehlt doch der großen Masse nicht nur, sondern selbst vielen in der Technik Tätigen bis heute das Wissen um die Schönheit des technischen Berufs.

Auf zwei Wegen ist eine solche, mehr innerliche Bindung des Menschen zur Technik erreichbar.

Der erste Weg geht über rein vernunftmäßige Überlegungen:

Der Technik verdanken wir Europäer und besonders wir Deutschen im wahrsten Sinne des Wortes unser Leben, denn wäre sie nicht, hätte niemals im heutigen Europa eine solche Zahl von Menschen ernährt und — im ganzen genommen — auf einer so hohen Kulturstufe erhalten werden können, wie es tatsächlich der Fall gewesen ist und noch ist. Die Technik ist zum mindesten für Europa im eigentlichen Sinne zum Brot geworden, das das Leben von Millionen ermöglicht und erhalten hat, die der Bodenertrag unseres Erdteils nicht mehr ernährt hätte. Gegen technische Güter haben wir eingetauscht, was der eigene Boden zur Erfüllung der primitivsten Lebensbedürfnisse nicht mehr lieferte. Ein Ablehnen der Technik als einer feindlichen und bösen Macht würde bei der bisherigen Organisation der europäischen Wirtschaft gleichbedeutend mit der Vernichtung des Lebens von Millionen von Europäern gewesen sein. Niemand würde je auf den Gedanken kommen, Mängel in der Versorgung einer Volkswirtschaft im enggedrängten Europa durch eine Einschränkung der landwirtschaftlichen Produktion zu bekämpfen. Wie konnte man auf den Gedanken kommen, durch eine Einschränkung in der Verwendung der Technik die vor Jahren in den Arbeitslosenzahlen zutage getretenen Mängel der Wirtschaftsführung beseitigen zu können?

Diese Überlegungen sind von Münzinger in der Einleitung zu seinem Buch in die Worte gefaßt: „Die Technik ist . . . für den einzelnen Bürger und den ganzen Staat von ähnlicher Bedeutung wie Landwirtschaft, Heilkunde und Heereswesen . . .“.

Der zweite Weg wendet sich über Herz und Gefühl an die seelischen Erlebniskräfte des Menschen:

Wenn man einen Blick auf die Arbeit wirft, die in Lehrstätten und Forschungsanstalten geleistet wird, um immer tiefer in die Geheimnisse der Naturkräfte einzudringen, so liegt in dem bisher Erreichten bereits eine Welt des Wunderbaren erschlossen, wie sie in dieser Weite und Tiefe keiner Generation vor uns wahrzunehmen verdonnt gewesen ist.

Es ist ein langer, mühseliger und entsagungsvoller Weg, den die Forschung zurückgelegt hat, um der Technik ihr Schaffen erst zu ermöglichen. Ein Rätsel der unendlichen Mannigfaltigkeit der in der Schöpfung Gottes beschlossenen Möglichkeiten lösen, hat bisher immer bedeutet: tausend neue Rätsel und Fragen aufdecken. Welcher Menschengeist könnte vermessen genug sein, angesichts der unendlichen Vielfalt der Erscheinungen der göttlichen Werkstatt, die die Forschung aufgedeckt hat, sich als selbstgefälliger Beherrscher solcher Mannigfaltigkeit hinzustellen, der erklärte, er hätte dies alles schon gewußt oder vorher geahnt? Wer vor dieser unerschöpflichen Quelle von Wundern, die die neuzeitliche Erforschung der Natur offengelegt hat, Ehrfurcht und Demut vor dem Plan, der der ganzen Schöpfung zugrunde liegt, nicht lernt, dem — etwas anderes kann hierzu nicht gesagt werden — fehlt die Voraussetzung zu jedem tieferen Verständnis der Technik und damit zum Teilhaben an dem, was wir Kultur nennen, überhaupt. Dieser hat dann aber auch jedes Recht verwirkt, der Technik und der Wissenschaft, die diese Technik trägt, vorzuwerfen, sie führten zur Kulturlosigkeit. Wer von der Aufdeckung bisher unbekannter Zusammenhänge durch die naturwissenschaftliche Forschung und der Anwendung dieser Erkenntnisse in der Technik sagt, sie führten in den Materialismus, zur Entseelung und Kulturlosigkeit, der hat von der diese Arbeit tragenden, dem Schaffen des Künstlers vergleichbaren Schöpferfähigkeit unserer Forscher und Konstrukteure auch nicht einen Hauch verspürt.

Das Studium der Natur und die Anwendung der Naturgesetze können für den, der sich gesunde Augen erhalten hat, nie in die Nacht einer Kulturverneinung, sondern nur in die helle Klarheit führen, die zunehmendes Erkennen verschafft, und die in gleicher Stärke heute bei keiner anderen Tätigkeit des Menschen zu gewinnen sein dürfte.

So verstanden, kann es keinen Gegensatz zwischen Mensch und Technik, zwischen der Arbeit am Reißbrett und mit dem Rechenschieber und dem Wunsche jedes Menschen nach einem erlebten Leben geben. Wenn die Technik dem Menschen dies Erleben nicht schenkt, so liegt das nicht an der Technik, sondern daran, daß die Augen und

Sinne des Technikers nicht wahrnehmen, was sich hinter den Dingen tut, die er auf seinem Papier oder in der Werkstatt vor sich hat.

Wenn dies jeder Ingenieur — und für den „Hand“arbeiter gilt das gleiche — erst erfaßt hat, dann wird es kein Gefühl des Frondienstes in der Technik mehr geben, kein Doppelleben mehr: das „notwendige“ Berufsleben und das „eigentliche“ Leben, dann hat die Technik aufgehört, ein Problem zu sein, dann hat der technische Beruf das Ethos der Arbeit gefunden, das die älteren Berufe des Menschen seit langem besitzen.

Die Technik ist weder gut noch böse. Die neuzeitliche Technik ist nur eines der Arbeitsgebiete, auf denen der Mensch die sichtbarsten Erfolge errungen hat, als er auch in unserer Zeit dem Gesetz gehorchte, das mit der Macht eines Naturgesetzes durch alle Zeiten geht: Macht euch die Erde untertan!

Diese Frage nach Sinn und Wesen der Technik, die die Kernfrage alles Technischen und eine der wichtigsten Fragen unserer Generation überhaupt ist, da sie auf alle Gebiete des menschlichen Lebens, auf Frieden wie Krieg, auf Philosophie, Politik, Erziehung und Theologie ausstrahlt, wird gleichsam umrankt von einer großen Zahl von Einzelfragen, die sich mehr auf den rein technischen Bereich beschränken. Sie alle müssen jedoch geklärt werden, bevor gehandelt werden kann.

Dies ist z. B. die Frage: Führung und Gefolgschaft, die erst durch die Ausbildung der großen technischen Betriebe ihre alle anderen sozialen Fragen überragende Bedeutung erlangt hat.

Dies ist die Frage der Kameradschaft in diesen Betrieben, d. h. einer Kameradschaft des zivilen Lebens, sowohl unter den Arbeitern als auch unter den Ingenieuren.

Dies ist die Frage der Sicherung, der Verteilung und der zweckmäßigsten Ausbildung des Nachwuchses.

Dies ist ferner die Frage der Auswahl der rechten Erziehungs- und Lehrpersönlichkeiten für die technischen Schulen.

Und es sind rein technische Fragen, wie die Frage nach der Einordnung und Bewertung der einzelnen technischen Tätigkeiten: des Konstruierens, des Verwaltens, des Verkaufens, die Fragen des Ingenieur-Vertreters, des Unternehmers u. a.

Zu allen diesen Fragen finden sich in Münzingers Buch kluge Bemerkungen, die, auf dem Boden einer langen und reichen Lebenserfahrung als Ingenieur erwachsen, gewiß nicht dazu bestimmt sind, mit dem Buch in eine Ecke des Bücherschranks „zu dem Übrigen“ gestellt zu werden, sondern die mithelfen wollen, das Leben und die Arbeit der Ingenieure, wenn es geht, sinnvoller und besser als bisher zu gestalten, und die in ihrer entschiedenen und immer klaren Stellungnahme Stein des Anstoßes oder Anlaß zu begeisterter Zustimmung sein können, immer aber als Grundlage für eine ernste Aussprache zu dienen berufen sind.

Der deutschen Technik ist offenbar die Aufgabe gestellt, die sogenannten „Probleme der Technik“ aus bisher fruchtlosen und zusammenhanglosen Erörterungen heraus einer endgültigen Lösung zuzuführen.

Möge die deutsche Technikerschaft diese ihr gestellte Aufgabe rechtzeitig und in ihrem vollen Umfange erkennen! Das Buch Münzingers kann nur als Aufruf an alle deutschen Ingenieure aufgefaßt werden, an diesem Ziele mitzuarbeiten: die Technik in allen ihren Ausstrahlungen endgültig zum inneren Besitz des Menschen zu machen und sie damit als wertvollen Bestand in den überkommenen Besitz, an Kulturgütern einzuordnen.

Über das, was ein Ingenieur ist oder sein sollte, was er erlebt, und wie er dem, was an ihn herantritt, begegnen soll:

Einige, aus der Fülle anregender Betrachtungen herausgegriffene Bemerkungen Münzingers zu diesen Fragen sagen über das Anliegen des Verfassers mehr, als es eine Besprechung dieses Buches im üblichen Sinne vermöchte. Das Buch ist mit seinen 132 Seiten gleichsam ein Lehr- und Trostbüchlein für Ingenieure, das für alle Lebenslagen, in die ein Ingenieurleben führen kann, erfahrenen Rat und kluge Verhaltensmaßregeln gibt. Nur ein Ingenieur kann über das, was ein Ingenieur ist, und was ihn bewegt, so urteilen, wie es der Verfasser dieses Buches tut. Wie Münzinger den Ingenieurberuf auffaßt, sagen solche Worte: „Außerdem ähnelt mindestens der Beruf schöpferisch tätiger Ingenieure dem des Künstlers mehr als dem des Wissenschaftlers und ist, wie das Leben mancher hervorragender Erfinder zeigt, mit dem Abenteuer nahe verwandt, d. h. der Erfolg vieler Maßnahmen ist unsicher und schwere Enttäuschungen und glänzende Triumphe folgen einander oft unvermittelt.“

Klarer können Hochgefühl und Enttäuschung, die das Ingenieurdasein dem Menschen zu schenken vermögen, kaum geschildert werden. Darum braucht aber auch, wenn irgendein Beruf, der Ingenieurberuf ganze Kerle. Nicht Draufgänger allein, sondern wirkliche Könner, die fleißig, ausdauernd und intelligent sind.

„Nur Hingabe und Glaube an eine Idee“ vermögen „Großes und Dauerndes zu leisten“, sagt der Verfasser. „Wer andauernd Erfolge oder Mißerfolge hat, ist hieran fast immer selber schuld.“

Will ein Ingenieur mehr sein als ein tüchtiger Arbeiter und Geld-

verdiener, braucht er zu diesem Mehr „seelischen Schwung“, heißt es an einer anderen Stelle.

Die Worte Ludwigs XIV., die der Verfasser anführt: „Durch die Arbeit ist man König und um der Arbeit willen ist man König. Eines ohne das andere zu wollen, wäre Undankbarkeit und Vermessenheit gegen Gott, Ungerechtigkeit und Tyrannei gegen die Menschen“, könnten mit geringer Abänderung über das Ingenieurleben überhaupt gesetzt werden.

„Liebe zum Detail ist die Ursache vieler Dauererfolge, und Weniges erleichtert den Erfolg in großen Dingen so sehr, wie sich von Jugend an bemühen, im Kleinen sorgfältig und ordentlich zu sein.“

Diese Feststellung wird von jedem erfahrenen Ingenieur genau so unterschrieben werden wie das Bekenntnis zum gefühlsmäßigen Konstruieren und die Anerkennung der Bedeutung des Probierens, wo die Theorie noch versagt, die sich in den Worten ausdrückt, daß „eine primitive Maschine immer noch besser ist als gar keine, und daß der Ingenieur da, wo jede Vorausberechnung versagt, probieren muß.“

Wenn ein Ingenieur aus dieser Einstellung zum Ingenieurberuf heraus dann auf einige Mängel hinweist, die bei Ingenieuren nicht selten anzutreffen sind, und die auch mit ein Grund dafür sind, warum der Ingenieur sich nicht immer des Ansehens erfreut, das seine Leistungen eigentlich erwarten lassen, so wird man dies dem Verfasser gewiß nicht übelnehmen, sondern wird ihm dankbar dafür sein.

So heißt es: „Erfolg und Zufriedenheit im bürgerlichen wie im beruflichen Leben hängen . . . außer von der Erkenntnis des Richtigen von der Fähigkeit zur Selbstkritik ab, die sich gleichfalls jeder selber erkämpfen muß.“

Wie notwendig für Ingenieure klarer Blick und kritisches Urteil in allen Fällen sind, sagt z. B. die Bemerkung, daß, wenn man Ingenieuren nur eine wissenschaftlich aufgemachte Rechnung vorlegt, „auch studierte Menschen selbst vor falsch angewandter Wissenschaft einen an Atavismus grenzenden Respekt haben.“

Treffend ist auch die Bemerkung: „Vor Fragen haben aber viele Ingenieure aus Bequemlichkeit nur deshalb eine Scheu, weil sie fürchten, sich bloßzustellen, obgleich dies ein kleineres Übel wäre, als halbwissend zu bleiben“, und die Empfehlung: „Glaubt man etwas nicht richtig verstanden zu haben, so bitte man um Aufklärung. Man wird dann öfters sehen, daß der Befragte selber nicht recht im Bilde ist.“

Auf andere bei Ingenieuren oft anzutreffende Mängel weist der Verfasser hin, wenn er sagt: „Auch die schwere Kunst des ‚Wartenkönnens‘ gehört hierher“, oder wenn er ein Wort Klingenberg's nach einer erfolgreich verlaufenen Ingenieurbesprechung anführt: „Hätte auch ich einen Spezialisten geschickt, so wäre die Zusammenkunft fast mit Sicherheit fruchtlos verlaufen, weil Spezialisten bei solchen Gelegenheiten fast nie an Ursachen außerhalb ihres Fachgebietes denken.“

An die Zivilcourage der Ingenieure appelliert der Verfasser, wenn er sagt: „Ferner bringen es viele Ingenieure nicht über sich, einen Irrtum oder Fehler einzugestehen, obgleich bekanntlich nur besonders dumme oder passive Menschen sich niemals täuschen.“ Alfred Krupp sagte hierzu: „Wer arbeitet, macht Fehler, wer viel arbeitet, macht mehr Fehler, nur wer gar nichts tut, braucht auch keine Fehler zu machen.“ Und „Ein Ingenieur muß auch den Mut haben, die sorgfältig ausgeführten Messungen und Beobachtungen selbst dann zu stehen, wenn sie Ergebnisse zeitigen, die zunächst nicht erklärlich oder unbequem sind.“

Erfahrungen, die keinem Ingenieur erspart bleiben, sprechen aus den Worten: „Da die Hälfte unseres Lebens aus Hindernissen und unangenehmen Überraschungen besteht, können nur solche Ingenieure Großes leisten und wirkliche Führer werden, die sich gegen jedes widrige Ereignis wie gegen einen persönlichen Feind zur Wehr setzen, gleichgültig ob es sich um kleine oder große Fragen, Menschen oder Dinge handelt.“

Dem schon erwähnten bekannten Minderwertigkeitskomplex der Ingenieure, daß sie in der Öffentlichkeit ein nicht genügendes Ansehen besäßen, geht der Verfasser sehr energisch und ausführlich zu Leibe: „Das Niveau der führenden Schicht bestimmt das Ansehen eines Standes und nicht sein Durchschnitt.“ „Sind die Führenden genügend zahlreich und ihrer Aufgabe gewachsen, so wird ihr Glanz auch auf die Durchschnittlichen zurückstrahlen, sind sie es nicht, so wird der ganze Stand kein hohes Ansehen haben, so tüchtig sein Durchschnitt ist.“ Und: „Im übrigen spielt auch beim Streit um die Ebenbürtigkeit von Ständen die leidige Angewohnheit der Menschen eine Rolle, daß sie sich auch da, wo es der Allgemeinheit nichts und ihnen selber nicht viel nützt, aber leicht Verbitterung erregt, nicht damit begnügen, festzustellen, daß und weshalb etwas anders ist als das, was sie selber sind, tun oder haben, sondern mit allen Mitteln sich selbst und anderen zu beweisen versuchen, daß es weniger gut und richtig ist.“

Wie der Verfasser darüber denkt, wenn ein Ingenieur neben seinem Beruf auch noch andere Interessen hat, sagt unzweideutig: „Wer seine ganze Energie, Zeit und Intelligenz lediglich seinem Beruf widmet, wird es oft „weiter“ bringen als jemand mit umfassenden Interessen, ob er deshalb beneidenswerter ist, ist freilich eine andere Frage.

Oder: „Wenn das Leben von Ingenieuren gesund und gehaltvoll wie das anderer gebildeter Stände sein soll, muß zwischen der durch den Beruf in Anspruch genommenen und der für die Beschäftigung mit anderen Dingen verfügbaren Zeit ein vernünftiges Gleichgewicht herrschen.“ Dies ist eine Mahnung für manchen Ingenieur, der meint, für „andere Dinge“ nie Zeit zu haben.

Und so ist es nicht verwunderlich, wenn der Verfasser zusammenfassend als reifstes Ergebnis eines erfahrungsreichen Lebens das schöne Wort über das Leben von Ingenieuren findet: „Jeder Tüchtige wird es mit ähnlichen Erscheinungen sein ganzes Leben lang zu tun haben und je größer seine Tüchtigkeit und seine Menschenkenntnis sind, um so einsamer werden. Er kann daher nur gewinnen, wenn er seine Belohnung und Befriedigung in seinem eigenen Werke sucht und sichtbaren Auszeichnungen und fremdem Lobe nicht mehr Wert beimißt, als sie verdienen.“

Am Ende bleibt die Erkenntnis bestehen: „Auch seine Ingenieurseele kann der Mensch nicht ungestraft verkaufen, denn als Bedürfnis und Glück empfindet die Arbeit nur der, der sie aus innerem Drange und nicht nur des Gelderwerbes wegen ausübt.“

Über Kameradschaft unter Ingenieuren.

Mit der sicheren Grundlage der Beziehung von Soldaten untereinander, der Kameradschaft, scheint es unter den Soldaten der Arbeit eine schwierige Sache zu sein. Der Verfasser bestätigt mit seinen Bemerkungen über dies Thema Erfahrungen, die wohl jeder Ingenieur sammelt, und die ihren Grund darin haben, daß die Rivalität unter zunächst Gleichgestellten das Aufkommen dieser für die gemeinsame Arbeit überaus wertvollen Beziehung häufig erschwert.

Dies gilt nicht nur für den jüngeren Nachwuchs, sondern leider oft auch noch für ältere „Kollegen“. Darüber heißt es beim Verfasser: „Da bei der Herstellung von Maschinen Menschen der verschiedenartigsten Temperamente zusammenarbeiten müssen und häufig nicht vorausgesagt werden kann, welche Lösungsmöglichkeit die vorteilhafteste ist, es daher viel auf die individuelle Auffassung ankommt, ist es nicht verwunderlich, wenn in einer Firma auch Könner nicht immer im besten Einvernehmen miteinander leben, weil sie meist eigenwillige Naturen sind und fremde Einmischung nicht schätzen.“

Mit dem Heranziehen einer geistigen Ingenieur-Elite, sagt der Verfasser, muß schon auf den höheren Schulen begonnen werden, die technischen Hochschulen müssen die Arbeit fortsetzen, und die Industrie sollte junge Leute mit Interesse an Fragen von allgemeinem Interesse mit allen Kräften fördern: „Sonst werden ihnen banaische Kollegen das Leben noch saurer machen, als es „Spezialisten“ und Routiniers noch vor gar nicht langer Zeit einem jungen Ingenieur taten, der über technische Fragen schreiben oder sonst etwas treiben wollte, was über ihren Horizont hinausging.“

Der „Mangel an Korpsgeist unter Ingenieuren“, der in diesen und ähnlichen Erscheinungen zutage tritt, trägt die Schuld für manchen unerfreulichen Zustand, wie für die „geringe Solidarität beim Vertreten von Standesinteressen“ und „den unerfreulichen Verkehrston mancher Ingenieure untereinander“. Man könnte daher, wie der Verfasser sagt, manchmal resignieren und versucht sein, einen Ausspruch der Duse abzuändern in „plus je connais les hommes, plus j'aime les machines“.

Dieser mehr negativen Einstellung stellt Münzinger aber immer wieder die positive gegenüber: „Stets aber sollte ein Ingenieur, gleichgültig in welchem Lager er steht, bei Fachgenossen das Gemeinsame und nicht das Trennende suchen, er nützt dadurch auch dem Ansehen seines Standes.“

„Hilfsbereitschaft der verschiedensten Art ist daher für jeden rechten Ingenieur Pflicht und schon deshalb kommt er ohne Idealismus nicht aus.“

„Respektiert zu werden und aller Welt Freund zu heißen, vertragen sich nicht miteinander, und wer zwischen beiden Extremen schwankt, wird es mit allen verderben. Ein Mensch, der etwas kann, darf sich daher nicht daran stoßen, wenn andere über ihn schimpfen und ihn schlecht zu machen versuchen. Ihre Schmähungen sind meist nur natürliches Echo und Reflex seiner Tüchtigkeit und werden von einem vernünftigen Vorgesetzten auch entsprechend gewertet werden.“

Eine ausgezeichnete Lebensregel, die sowohl auf das Verhältnis der Kameradschaft als auch auf das zwischen Vorgesetzten und Untergebenen, wie vielleicht auf alle Beziehungen von Menschen untereinander anzuwenden ist, gibt die Empfehlung des Verfassers: „Ein recht zuverlässiges Bild von den Fähigkeiten verschiedener Menschen, auch wenn sie einem nicht sympathisch sind, bekommt man, wenn man sich fragt, welchen von ihnen man bei einer schweren Erkrankung zuziehen würde, falls er Arzt wäre.“

Vorgesetzte und Untergebene, Führung und Gefolgschaft.

Zuvorderst sollten Vorgesetzte wie Untergebene wissen, daß . . . ein in vielen Jahren aufeinander eingespielter Ingenieurstab mehr bedeutet als die Summe seiner einzelnen Intelligenzen.“

Einige Regeln, die sich jeder Vorgesetzte zur Richtschnur seines Handelns machen sollte, sind in diesen Sätzen enthalten:

„Wie der gebildete, so will auch der einfache Mensch von Ehrgefühl vor allem „ästimiert“ sein.“

„Je höher ein Mensch steigt, um so härter muß er gegen andere, aber auch gegen sich selber sein können, denn auch in der Technik lassen sich große Ziele ohne Härten oft nicht erreichen. Wer nicht ‚nein‘ sagen kann, ist für viele Posten ungeeignet.“

Gerade in der Technik muß selbstverständlich sein: „Immer sollte die Leistung und nicht die Art der Vorbildung für Stellung und Bezahlung maßgebend sein.“

Jeder Vorgesetzte sollte aber auch wissen: „Da gerade hochbegabte Ingenieure manchmal Perioden haben, während derer sie ein Problem bis zur völligen Gleichgültigkeit gegen alles andere in Anspruch nimmt, empfinden sie eine Normierung oft wie eine Zwangsjacke. Auf sie wird ein klug geleitetes Unternehmen nach Möglichkeit ebenso Rücksicht nehmen wie auf sog. „Originale“, die sich durch ungewöhnliche fachliche Leistungen auszeichnen, mancher Firma eine spezifische Note geben und beim Kunden manches erreichen, was einem anderen nicht gelingt. Größeren Unternehmen, die keine Originale haben, fehlt es oft an geistiger Beweglichkeit und Frische.“

In diesem Sinne muß auch ein Vorschlag des Verfassers gewertet werden, der zunächst vielleicht in die feste Organisationsform großer Betriebe schwer einführbar erscheint, bei dem Nutzen, den seine Durchführung jedoch für den Betrieb selbst wie für die ganze Wirtschaft bedeuten könnte, ernsthaft beachtet werden sollte. Dieser Vorschlag ist, mit der Erledigung von Dingen, die sich für ressortmäßige Bearbeitung nicht eignen und deren Beurteilung viel Lebenserfahrung verlangt, erfahrene und vielseitige Ingenieure zu betrauen, „indem sie von einem bestimmten Alter an von der routinemäßigen Arbeit weitgehend entlastet werden, aber die Autorität behalten, die es ihnen erlaubt, in das laufende Geschäft einzugreifen, wenn es ihnen erforderlich scheint“.

Manche Angestellte vermögen sich in die Pflichten und Sorgen der leitenden Herren nicht recht hineinzudenken. Für sie sagt Münzinger: „Ein vielbeschäftigter Mensch muß, wenn er mit seiner Zeit auskommen und die Übersicht nicht verlieren will, eine bestimmte Arbeitssystematik einhalten, die andere leicht als Pedanterie auslegen. Deshalb verlangt er auch oft umgehende Erledigung seiner Aufträge, damit sein Kopf von dem betreffenden Gegenstand möglichst schnell wieder frei und für andere Dinge aufnahmefähig wird.“

Für dies klare Wort wird mancher, dem es im Berufsleben ähnlich ergeht, Münzinger dankbar sein.

Eine wichtige Erfahrung ist in diesen beiden Sätzen niedergelegt: „Charaktervolle, kenntnisreiche Vorgesetzte ziehen ähnliche Menschen an, Firmen und Abteilungen ohne tüchtigen Nachwuchs haben oft Leiter, die ihrer Aufgabe nicht gewachsen sind.“ Und: „Gerechtigkeit und Treue müssen daher das Verhältnis eines Vorgesetzten zu seinen Untergebenen kennzeichnen; mit diesen beiden Eigenschaften kann auch ein strenger, vieles verlangender Mann Verehrung und Ergebenheit der ihm Unterstellten gewinnen.“

An ein bekanntes Fichte-Wort klingt diese Forderung des Verfassers an: „Idealzustand wäre, wenn jeder Angestellte sich so verhielte, als ob das Unternehmen ihm gehörte, und wenn jeder Vorgesetzte seine Untergebenen so behandelte, als ob die Verantwortung für ihr Wohlergehen auf ihm persönlich lastete.“

Die schönsten Worte aber, die der Verfasser über das Verhältnis zwischen Vorgesetzten und Untergebenen gefunden hat, stehen in der dem Buch vorangestellten Widmung: „Dem Gedenken derer gewidmet, die mir im Leben durch ein freundliches Wort oder einen guten Rat weitergeholfen haben“, womit er zugleich für seine eigene Haltung das schönste Zeugnis ablegt.

Das Problem der Nachwuchssicherung.

Daß diese Frage nicht nur ihre materielle Seite hat, wird von dem Verfasser überzeugend dargestellt. Dies haben zum Teil schon die vorher angeführten Äußerungen über das, was ein Ingenieur sein soll, und was er sich und seinem Stande vor allem an Selbsterziehung schuldet, dargelegt.

Von allen beteiligten Stellen sollte die Ansicht des Verfassers beachtet werden, daß es zum Heranziehen einer geistigen Ingenieur-Elite vor allem junger Leute mit Interesse an Fragen von Allgemeininteresse bedarf, die in den höheren Schulen, in den technischen Hochschulen und von der Industrie mit allen Mitteln gefördert werden sollten. Wird diese Arbeit, so sagt der Verfasser, nicht geleistet, „so wird der Ingenieurstand weder eine Stellung erreichen, die seinen Leistungen entspricht, noch kann er seine Leistungen zu der Höhe empor-schrauben, die infolge der in ihm vereinigten Intelligenz und Hingabe an sich erreichbar wäre, weil ihm zu wenig Anregungen und Menschen aus anderen Kreisen zuströmen und sein Denken und Handeln zu sehr durch die unmittelbar vor ihm liegenden Aufgaben beherrscht werden.“

Unter den Ursachen für einen unzureichenden Ingenieurnach-

wuchs erscheint besonders wichtig die Feststellung: „Dazu kommt, daß viele junge Leute gegen die Eingliederung in die Organisation einer Fabrik schon gefühlsmäßig eine Abneigung haben, während ihnen diejenige in das Offizierkorps oder die Beamtschaft etwas Selbstverständliches ist.“

Dies ist, wenn man an das vorher über Kameradschaft Gesagte denkt, nicht schwer zu erklären und öffnet einen Blick auf die Tragweite der auf dem Gebiet der Menschenführung zu leistenden Arbeit an Erziehung, Selbsterziehung und in der Organisation der Betriebe.

Mit der endgültigen und alle Teile befriedigenden Lösung der Nachwuchsfrage würde auch ein großer Teil, wenn nicht sogar der wichtigste, des sogenannten Problems der Technik gelöst sein.

Ingenieurschulen und Professoren.

Mit den Fragen der Sicherung und Erziehung eines geeigneten Nachwuchses hängen die Fragen der Erziehungsanstalten und der Auswahl der Erzieher eng zusammen. Unter den vielen Vorschlägen, die für eine Reform des Ingenieurunterrichts gemacht sind und fortlaufend weiter gemacht werden, sollten die Bemerkungen eines so erfahrenen Mannes wie Münzingers keine geringe Rolle spielen. Über diese Fragen sagt der Verfasser: „Angesichts der knappen verfügbaren Zeit ist es . . . das kleinere Übel, die Zahl der technischen Kollegs etwas zu beschränken, um die Studenten mit den großen Zusammenhängen vertraut machen zu können.“

Was immer wieder festgestellt wird, findet sich auch bei Münzinger: „Die Frage, ob der heutige Hochschulbetrieb überhaupt zweckmäßig ist, taucht immer wieder auf. Viele von Diplomingenieuren bekleidete Stellungen können tüchtige höhere Maschinenbauschüler ebensogut ausfüllen, zumal gesunder Menschenverstand oft mehr benötigt wird als großes Fachwissen, und tüchtige Maschinenbauschüler ihr Studium mit mehr Eifer betreiben als viele unterdurchschnittliche Abiturienten.“

Ein Vorschlag, der zweifellos von zahlreichen Praktikern geteilt wird, und den der Unterzeichnete bei seiner Lehrtätigkeit in der Schiffbauabteilung der Technischen Hochschule Charlottenburg gleichfalls mehrfach angeregt hat, ist dieser: „Da größere Maschinen in der Praxis in Gemeinschaftsarbeit entworfen werden, könnte es sich empfehlen, wenigstens eine der Konstruktionsarbeiten auf der Hochschule von mehreren Studenten gemeinsam anfertigen zu lassen.“

Immer wieder aber wird vergessen: „Im übrigen brauchen viele sehr tüchtige und von vorzüglichen Lehrern unterrichtete Studenten nach ihrem Studium eine gewisse Zeit, um das, was sie gelernt haben, zu verdauen und sich ganz anzueignen.“

Und dann die Forderungen an den Hochschulprofessor, denen nur ein Wort hinzuzufügen, ihre Kraft und Richtigkeit abschwächen hieße.

„Wer Lehrbefähigung und solide Fachkenntnisse mit der Gabe verbindet, seinen Schülern auch als Mensch etwas sagen und sie für eine Idee begeistern zu können, ist der beste Erzieher.“

„Man könnte aus diesen Gründen vielleicht von Zeit zu Zeit hervorragende Persönlichkeiten aus der Industrie über Probleme, die durchaus nicht rein technischer Natur zu sein brauchen, mit Vorteil vor Studenten sprechen lassen.“

Als eine der Ursachen für das unbefriedigende Ansehen des Ingenieurstandes nennt Münzinger: „den Mangel der Hochschulprofessoren an Wissen um die geistigen Grundlagen der Technik.“

„Zum glücklichen Lösen dieser Aufgabe braucht ein Lehrkörper wenigstens einige Professoren, die mehr sind und mehr zu sagen haben als tüchtige Obergeringeneure.“

Konstruieren und Konstrukteure.

Unter allen Fragen der Technik spielen die Klagen über das Nachlassen der konstruktiven Fähigkeiten und das mangelnde Interesse der jungen Studierenden am Konstruieren, das als eine minderwertige, weil minder bezahlte und nicht leitende Tätigkeit gilt, heute eine wichtige Rolle¹. Hierzu sich zu äußern, sind Konstrukteure vom Range des Verfassers in allererster Linie berufen, und jedes Wort, das von dieser Seite kommt, sollte von den Stellen, die auf die Ausbildung und auf die Beschäftigung von Konstrukteuren Einfluß haben, beachtet werden, denn auf welcher Tätigkeit beruhte letzten Endes die Technik mehr als auf der Leistung der Konstrukteure?

Grundlage allen Konstruierens: „Kein Glied unseres Körpers ist für erfolgreiches Ingenieurschaffen so wichtig und kein Glied ließ eine verkehrte Erziehung Dezennien hindurch so verkümmern wie das Auge.“

Nach dem bereits Gebrachten ist es kein Wunder, aber bei einem erfahrenen und erfolgreichen Konstrukteur doch bemerkenswert, das nachstehende Bekenntnis zum gefühlsmäßigen Konstruieren und damit zum Ansetzen aller menschlichen Kräfte, nicht nur des Verstandes (der Ratio) beim Konstruieren zu lesen:

„Er (der Konstrukteur) kann allerdings nicht immer angeben, wo der Fehler liegt, denn er fühlt die Schwäche oft mehr, als er sie

¹ S. z. B. Energie 20. Jg., Heft 11, Nov. 1941, S. 213.

verstandesmäßig erkennt, und wird dann nur sagen können, „so würde ich es nicht machen.“

Und: „Bei anderen und mir selber konnte ich immer wieder feststellen, wie berechtigt sich ein solches ‚Gefühl‘ über kurz oder lang oft erweist. ‚Mathematik-Ingenieure‘, die es nicht haben, und die glauben, alles, was nicht mit Zirkel, Winkel und Formeln sich beweisen läßt, existiere nicht, halten die Worte ‚so würde ich es nicht machen‘, aber oft für kein Argument und kümmern sich daher um diesen Rat nicht. Eine Auseinandersetzung mit ihnen über konstruktive Fragen ist für einen wirklichen Ingenieur ähnlich unerquicklich, wie eine Unterhaltung über Fragen der Kunst mit einem gänzlich amüsischen Menschen.“

„Aus allen diesen Gründen ist Sehenlernen für Ingenieure von allergrößter Wichtigkeit.“

An der Industrie aber liegt es, aus folgender Feststellung die geeignete Folgerung zu ziehen:

„Infolge ihrer ganzen Einstellung eignen sich manche sehr gute Konstrukteure für die Leitung ganzer Fabriken oder ähnliche Posten nicht. Es ist aber nicht einzusehen, weshalb sie bei entsprechenden konstruktiven Leistungen finanziell nicht sollten ähnlich gestellt werden können wie leitende Persönlichkeiten.“

Münzinger sagt weiter: Würde man hiernach verfahren, „d. h. dem Konstrukteur den gebührenden Platz einräumen, dann wird der Mangel an tüchtigen Konstrukteuren wohl bald von allein aufhören.“

Der Beruf des Konstrukteurs aber an sich ist eine Quelle höchsten Glückes, weil das beim Konstruieren erforderliche und bewußt empfundene Gefühl schöpferischen Tätigseins wohl die höchste Stufe menschlichen Empfindens darstellt, das Ingenieur und Künstler gleichermaßen kennen und beider Schaffen mit den Schöpfungskräften der Natur am innigsten verbindet. Münzinger führt hierzu das schöne Wort Werner von Siemens' über Erfinder an: „... wenn das fehlende Glied einer Gedankenkette sich glücklich einfügt, so gewährt dies das erhebende Gefühl eines errungenen geistigen Sieges, welches allein schon für alle Mühe des Kampfes reich entschädigt und für den Augenblick auf eine höhere Stufe des Daseins erhebt.“

Mit dem feinen Humor des Wissenden fügt Münzinger zu diesem Thema hinzu: „Da aber nur wenige die beglückende Wirkung, die die Arbeit haben kann, kennen, ist die Zahl derer nicht groß, die sich den Luxus leisten, sich als Ingenieure auszuleben.“

Über die Beziehung zwischen Konstrukteur und Kaufmann heißt es:

„Zuweilen steht man ... unter dem Eindruck, als ob die dazu Berufenen den Ingenieur-Geschäftsmann mit der Ehrung auszeichneten, die dem Ingenieur-Techniker zusteht.“

Daß aber eine grundsätzliche Neubewertung der Konstruktions-tätigkeit in dem von Münzinger angedeuteten Sinn, die alle Besorgnisse wegen eines ausreichenden Konstruktournachwuchses wahrscheinlich am gründlichsten und schnellsten beheben würde, sich keineswegs nur in einer zusätzlichen Belastung des Betriebes und in einer Erhöhung der „Unkosten“ auszuwirken braucht, geht aus folgender Feststellung hervor: „Die übrigen Büros mancher Fabrik könnten wesentlich verkleinert und viele unangenehme Auseinandersetzungen mit der Kundschaft vermieden werden, wenn man das Konstruktionsbüro besser dotieren und seine Leitung einem fähigeren, wenn auch teureren Konstrukteur unterstellen würde.“

Der Unternehmer.

Daß bei diesem Verfasser die Anerkennung der Leistungen des Unternehmers wie das Wissen um das Maß seiner Verantwortung Selbstverständlichkeit sind, bedarf kaum der Erwähnung. Es findet seinen Ausdruck in verschiedenen Äußerungen, so, wenn es heißt: „Jedenfalls haben die Schöpfer großer Unternehmen oft erst die Voraussetzungen geschaffen, auf Grund derer Erfinder erfolgreich arbeiten konnten und durch das Zusammenschweißen eines hochwertigen Arbeiter- und Ingenieurstabes etwas geleistet, was mit dem Wirken eines großen Hochschullehrers verglichen werden kann, auch wenn sie alles andere als Theoretiker waren.“

Oder: „Sie (gerade akademisch gebildete doktrinär veranlagte Ingenieure) begreifen nicht, daß ein industrieller Kapitän anders veranlagt sein muß als z. B. ein in der Ruhe eines Laboratoriums arbeitender Ingenieur, daß ein Mann, auf dem eine ungewöhnliche Verantwortung lastet, und der ständig große Widerstände zu überwinden hat, nicht sehr sanftmütig sein kann.“

Die schiefe Beurteilung von Industrieführern hat nach Münzinger ihren Grund z. T. in „einem verniedlichenden Geschichtsunterricht“, der diese Männer ebenso wie Feldherren und Staatsleute „nicht als der Schwächen und Leidenschaften behaftete Menschen aus Fleisch und Blut, sondern als wahre Musterknaben von Selbstlosigkeit, Tugend und Verträglichkeit“ schildert.

„Daher kommen auch unter Gebildeten Ansichten zustande wie die, ein Industriekapitän müsse entweder sehr brutal oder über die Maßen klug oder ein genialer Ingenieur oder ein überaus schlauer

Politiker sein, während er doch seine Sache vorzüglich machen kann, wenn er von jeder dieser Eigenschaften etwas hat.“

Daher empfiehlt der Verfasser: „Manche Biographien bedeutender Männer, deren Studium nicht warm genug empfohlen werden kann, hätten einen noch größeren Bildungswert, wenn ihre Verfasser auch die schwachen Seiten ihrer Helden ungeschminkt schildern und den Konflikt zwischen ihnen und den positiven Charaktereigenschaften zeigen würden.“

Über die **Bürokratie in der Technik** seien nur zwei Sätze aus dem Münzingerschen Buch angeführt:

„Gerade Dinge, die man ebensogut so als auch anders machen kann, sind ein beliebter Tummelplatz rede- und konferenzfreudiger Menschen und führen zu arger Zeitverschwendung und nutzlosen Meinungsschlachten. Auch leben viele Ingenieure in dem Wahn, es geschehe ein Unglück, wenn nicht jedes Ding auf Erden taxiert, normiert und registriert, sondern dem Ermessen des einzelnen etwas Spiel gelassen wird.“

Die Gedanken des Verfassers über

Sinn, Bedeutung, Stellung und Aufgabe der Technik,

als besonderes Aufgabengebiet gesehen, wie in ihrer Beziehung zum Allgemein-Menschlichen, können nach den bisher gebrachten Beispielen kaum noch überraschen.

Zwar sieht auch Münzinger den Wert der Technik durchaus rationalistisch, wenn er z. B. über die Lokomotive sagt: „Sie hat die gewaltigen Agrargebiete des amerikanischen Westens, Kanadas, des La Plata und Sibiriens erschlossen, ohne deren Ertrag die heutige Bevölkerung der Erde auch nicht annähernd ernährt werden könnte, und erinnert an das biblische Wort: ‚Füllet die Erde und machet sie euch untertan‘. Durch die Besiedelung dieser weiten Gebiete verursachte die Dampflokomotive eine zweite Völkerwanderung, die in der Zahl der Beteiligten der ersten kaum nachstehen dürfte und die größte Kolonisation aller Zeiten ist.“

Daneben steht aber die über das Rationale hinausgehende Bedeutung der Technik: „Mit dem Bau unserer Bahnen haben ... die deutschen Ingenieure eine der wichtigsten Grundlagen für die Erringung der deutschen Einheit geschaffen, weil erst der zunehmende Verkehr die enge Berührung zwischen den verschiedenen Stämmen unseres Volkes herbeiführte, die zum Überwinden dynastischer und partikularistischer Sonderinteressen nötig war.“

Er kommt danach zu der klaren Erkenntnis: „Nicht die Dampfmaschine an sich ist an den unerfreulichen Begleiterscheinungen der Industrialisierung schuld, sondern der stümperhafte Gebrauch, den die Menschen von dieser Gabe des Himmels machten, und ihr Mangel an Voraussicht.“

So sagt er über die Folgen der Technisierung in England: „Die Folgen der seinerzeitigen Passivität und Fehlgriffe waren schlimm genug. Der Ersatz gelernter Arbeiter durch Frauen und Kinder und das planlose Zusammentreiben und unwürdige Unterbringen der großen Arbeiterheere zerstörte eine in Jahrhunderten organisch gewachsene soziale Ordnung; die Auswüchse von Liberalismus und Kapitalismus führten zu Streiks, Klassenkampf, rücksichtslosem Kampf des Stärkeren gegen den Schwächeren und dauernden Angriffen gegen die staatliche Autorität durch diejenigen, die sich betrogen oder an noch stärkerer Ausnutzung anderer gehindert fühlten. Die Maschine, die bei planmäßiger Lenkung zum Segen für die Menschheit hätte werden können, wurde zu ihrem Fluche.“

Die Ärzte sind ein Berufsstand, der über die naturwissenschaftlichen Grundlagen die meisten Berührungspunkte mit der Technik hat, und der daher die Sorgen der Technik am ehesten als eigene empfindet. Im Erkennen der Ursachen und in der Auseinandersetzung mit ihnen sind die Ärzte, als eine der seit jeher bedeutendsten Kulturgruppen, den Ingenieuren voraus. So führt der Verfasser von zwei bekannten Ärzten Urteile über die Technik an, die über das Wesen der Technik mehr sagen, als es mancher Ingenieur vermöchte. „Sauerbruch hat daher mit seiner Ansicht zweifellos recht, daß alles, was mit der Technik an maschineller Leistung möglich wurde, an sich ein unbedingter Fortschritt ist und, richtig angewendet, auch dem kulturellen Leben der Völker Gewaltiges zu bieten vermag.“

Dem Wesentlichen noch näher aber kommt Münzinger, wenn er das Wort des Arztes Emil v. Behring, man müsse die Gabe haben, „sich über etwas wundern“ zu können, auch auf den Ingenieur angewandt wissen möchte.

In der gleichen Richtung liegen Worte von Prof. Slaby, die in dem um die Jahrhundertwende um die Wüschelrute entbrannten Streit gefallen sind: „Ob die Wüschelrute die ihr zugeschriebene Wirkung hat, entzieht sich meiner Kenntnis. Wenn sie aber Wissenschaftler lediglich deshalb als Humbug bezeichnen, weil sie sich ihre Wirkung nicht erklären können, so begehen sie meines Erachtens einen grundsätzlichen Fehler, denn der Umstand, daß der Mensch sich eine Erscheinung nicht erklären kann, beweist noch lange nicht, daß sie nicht existiert.“

Unter den Ursachen, warum das Ansehen des Ingenieurstandes unbefriedigend sei, führt Münzinger als letzten, aber wohl entscheidenden Punkt an: „... daß das technische Werk als Erzeugnis eines klügelnden Verstandes zwar Staunen erwecke, aber die Seele des Volkes unberührt lasse, das nicht verstehe, daß überragende technische Pionierarbeiten dieselben schöpferischen Kräfte erfordern wie Werke der bildenden Kunst usw. usw.“

Zum Schluß seines Buches sagt der Verfasser dann über die tausend Dinge, die den Ingenieuren täglich in der Natur oder bei ihrer Arbeit entgegentreten: „Den einen erscheinen sie immer wieder wie Wunder, den anderen sind sie nüchterne Gesetzmäßigkeiten, die man zu seinem Vorteil zu verwerten versuchen sollte, wegen derer es sich aber nicht lohnt, viel Aufhebens zu machen. Die letzteren mögen es zu mehr Geld und Ansehen bringen, die glücklicheren und wahrscheinlicher auch die weiseren sind sie schon deshalb nicht, weil ihnen die Technik schwerlich zum inneren Erlebnis wird. Die Ansicht von Werner von Siemens, daß das Studium der Naturwissenschaften die Menschen idealen Bestrebungen keineswegs abwendig mache, sondern sie im Gegenteil zu demütiger Bewunderung der die ganze Schöpfung durchdringenden, unfaßbaren Weisheit führen müsse, trifft auch für die Ingenieurwissenschaften zu.“

Für den Ingenieur, wie ihn Münzinger fordert, und wie ihn der Verfasser selbst wohl in weitestem Umfange für sich zu verwirklichen

bestrebt ist, gilt dies: „... für sie sind Mensch und Maschine keine Gegensätze, sondern Teile einer harmonischen Einheit.“

Münzinger hat seinem Buch einen Kupferstich aus dem Jahre 1698 vorangestellt, in dem dargestellt wird, was damals unter der Tätigkeit eines Ingenieurs verstanden wurde: ein Vermessungsingenieur bei seiner Arbeit. Offenbar haben aber schon damals manche, wie anscheinend auch der Kupferstecher, geglaubt, daß Klugheit und Intelligenz (die man auch damals offensichtlich schon als notwendige Eigenschaften von Ingenieuren ansah) das Seelenheil der Ingenieure gefährdeten, denn so erklärt sich wohl der Satz, den der Zeichner wohlmeinend über sein Bild gestellt hat, und aus dem ebenso der ernste Mahner wie der Schalk spricht: „Was hilft hie Städte messen und Gottes Stadt vergessen.“

Gewiß ließe sich noch manches mehr, vieles deutlicher und vielleicht auch einiges anders sagen, als es der Verfasser tut; aber es ist schon ein Gewinn, daß dies gesagt ist. Hierzu Einsicht und Mut gehabt zu haben, sei dem Verfasser gedankt.

Lehrer, Eltern und nicht zuletzt die Jugend mögen das hier Gesagte nicht nur lesen, sondern sehr ernst durchdenken; diejenigen aber, die den Weg zur Technik einschlagen, mögen hiernach handeln und leben, der deutschen Technik zur Ehre, sich selbst und ihrem Volke zum Gewinn!

K l i n d w o r t.

Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Dr.-Ing. Günther Lehmann, Deutsche Werft, Hamburg.

V o r b e m e r k u n g e n.

Die Zeitschrift „Werft-Reederei-Hafen“ brachte im 21. Jahrgang Heft 9/1940 eine Arbeit des Herrn Dr. Lehmann über „A u s w e r t u n g v o n S c h o t t e n v e r s u c h e n“, die bei den Lesern der Zeitschrift „Werft-Reederei-Hafen“ als bekannt vorausgesetzt wird. Hierzu brachte die Zeitschrift „Schiffbau-Schiffahrt-Hafenbau“ anderthalb Jahre später in Heft 15/1941 eine Kritik von Herrn Prof. Schnadel unter dem Titel „Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung“, die hier als nicht bekannt vorausgesetzt werde. Deshalb sei der Inhalt der Prof. Schnadelschen Kritik in deren charakteristischen Zügen auszugsweise hier wiedergegeben:

Es wurde von Herrn Prof. Schnadel zum Ausdruck gebracht, daß das von Dr. Lehmann empfohlene Verfahren praktisch keinen Fortschritt bringe, und daß man sich einer Selbsttäuschung hingabe, wenn man glaube, mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung wesentlich andere Ergebnisse erreichen zu können, als mit einer einfachen Mittelwertbildung.

Die Einspannmomente auf der einen Seite werden stark positiv und auf der anderen stark negativ, und zwar ergäben sich negative Einspannmomente bis 7600 mkg. Derartige Verhältnisse seien im vorliegenden Fall physikalisch unmöglich. Man könne sich nur schwer vorstellen, wie der Verfasser des Aufsatzes bei derartigen Streuungen auf den Gedanken kommen konnte, daß man durch eine Wahrscheinlichkeitsrechnung einen auch nur annähernd richtigen Mittelwert finden könnte. Die Fehler erscheinen ihm so groß, daß er das übliche Verfahren der Mittelwertbildung als unbrauchbar ablehne. Man solle meinen, daß Dr. Lehmann, der sich mit solchen Fragen nach seinen eigenen Angaben sehr intensiv beschäftige, sich wenigstens die Mühe gemacht hätte, zu prüfen, ob seine Behauptungen richtig seien, um den Unterschied der verschiedenen Rechnungsarten festzustellen.

Insbesondere sei auch auf die Streuungsbilder und die im Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragenen Auflagerdrücke und Einspannmomente hinzuweisen. Im Streuungsbild seien nur 28 Werte statt 66 Werte aufgeführt. Da der wahrscheinliche Wert an Hand der Streuungsbilder bestimmt würde, sei anzunehmen, daß die Berechnung sich nur auf 28 bzw. 15 Werte stütze. Es läge daher überhaupt keine Wahrscheinlichkeitsrechnung mehr vor, sondern nur ein willkürlich angenommener Wert, der als etwa wahrscheinlich geschätzt wird.

Ein Ergebnis, das sich auf eine Untersuchung stütze, bei der $\frac{3}{4}$ aller Werte von vornherein als unbrauchbar weggelassen werden müßten, habe keinen Anspruch auf irgendwelche Glaubwürdigkeit. Es sei nicht zulässig, willkürlich Meßpunkte herauszulassen, wenn man einen wahrscheinlichen Mittelwert aus Messungen bilden wolle.

Wenn Meßpunkte weggelassen würden, so müsse zunächst eine Begrenzung der Fehler vorgenommen werden, so daß die Grundsätze der Fehlerausgleichsrechnung gewahrt blieben. In Abb. 4 seien von den 132 möglichen Auflagerdrücken nur 115 aufgezeichnet. Offenbar habe der Verfasser auch hier eine Reihe von Werten

ohne Begründung willkürlich ausgelassen, weil sie nicht das von ihm erwünschte und erhoffte Ergebnis brachten.

Nun solle aber im Besonderen gezeigt werden, daß bei der Berechnung grobe Fehler und Mißgriffe unterlaufen seien. Es sei allgemein bekannt, daß eine Wahrscheinlichkeitsrechnung nur dann einen Sinn habe, wenn eine große Zahl unabhängiger Meßwerte vorhanden sei. Die Meßwerte müßten nicht nur in großer Zahl, sondern auch unabhängig voneinander sein. Diese beiden Grundregeln seien in den Untersuchungen überhaupt nicht beachtet worden. Die von Dr. Lehmann aufgestellten Behauptungen, daß er mit Hilfe der Großzahlforschung Auflagerdrücke und Einspannmomente bestimmen könne, würden widerlegt, da große Zahlen von unabhängigen Messungen überhaupt nicht vorlägen. Hierin irre Dr. Lehmann grundsätzlich, da die Werte, aus denen er seine Rechnungsergebnisse ableite, voneinander abhängig seien. Es sei schwer verständlich, wie dem Verfasser des Artikels diese einfachen Zusammenhänge entgangen seien, obwohl er sich schon lange eingehend mit Wahrscheinlichkeits- und Fehlerausgleichsrechnung befasse. Es handle sich doch um bekannte Tatsachen. Die Überschätzung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei der Festigkeitsforschung sei lediglich geeignet, den Ingenieur über die wirklichen Verhältnisse zu täuschen und ihn zu gefährlichen Fehlschlüssen zu verführen.

Eine nutzbringende Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung könne dagegen in der wirklichen Großzahlforschung gesehen werden, wie sie beispielsweise von D a e v e s und anderen in der Materialprüfung eingeführt worden sei.

Hier lägen tausende von unabhängigen Beobachtungen vor, welche auf diese Weise in ein System eingefügt werden könnten. Soweit die Prof. Schnadelsche Kritik.

Hierzu hat Dr. Lehmann in der Zeitschrift „Schiffbau-Schiffahrt-Hafenbau“ Heft 20/1941 Stellung genommen, woran sich eine kurze Stellungnahme von Dr. Dahmann und eine nochmalige Äußerung von Prof. Schnadel anschloß. Die hier folgenden Ausführungen geben die Darlegungen Dr. Lehmann's im „Schiffbau“ in erweiterter Form wieder. Dem Interesse der Urteilsbildung glaubten wir zu dienen, wenn wir die Aufnahme der Gegenäußerungen Dr. Lehmann's davon abhängig machten, daß ihnen Bestätigungen anderer namhafter, für diese Fragen zuständiger Wissenschaftler beigefügt wurden. Dem entsprechen einmal die in die Arbeit jetzt eingestauten Bemerkungen des Herrn Dr. phil. Beckel, des Mitarbeiters des Herrn Dr.-Ing. D a e v e s, Direktors der Kohle und Eisenforschung G. m. b. H. der Vereinigten Stahlwerke, Düsseldorf, sowie die dem Aufsatz nachgeführten Gutachten der Herren Generaldirektor Prof. Dr. Riebesell, Dr. phil. Beckel und Dr.-Ing. D a e v e s. Diese Wissenschaftler von internationalem Ruf haben sich in dankenswerter Weise der hier nötigen Aufklärungsarbeit angenommen. Festgestellt darf hier werden, daß Dr. Lehmann als erster Schiffbauer die Methoden der Großzahlforschung, welche sich andere technische Forschungsgebiete bereits erobert haben, in die Schiffbauwissenschaft eingeführt hat. Es folgen nun die Ausführungen Dr. Lehmann's.

Schriftleitung.

Die Auswertung der Schottenversuche der Deutschen Werft (5)¹ nach den von Dr. Dahlmann (3) entwickelten Ableitungen haben Schwankungsbereiche für rechnerisch mögliche Auflagerkräfte und Einspannmomente ergeben, die zum Teil über die durch die Belastung und die statischen Eigenschaften des Trägers gezogenen physikalisch möglichen Grenzen hinausgehen. Zur Erklärung dieser Tatsache und zur Begründung der Anwendung des Wahrscheinlichkeitsnetzes auf die Auswertung der Versuchsergebnisse ist es erforderlich, die Zusammenhänge zu untersuchen, die zu den Schwankungen für die aus der Durchbiegung des Schottes ermittelten rechnerisch möglichen Auflagerkräfte und Einspannmomente führen.

Nach den Dr. Dahlmannschen Gleichungen sind zur Ermittlung der Auflagerkraft und des Einspannmomentes je zwei Durchbiegungswerte erforderlich. Da die gemessenen Durchbiegungen ($y_1; y_2$) an den einzelnen Meßstellen ($x_1; x_2$) mit Meßfehlern behaftet sind, werden sich diese Fehler nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz auf die rechnerisch mögliche Auflagerkraft A und auf das rechnerisch mögliche Einspannmoment M_A gemäß $A = f(y_1; y_2)$ und $M_A = f(y_1; y_2)$ übertragen. In Abb. 1 ist ein Grenzfall dargestellt für zwei um die Strecke Δx auseinanderliegende Meßstellen. Die Durchbiegung an der Stelle x sei mit absoluter Genauigkeit festgestellt, während die Durchbiegung an der Stelle $(x + \Delta x)$ mit dem Meßfehler Δy behaftet sei. Durch diese beiden Meßpunkte wird eine gestrichelte Durchbiegungslinie festgelegt, die von der wirklichen (in Abb. 1 ausgezogenen) Durchbiegungslinie abweicht und im Grenzfall $\Delta x \rightarrow 0$ bei beliebig kleinem Fehler Δy sogar senkrecht zur 0 -Basis steht und mit der wirklichen Durchbiegungslinie nichts mehr gemein hat.

Es ist ohne weiteres klar, daß aus der Kombination der beiden Meßpunkte x und $(x + \Delta x)$ mit einer Fehlmessung Δy bei der Meßstelle $(x + \Delta x)$ keine physikalisch möglichen Werte für die zu der wirklichen Durchbiegungslinie gehörenden Auflagerkraft und für das Einspannmoment errechnet werden können.

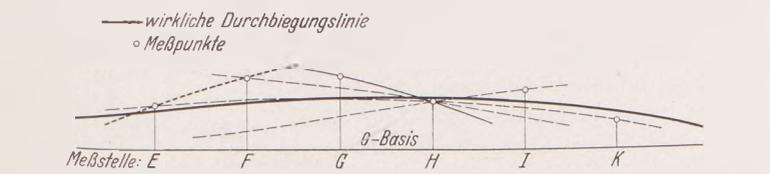


Abb. 1. Grenzwertbetrachtung für die Durchbiegungs-Fehlmessung an der Stelle $(x + \Delta x)$ mit dem Fehler $\Delta y \rightarrow 0$ zweier um den Betrag $\Delta x \rightarrow 0$ entfernter Meßstellen.

In Abb. 2 sind über den Meßstellen E bis K die Fehlmessungen der Durchbiegungslinie schematisch und zur besseren Anschauung etwas über das praktisch in Erscheinung tretende Maß aufgetragen. Je zwei gemessene Durchbiegungspunkte legen eine rechnerisch mögliche Durchbiegungslinie fest, die erzeugt wird von der gegebenen Belastung, aus einer den gemessenen Durchbiegungswerten entsprechenden rechnerisch möglichen Auflagerkraft und einem rechnerisch möglichen Einspannmoment. Da die Belastung und die statischen Eigenschaften des Trägers gegeben sind, kann die durch zwei fehlergemessene Punkte und durch die Grenzbedingung $y = 0$ bei $x = 0$ und $x = l$ festgelegte Durchbiegungslinie nur durch eine rechnerisch mögliche Auflagerkraft A und durch ein rechnerisch mögliches Einspannmoment M_A erzeugt werden, das von der wirklichen Auflagerkraft und von dem wirklichen Einspannmoment abweicht. Je nach der Größe der Abweichung der fehlerhaft gemessenen Durchbiegungen von der wirklichen Durchbiegungslinie schwanken die rechnerisch möglichen Auflagerkräfte A und Einspannmomente M_A in engen oder weiten Grenzen. Die physikalisch gegebenen Schwankungsgrenzen für die Auflagerkraft und für das Einspannmoment bei beiderseitiger freier Auflage und beiderseitiger voller Einspannung des Trägers sind offensichtlich nicht maßgebend für die aus zwei fehlerhaften Meßpunkten rechnerisch ermittelten Auflagerkräfte und Einspannmomente, da die Fehlmessungen der Durchbiegungen mit den aus den Einspannverhältnissen des Trägers gegebenen Grenzfällen in keinem physikalischen Zusammenhang stehen.

Aus Abb. 2 geht hervor, daß bei der Kombination des Meßpunktes H mit den benachbarten Meßpunkten G und J Durchbiegungslinien festgelegt werden, die weitgehend von der wirklichen

Durchbiegungslinie abweichen. Entsprechend weit werden sich auch die zu diesen Durchbiegungslinien zugehörigen rechnerischen Auflagerkräfte A und Einspannmomente M_A von den wirklichen Werten entfernen; es ist sogar anzunehmen, daß die rechnerische Auflagerkraft und das rechnerische Einspannmoment weit über die durch volle Einspannung und freie Auflage des Trägers gegebenen physikalischen Grenzfälle hinausgehen. Kombiniert man nun den Meßpunkt H mit den weiter entfernt liegenden Meßpunkten E, F, K, so erkennt man, daß durch diese Kombinationen Durchbiegungslinien festgelegt werden, die der wirklichen Durchbiegungslinie schon bedeutend näher liegen als die Kombinationen benachbarter Fehl-Durchbiegungspunkte. Zu diesen, von der wirklichen Durchbiegungslinie wenig abweichenden Fehl-Durchbiegungslinien gehören rechnerisch mögliche Auflagerkräfte A und Einspannmomente M_A , die in den Bereich physikalisch möglicher Fälle rücken; insbesondere dürfte dies für die Kombination HE der schematischen Abb. 2 zutreffen. Der gleiche Punkt E, kombiniert mit dem benachbarten Punkt F, führt jedoch wiederum zu einer Durchbiegungslinie, die ebenso wie bei den Kombinationen HG und HJ physikalisch nicht möglich ist und der eine entsprechende, aus den physikalisch möglichen Grenzfällen herausfallende rechnerische Auflagerkraft (bzw. Einspannmoment) zugeordnet ist. Vgl. die im Anschluß an diese Arbeit veröffentlichte Untersuchung der Herrn Dr. phil. A. Beckel über den Einfluß der Entfernung zweier koordinierter Meßstellen auf die Schwankungsweite für die rechnerische Auflagerkraft A.

Wie aus der schematischen Abb. 2 zusammenfassend hervorgeht, legen je zwei gemessene Durchbiegungspunkte eine Fehl-Durchbiegungslinie fest, die mehr oder weniger von der wirklichen Durchbiegungslinie abweicht. Durch jede neue Kombination zweier gemessener Durchbiegungspunkte wird jeweils eine neue Durchbiegungslinie festgelegt, die von den anderen durch die Meßpunkte möglichen Durchbiegungslinien unabhängig ist und mit ihnen jeweils nur einen Meßpunkt gemeinsam hat. Hierdurch entsteht eine Schar von Durchbiegungslinien, denen je nach dem Grade der Fehlmessung der ihnen zugrunde liegenden Meßpunkte eine mehr oder weniger große physikalische Bedeutung zur Darstellung der wirklichen Durchbiegungslinie oder der wirklichen Auflagerkraft A bzw. des wirklichen Einspannmomentes M_A zukommt.

Sind n Meßpunkte vorhanden, so ergeben sich aus den Durchbiegungsmessungen für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A

$$n(n-1)$$

mögliche Lösungen, sofern die Kombinationsgruppen aus den Wertepaaren $(x_1; y_1)$ $(x_2; y_2)$ mit ihren durch die Anordnung der Zeiger 1 und 2 möglichen Permutationen berücksichtigt werden. Die Reihenfolge der Zeiger 1 und 2 innerhalb einer Kombinationsgruppe ist durch die Vertauschbarkeit der Zeiger 1 und 2 belanglos, da je zwei Meßpunkte eine Fehl-Durchbiegungslinie festlegen. Es unterscheiden sich folglich nur Kombinationen zur zweiten Klasse. Mit n Meßpunkten sind somit

$$\frac{n!}{2!(n-2)!} = \binom{n}{2} = \frac{n}{2}(n-1)$$

mögliche Fehl-Durchbiegungslinien und damit Lösungen für Auflagerkraft und Einspannmoment gegeben.

Bei sorgfältig durchgeführter Messung der Durchbiegungen ist zu erwarten, daß nur die Kombinationen benachbarter Fehl-Durchbiegungswerte zu rechnerischen Auflagerkräften und Einspannmomenten führen, die sich weit von dem wirklichen Werten für Auflagerkraft und Einspannmoment entfernen. Dies wird für $(2n-2)$ mögliche Lösungen der Fall sein, so daß bei kleinen Meßfehlern mit großer Wahrscheinlichkeit

$$\frac{1}{2} [(n-1)^2 - (3n-3)]$$

mögliche Lösungen für Auflagerkraft und Einspannmoment vorhanden sind, die innerhalb der physikalisch möglichen Grenzwerte liegen. Die Hauptzahlenmasse für die aus den Fehlmessungen der Durchbiegung errechneten Auflagerkräfte und Einspannmomente liegt somit im Bereich der wirklichen Auflagerkraft und des wirklichen Einspannmomentes, wenn man die Erfahrungstatsache berücksichtigt, daß Fehlmessungen stets unregelmäßig oberhalb und unterhalb des wirklichen Wertes liegen. Nur wenige rechnerisch mögliche Lösungen für Auflagerkraft und Einspannmoment werden, wie oben dargelegt, sich als sog. „Ausreißer“ sehr weit von den wirklichen Werten bis über den physikalisch möglichen Schwankungsbereich hinaus entfernen.

Durch die Kombination jeweils zweier Meßpunkte wird auch keinesfalls ein Zahlenhaufen von $n/2(n-1)$ Werten vorgetäuscht. Denn jede Kombination ist von der anderen insofern unabhängig, da jede neue Kombination zweier Fehl-Durchbiegungsmessungen eine von anderen Kombinationen unabhängige, neue Durchbiegungslinie festlegt. Die zu dieser Fehl-Durchbiegungslinie errechnete Auflagerkraft A und das hierzu gehörige rechnerische Einspannmoment

¹ Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf den Schrifttumnachweis am Schluß der Arbeit.

M_A haben somit für jede dieser Fehl-Durchbiegungslinien eine reale, wenn auch in einigen Fällen physikalisch nur bedingte Bedeutung und sind unabhängig von den aus anderen Meßpunkt-Kombinationen folgenden Werten.

Bei einer aus nur wenigen Messungen durch die Kombination der Meßpunkte folgenden hinreichenden Anzahl von Fehl-Durchbiegungslinien mit zugehörigen Fehl-Werten für Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A liegt der Gedanke nahe, zur Ermittlung der wirklichen Werte das Wahrscheinlichkeitsnetz und die Gesetze der Kollektivmaßlehre heranzuziehen. Die bisher bei anderen Messungen stets gepflogene arithmetische Mittelwertbildung liefert wegen der „Ausreißer“ auf Grund nur einer einzigen größeren Fehlmessung keine zuverlässigen Rechenergebnisse. Ein elementares Beispiel möge dies erläutern. Eine Meßreihe enthalte die Abweichungen 2, 7, 8, 9, 10, 10, 11, 13, 17, 23. Das arithmetische Mittel dieser Zahlenreihe ist 11. Eine zweite Zahlenreihe enthalte die gleichen Zahlen, jedoch außerdem noch die Werte 30 und 37, die man allgemein als „Ausreißer“ bezeichnet; das arithmetische Mittel dieser Zahlenreihe beträgt 14,75. Aus diesen beiden Zahlenreihen ergibt sich anschaulich die Empfindlichkeit des arithmetischen Mittels gegen Ausreißer, wie sie häufig bei Messungen vorkommen, die aber den wahrscheinlichsten Wert praktisch überhaupt nicht beeinflussen. Das willkürliche Fortlassen von Ausreißern bei der arithmetischen Mittelwertbildung (6) ist vom wissenschaftlichen Standpunkt aus nicht befriedigend. Bei dichtbelegten asymmetrischen Verteilungen weiß man nicht, von welchem Merkmalswert ab die Schwankungswerte als „Ausreißer“ zu betrachten sind. Im Wahrscheinlichkeitsnetz und im Häufigkeitspapier erkennt man jedoch sofort Störanteile und „Ausreißer“ und gewinnt zugleich einen Überblick darüber, ob auch dem durch die „Ausreißer“ bestimmten Kollektiv eine physikalische Bedeutung zukommt oder nicht, — eine Erkenntnismöglichkeit, welche die primitive arithmetische Mittelwertbildung (6) nicht zu bieten vermag.

Es muß noch die Frage geklärt werden, ob die zur Auswertung gelangenden Zahlen für Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A Eigenschaften aufweisen, die eine Auswertung im Sinne der Großzahlforschung zulassen.

Wie oben bereits erläutert, ist jede rechnerisch mögliche Auflagerkraft und jedes rechnerisch mögliche Einspannmoment durch $A = f(y_1; y_2)$ und $M_A = f(y_1; y_2)$ jeweils zu einer durch die Fehlmessung bedingten Durchbiegungslinie zugeordnet. Für die Abweichungen vom wirklichen Wert ist es offenbar gleichgültig, ob die Zahlenmasse für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A durch irgendwelche Meßvorrichtungen unmittelbar festgestellt worden ist, oder ob hierfür mittelbare Messungen vorliegen, wie in unserem Fall z. B. Durchbiegungsmessungen, die mit der Auflagerkraft A und dem Einspannmoment M_A durch eine bekannte Funktion verbunden sind. Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz treten die bei den Durchbiegungsmessungen gemachten Fehler durch ihre funktionale Verknüpfung mit der Auflagerkraft A und dem Einspannmoment M_A nur mehr oder weniger stark in Erscheinung. Dies bedeutet grundsätzlich für die zur Auswertung gelangende Zahlenmasse nichts weiter als eine mehr oder weniger große Ausweitung des Schwankungsbereichs für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A gemäß $A = f(\Delta y_1; \Delta y_2)$ und $M_A = f(\Delta y_1; \Delta y_2)$, wenn Δy_1 und Δy_2 die Abweichungen der gemessenen Durchbiegung vom wirklichen Wert bedeuten.

Die Frage, welche Auswertungsmethode für den Zahlenhaufen man vorzuziehen habe, die Methode der arithmetischen Mittelwertbildung (6) oder die Benutzung des Wahrscheinlichkeitsnetzes, kann überzeugend nur beantwortet werden, wenn man einen Träger mit bekanntem Einspannmoment M_A , mit bekannter Auflagerkraft A und mit bekannter Belastung Q , d. h. mit bekannter Momentenbelastung M_x und Durchbiegungslinie y_x untersucht und vorgegebene Durchbiegungs-Fehlmessungen von dieser bekannten Durchbiegungslinie aus in die *Dr. Dahlmannschen* Gleichungen einführt. Es wird sich dann zeigen, ob der so errechnete Zahlenhaufen nach dem einen oder anderen Verfahren die Möglichkeit zur Darstellung der bekannten Momentenbelastung bietet. Versagen beide Methoden, so kann dies darauf zurückgeführt werden, daß erstens die *Dr. Dahlmannschen* Gleichungen infolge ihrer Empfindlichkeit gegen Fehlmessungen praktisch keinen Wert für die Auswertung von Großversuchen besitzen, oder, daß zweitens die Auswertungsmethoden für die nach *Dr. Dahlmann* errechneten Zahlen nicht ausreichend sind.

Um dem etwa möglichen Einwand zu begegnen, daß bei vorgegebenen Fehlmessungen für die bekannte Durchbiegungslinie andere willkürlich vorgegebene Fehlmessungen auch andere Ergebnisse zeitigen müßten, ist auch dieser Fall mit in die Untersuchung einbezogen worden durch eine zweite Gruppe von willkürlich gewählten Fehlmessungen. Für die erste Gruppe von Fehlmessungen ist eine Meßgenauigkeit von ungefähr $\pm 0,05$ bis $\pm 0,10$ mm angenommen worden, die praktisch mit Zeißschen Meßuhren leicht zu erreichen ist. In der zweiten Gruppe sind größere Fehlmessungen vorgegeben worden, die bei sorgfältiger Messung praktisch auftreten können, wenn

gewöhnliche und keine Präzisions-Meßinstrumente zur Verfügung stehen. Hierdurch wird zugleich die Möglichkeit geschaffen, den Einfluß von „Ausreißern“ nach dem einen und nach dem anderen Auswertungsverfahren kritisch zu betrachten. Meßtechnischen Erfahrungen entsprechend sind die Abweichungen der vorgegebenen Fehlmessungen unregelmäßig oberhalb und unterhalb der wirklichen Durchbiegungslinie anzunehmen.

Für den als Beispiel gewählten Träger gelten folgende Zahlenwerte und Bezeichnungen.

M_A = oberes Einspannmoment in mt	3,20 mt = M_{A0}
A = Auflagerkraft oben in t	4,30 t = A_0
Q = Gesamtlast = $\frac{\gamma \cdot e \cdot l^2}{2}$	13,68 t

Die Gesamtlast Q ist eine Dreieckslast mit dem Größtwert am unteren Auflager B und dem Kleinstwert = 0 am oberen Auflager A .

γ = spez. Gewicht des Druckwassers	1,0 t m ⁻³
e = Steifenabstand	0,76 m
l = Trägerhöhe	6,00 m

J = Trägheitsmoment der Steife einschl. mittragender Beplattung	0,5858 · 10 ⁻⁴ m ⁴
E = Elastizitätsmodul	2,15 · 10 ¹⁰ kg m ⁻²
x = Abstand eines Querschnittes vom Auflager A in m.	
y = Durchbiegung des belasteten Trägers an der Stelle x in m.	
y_0 = wirkliche (vorgegebene) Durchbiegung des Trägers an der Stelle x .	
y' = mit kleinen Fehlern vorgegebene Fehlmessung der Durchbiegung (Gruppe I).	
y'' = mit großen Fehlern vorgegebene Fehlmessung der Durchbiegung (Gruppe II).	

Der Index „0“ bezieht sich auf die vorgegebenen Werte.

Für den Querschnitt im Abstand x von der Oberkante des Trägers gilt

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} + M_A + Ax - \frac{Q}{3} \cdot \frac{x^3}{l^2} = 0.$$

Für die Ermittlung der Integrationskonstanten sind die Grenzbedingungen

$$(y)_{x=0} = 0 \quad \text{und} \quad (y)_{y=1} = 0$$

unter der Annahme der Unverschiebbarkeit der Auflager. Eine weitere Grenzbedingung ist

$$\left[\frac{dy}{dx} \right]_{x=0} \neq 0 \quad \text{und} \quad \left[\frac{dy}{dx} \right]_{x=1} \neq 0$$

unter Berücksichtigung der nur teilweisen beiderseitigen Einspannung.

Für die elastische Linie folgt dann

$$y = \frac{x}{EJ} \left[\frac{M_A}{2} (1-x) + \frac{A}{6} (l^2 - x^2) - \frac{Q}{60 l^2} (l^4 - x^4) \right],$$

wie auch an anderer Stelle mitgeteilt (3).

Setzen wir zur einfacheren Durchführung der Zahlenrechnung

$$\begin{aligned} 1 - x &= a \\ l^2 - x^2 &= b \\ l^4 - x^4 &= c, \end{aligned}$$

so wird

$$y = \frac{x}{EJ} \left[\frac{M_A}{2} \cdot a + \frac{A}{6} \cdot b - \frac{Q}{60} \cdot \frac{c}{l^2} \right].$$

Die Durchbiegungen y an der Stelle x sind durch Versuch oder, wie im vorliegenden Fall, als vorgegebene Fehl-Durchbiegungswerte bekannt. Aus je zwei beliebigen Wertepaaren $(x_1; y_1)$ und $(x_2; y_2)$ lassen sich die Auflagerkraft A und das Einspannmoment M_A bestimmen. Löst man die Gleichung unter Beachtung der Zeiger 1 und 2 für die aus dem Versuch bekannten Durchbiegungen nach A und M_A auf, so folgt aus den Durchbiegungsmessungen für die Auflagerkraft

$$A = \frac{Q}{10 l^2} \left(c_2 - c_1 \cdot \frac{a_2}{a_1} \right) + 6 EJ \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{a_2}{a_1} \right) \frac{b_2 - b_1 \cdot \frac{a_2}{a_1}}{a_1}$$

und für das Einspannmoment

$$M_A = \frac{Q}{30 l^2} \left(c_2 - c_1 \cdot \frac{b_2}{b_1} \right) + 2 EJ \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{b_2}{b_1} \right) \frac{a_2 - a_1 \cdot \frac{b_2}{b_1}}{b_1}$$

Tab. 1 enthält die Meßstellen in der Entfernung x vom oberen Auflager, die unter der gewählten Momentenbelastung auftretende Durchbiegung des Trägers, sowie die willkürlich vorgegebenen Fehlmessungen y' und y'' der Durchbiegungslinie. Die fehlenden Werte in

der Spalte für y'' und $\Delta y''$ sind durch die in der gleichen Reihe stehenden Werte y' und $\Delta y'$ zu ergänzen.

Aus Tab. 2 sind die zu den Durchbiegungen y' und y'' zugehörigen Zahlenwerte $a, b, c, \frac{v'}{x}$ und $\frac{v''}{x}$ ersichtlich.

Tabelle 1.

Fehlerfreie Durchbiegung. y_0
mit kleinen Fehlern behaftete Durchbiegungsmessung y'
mit großen Fehlern behaftete Durchbiegungsmessung y''
 $\Delta y' = y_0 - y'; \Delta y'' = y_0 - y''$.

Meßstelle	x m	y_0 mm	y' mm	$\Delta y'$ mm	y'' mm	$\Delta y''$ mm
1	0,25	1,657	1,70	+0,043		
2	0,50	3,420	3,40	-0,020	3,50	+0,080
3	1,00	7,053	7,10	+0,047	6,00	-1,053
4	1,50	10,496	10,60	+0,104		
5	2,00	13,303	13,20	-0,103		
6	2,50	15,333	15,50	-0,033		
7	3,00	16,331	16,50	+0,169	17,50	+1,167
8	3,50	16,018	16,00	-0,018		
9	4,00	14,441	14,30	-0,141		
10	4,50	11,709	11,50	-0,209		
11	5,00	8,075	8,10	+0,025	6,00	-2,075
12	5,50	3,965	4,10	+0,135		
13	5,75	1,885	1,80	-0,085		

Tabelle 2.

Meß- und Zahlenwerte zur Ermittlung des Einspannmomentes M_A und der Auflagerkraft A .

Meßstelle	x m	a m	b m ²	c m ⁴	y' m · 10 ⁻³	$\frac{y'}{x}$ 10 ⁻³	y'' m · 10 ⁻³	$\frac{y''}{x}$ 10 ⁻³
1	0,25	5,75	35,94	1295,99	1,70	6,800	1,70	6,800
2	0,50	5,50	35,75	1295,94	3,40	6,800	3,50	7,000
3	1,00	5,00	35,00	1295,00	7,10	7,100	6,00	6,000
4	1,50	4,50	33,75	1290,94	10,60	7,066	10,60	7,066
5	2,00	4,00	32,00	1288,00	13,20	6,600	13,20	6,600
6	2,50	3,50	29,75	1256,94	15,50	6,200	15,50	6,200
7	3,00	3,00	27,00	1215,00	16,50	5,500	17,50	5,833
8	3,50	2,50	23,75	1146,00	16,00	4,571	16,00	4,571
9	4,00	2,00	20,00	1040,00	14,30	3,575	14,30	3,575
10	4,50	1,50	15,75	886,00	11,50	2,555	11,50	2,555
11	5,00	1,00	11,00	671,00	8,10	1,620	6,00	1,200
12	5,50	0,50	5,75	381,00	4,10	0,745	4,10	0,745
13	5,75	0,25	2,94	204,00	1,80	0,313	1,80	0,313

Tabelle 3.

Häufigkeitsverteilung der Auflagerkraft A aus $\frac{n}{2} (n-1)$ möglichen Lösungen bei kleinen Meßfehlern.

Intervall (t)	Gesamt			Teilkollektiv		
	f	Σf	$\Sigma \%$	III $\Sigma \%$	I $\Sigma \%$	II $\Sigma \%$
< 3,00	—	—	—	—	—	—
3,00 — < 3,25	—	—	—	2,93	—	—
3,25 — < 3,50	0	—	—	24,55	—	—
3,50 — < 3,75	3	3	3,85	75,43	—	—
3,75 — < 4,00	2	5	6,41	97,05	0,14	—
4,00 — < 4,25	29	34	43,59	100,00	50,09	1,02
4,25 — < 4,50	37	71	91,02	—	96,48	12,40
4,50 — < 4,75	5	76	97,43	—	100,00	41,98
4,75 — < 5,00	2	78	100,00	—	—	76,10
5,00 — < 5,25	0	—	—	—	—	96,59
5,25 — < 5,50	0	—	—	—	—	100,00
I	2	3	4	5	6	7

Die Lösung der Gleichungen für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A wird zweckmäßig so durchgeführt, daß der Reihe nach jede Meßstelle mit dem Zeiger 1 versehen und den Wertepaaren sämtlicher anderen Meßstellen (Zeiger 2) zugeordnet wird. Die Rechenarbeit der $n/2 (n-1)$ möglichen Lösungen für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A wird erleichtert, wenn die für jede Anordnungsreihe entsprechenden Konstanten mit dem Zeiger 1

festgestellt und die anderen, dem Zeiger 2 entsprechenden Zahlenwerte der Tab. 2 entnommen werden. Abb. 3 zeigt die gewählte Durchbiegungslinie für das vorgegebene Einspannmoment $M_{A_0} = -3,20$ mt und die vorgegebene Auflagerkraft $A_0 = 4,30$ t. Außerdem sind in Abb. 3 die Durchbiegungen eingetragen, die aus den physikalisch möglichen Grenzfällen der beiderseitigen freien Auflage, der freien Auflage oben und der vollen Einspannung unten, sowie der beiderseitigen vollen Einspannung hervorgehen.

Obwohl aus dem einschlägigen Fachschrifttum (1,2 und dortige Schrifttumnachweise) die Aufarbeitung von Zahlenhaufen zwecks Darstellung im Wahrscheinlichkeitsnetz¹ zur Genüge hervorgeht, erscheint es doch, um Mißverständnissen in der Beurteilung der im Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragenen Punkte vorzubeugen, aus gegebener Veranlassung (6) erforderlich, den rein handwerksmäßigen Gebrauch des Wahrscheinlichkeitsnetzes, in der Folge kurz WN genannt,

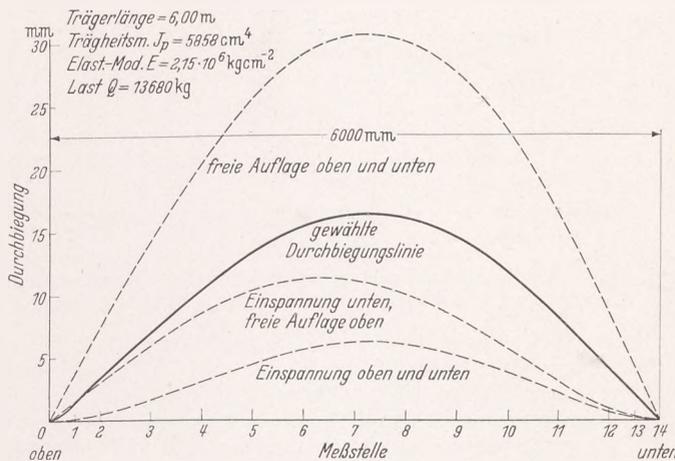


Abb. 3. Gewählte Durchbiegungslinie des Trägers für Einspannmoment $M_{A_0} = -3,20$ mt und Auflagerkraft $A_0 = 4,30$ t und physikalisch mögliche Grenzfälle der Durchbiegung des mit voller Dreieckslast belasteten Trägers.

nochmals zu erläutern, um auch denen die Möglichkeit zum Folgen der hier besprochenen Gedankengänge zu geben (6), die mit elementaren Grundsätzen der mathematischen Statistik und Kollektivmaßlehre bisher noch nicht vertraut sind.

Nach Feststellen der $n/2 (n-1)$ möglichen Lösungen für die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A wird der Zahlenhaufen zunächst der Größe der Zahlen entsprechend geordnet. Dies geschieht in der Weise, daß man nach Tab. 3 Intervalle bildet von beispielsweise 0,25 t und nun die Zahlen für die Auflagerkraft A in die Intervalle einordnet. Z. B. werden innerhalb des Intervalles von 4,50 bis < 4,75 t insgesamt fünf mögliche Lösungen für die Auflagerkraft A festgestellt, im Intervallbereich von 4,00 bis < 4,25 t liegen 29 rechnerisch mögliche Lösungen. Die Anzahl der in jedem Intervallbereich liegenden Lösungsmöglichkeiten nennt man die (Intervall-)Häufigkeit (Spalte 2 der Tab. 3). Die Summe aller Intervall-Häufigkeiten bildet den Gesamt-Umfang des Kollektivs, der hier in unserem Falle bei $n = 13$ Meßstellen insgesamt $n/2 (n-1) = 78$ Zahlenwerte für Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A enthält. Die (Intervall-)Häufigkeit wird mit f (Frequenz) bezeichnet. Da im WN die Summenprozent der Häufigkeiten dargestellt werden, ist aus der Häufigkeit f der Spalte 2 die Summenhäufigkeit Σf der Spalte 3 zu bilden, aus der wiederum in Spalte 4 der Tab. 3 die Summenprozent-Häufigkeiten zu errechnen sind ($78 = 100\%$). Die in Spalte 4 der Tab. 3 eingetragenen Werte werden im WN dargestellt, derart, daß auf dem oberen Merkmalswert z. B. 4,00 t (für das Intervall 3,75 — < 4,00 t) der Summenprozentwert von 6,41 $\Sigma \%$ im WN eingetragen wird. Die Darstellung der Summenprozentwerte im WN ist also sehr einfach, übersichtlich und erfordert keine großen mathematischen Kenntnisse.

Hieraus geht hervor und es muß außerdem aus gegebener Veranlassung (6) darauf hingewiesen werden, daß die Anzahl der im WN erscheinenden Punkte gleichbedeutend ist mit der Anzahl der gewählten Intervalle zur Feststellung des Häufigkeitsverlaufes. Die im WN eingetragenen Punkte enthalten somit den gesamten Umfang des zur Auswertung gelangenden Zahlenhaufens und sind nach ihrer Anzahl keinesfalls mit der Anzahl der $n/2 (n-1)$ möglichen Lösungen für Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A zu verwechseln, wie dies mangels

¹ Auf Anregung und nach Entwurf des Herrn Dr. Beckel, Düsseldorf, wird seit 1934 das Wahrscheinlichkeitsnetz (WN) und das Häufigkeitspapier (HP) bei der Fa. Schleicher & Schüll, Düren, Rhld., hergestellt. Die WN und HP sind neben regulärer Merkmalsteilung auch mit logarithmischer Merkmalsteilung erhältlich.

eingehender Beschäftigung mit der Darstellung von Kollektiven im WN irrtümlicherweise (6) bereits geschehen ist.

Die Darstellung der Meßwertreihe im WN umfaßt somit das gesamte Fehlerbild der Meßwertreihe mit sämtlichen Meßwerten, es sind also weder „Meßwerte weggelassen“ noch ist eine „Fehlerbegrenzung“ vorgenommen, wie dies mangels Verständnisses für die hier angewandte Darstellungsform der Streuungen von Meßwertreihen irrtümlicherweise (6) vermutet wird.

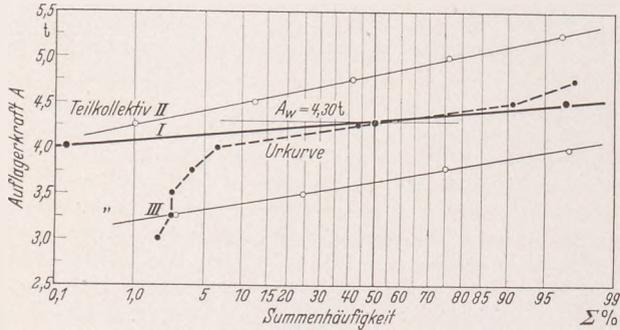


Abb. 4. Im Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellte Schwankungswerte für die Auflagerkraft A bei kleinen Durchbiegungs-Fehlmessungen.

Die im WN gestrichelte Linie (Urkurve) der Abb. 4 entspricht der Summenprozenthäufigkeit der Spalte 4 in Tab. 3. Einheitliche Kollektive erscheinen im WN als Geraden entsprechend einer Gaußschen Normalverteilung. Die Urkurve unseres Kollektivs verläuft im WN als geschwungene Linie, entspricht somit nicht einer Gaußschen Normalverteilung und muß zur endgültigen Darstellung des wahrscheinlichsten Wertes von Störungsanteilen befreit werden.

Zur Aufgliederung des Kollektivs in Normalverteilungen werden die absoluten oder prozentualen Häufigkeiten als Ordinaten über den Merkmalswert A dargestellt, und zwar ist die Ordinateinteilung nach der Wahrscheinlichkeitsteilung verzerrt. Man gewinnt hierdurch den Vorteil, daß die Äste der Normalverteilungen, die in einer regulären Ordinateinteilung nach rechts und links asymptotisch zur Abszisse verlaufen würden, hyperbolischen Verlauf annehmen und hierdurch die graphische Aufteilung des Hauptkollektivs in Teilkollektive wesentlich erleichtert wird.

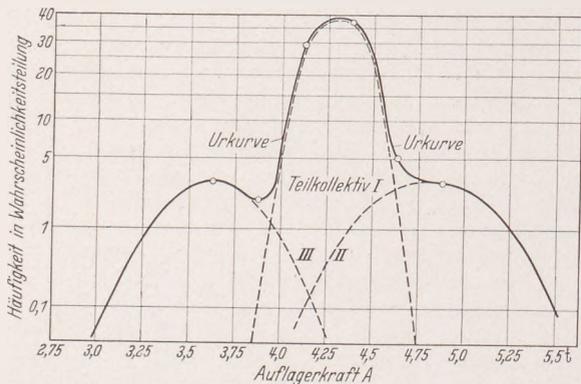


Abb. 5. Häufigkeitsverlauf der Schwankungswerte für die Auflagerkraft A bei kleinen Durchbiegungs-Fehlmessungen. Intervall = 0,25 t.

In Abb. 5 ist das Hauptkollektiv in drei Teilkollektive durch Superposition aufgeteilt¹. Das Teilkollektiv I liegt im Bereich der physikalisch möglichen Grenzen für die Auflagerkraft A und enthält, wie nach den obigen Erläuterungen über die Schwankungen der A-

¹ Zur Auswertung der Kollektive im Wahrscheinlichkeitsnetz und im Häufigkeitspapier macht Herr Dr. Beckel, Düsseldorf, folgende Bemerkungen:

Die Anzahl der Klassen sollte nicht zu klein gewählt werden, es ergeben sich dann mehr Punkte für die Gesamtkurve (Urkurve). Die Kurve im WN wird dann weiter zwanglos ausgeglichen, nicht eckig, gezeichnet unter möglicher Ausnutzung der gesamten Breite des WN, wobei Anfangs- und Endteil unbeschadet der Auswertung außerhalb des WN fallen darf. Diese Linienführung bringt schon einen Ausgleich kleinerer, unbedeutender Unebenheiten mit sich. Nun liest man aus der Urkurve im WN die ausgeglichene Σ%-Reihe neu ab und bildet aus ihr die %-Reihe, die auf Häufigkeitspapier (HP) gezeichnet wird und hierbei die Anteilskurven ergibt. Es wird im allgemeinen damit zu rechnen sein, daß außer den extremen Ausreißern fünf Kollektive mehr oder weniger deutlich erscheinen: Kollektiv I als das fehlerfreieste in der Mitte mit etwa 40—50 v. H. Anteil, II und III unterhalb und oberhalb mit je etwa 20 v. H., bei welchem der Fehler eines der beiden Meßwerte eine Abweichung bewirkt, schließlich treten noch

Werte zu erwarten war, den größten Teil der Gesamtzahlenmasse. Die rechts und links vom Teilkollektiv I liegenden Teilkollektive II und III sind Störanteile, die auf große Fehlmessungen und auf die Kombinationen benachbarter Meßstellen zurückzuführen sind. Sie liegen außerhalb der physikalisch möglichen Grenzen für die Auflagerkraft A. Eine Anteilsberechnung der einzelnen Teilkollektive erübrigt sich in unserem Fall, da in Wirklichkeit nur eine einzige Auflagerkraft A auftreten kann, und die außerhalb der physikalisch möglichen Grenzwerte für A liegenden Häufigkeitsspitzen daher nicht interessieren. Wie aus den eingangs angestellten Überlegungen für die zu erwartenden Schwankungsgrenzen hervorgeht, wird stets der größere Teil der mit Hilfe der *Dahlmannschen* Gleichungen unter Verwendung der fehlerhaft gemessenen Durchbiegungen errechneten Zahlenwerte im Bereich physikalisch möglicher Werte liegen. Für die aus der Abb. 5 entnommenen Teilkollektive I, II und III werden die Summenprozenthäufigkeiten in der gleichen Weise bestimmt wie für das Hauptkollektiv (Spalte 2, 3 und 4 der Tab. 3). In Tab. 3 sind für die Teilkollektive nur die Summenprozenthäufigkeiten eingetragen, die in der Abb. 4 im WN als Punkte erscheinen.

Die wahrscheinlichste Auflagerkraft A_w wird im WN ermittelt durch den Schnittpunkt der Summenprozent-Häufigkeitsgeraden mit der 50 vH-Linie des WN, sie beträgt nach Abb. 4 für das Teilkollektiv I $A_w = 4,300 t$.

Die Auswertung der fehlerhaften Durchbiegungsmessungen ergibt somit die vorgegebene Auflagerkraft $A_0 = 4,300 t$.

Zur Beantwortung der Frage, ob der Umfang des Zahlenhaufens ausreichend ist und durch die vorgegebenen Fehlmessungen kein zufälliges Ergebnis vorliegt, kann man folgende Überlegung anstellen. Man untersucht die Kombinationen jedes Meßpunktes mit den übrigen $(n - 1)$ -Meßpunkten für sich, d. h. man ermittelt mit Hilfe des WN die zu den Kombinationen eines jeden Meßpunktes zugehörige wahrscheinlichste Durchbiegungslinie. Diese Durchbiegungslinie ist zwar schon von den größten Fehlern befreit, enthält aber immer noch den maßgebenden Fehlereinfluß der jeweiligen Meßstelle. Es entsteht somit ein Bündel von n Durchbiegungslinien mit nur noch geringen Abweichungen von der wirklichen Durchbiegungslinie. Diese n fehlerhaften Durchbiegungslinien werden zur Darstellung der wahrscheinlichsten Durchbiegungslinie bzw. der zu dieser Linie gehörenden Auflagerkraft A herangezogen. Da bei den hier betrachteten Versuchsergebnissen n stets eine Zahl zwischen 10 und 20 sein wird (in unserem Fall $n = 13$), so ist für die Darstellung eines Kollektivs mit so kleinem Umfang im WN ein besonderes Verfahren anzuwenden. Zur Aufstellung der Häufigkeitskurve ist eine äquidistante Intervallteilung Voraussetzung. Für die Integration der Häufigkeitskurve zur Darstellung im WN ist jedoch die Intervallteilung unerheblich. Da jeder der nunmehr zur Verfügung stehenden Zahlen als wahrscheinlichster Wert und daher als Repräsentant einer Reihe ihm zugehöriger Zahlen zu gelten hat, kann man sich im WN den Intervall-Grenzwert mit dieser Zahl zusammenfallend denken. Dies ist zulässig, da man im WN infolge der Integration an eine äquidistante Intervallteilung nicht gebunden ist. Als Summenprozent sind die Mitten der Summenprozent je zwei aufeinanderfolgender Merkmalswerte einzusetzen. Diese Vorschrift geht aus der Bedingung hervor, daß man im WN zu den gleichen Punkten gelangen muß, da es sich um ein und dasselbe Kollektiv handelt, gleichgültig von welcher Seite her man integriert.

Nach diesem Verfahren sind die n wahrscheinlichsten Werte der Auflagerkraft A für die n Gruppen von Kombinationen ermittelt worden. Tab. 4 enthält diese Zahlen mit den zugehörigen Summenprozent-Mitten zweier aufeinanderfolgender Merkmalswerte zur Dar-

Tabelle 4.
Ermittlung der wahrscheinlichsten Auflagerkraft A_w aus den wahrscheinlichsten Werten A'_w der 13 Kombinationsgruppen.

Gruppe	A'_w t	Mitte der Σ%-Häufigkeit je zwei aufeinanderfolgender Merkmalswerte Σ %
13	4,120	3,85
I	4,215	11,55
8	4,250	19,25
9	4,250	26,95
3	4,275	34,65
4	4,275	42,25
7	4,290	50,00
10	4,300	57,75
5	4,320	65,35
6	4,330	73,05
II	4,342	80,75
2	4,360	88,45
12	4,425	96,15

weiter außerhalb die Kollektive IV und V in geringer Menge von je 5 v. H. auf, die einem Zusammenwirken zweier in gleicher Richtung fehlerhafter Messungen ihr Erscheinen verdanken. Ihre Abb. 7, die vollkommen meiner Auswertung Ihrer Zahlentafel von 1940 (132 Werte) entspricht, ist ein guter Beweis für diese Darlegungen.

stellung der wahrscheinlichsten Auflagerkraft A_w aus den 13 Kombinationsgruppen im WN nach Abb. 6. Hiernach beträgt

$$A_w = 4,295 \text{ t,}$$

die mit der wirklichen Auflagerkraft $A_o = 4,300 \text{ t}$ praktisch übereinstimmt.

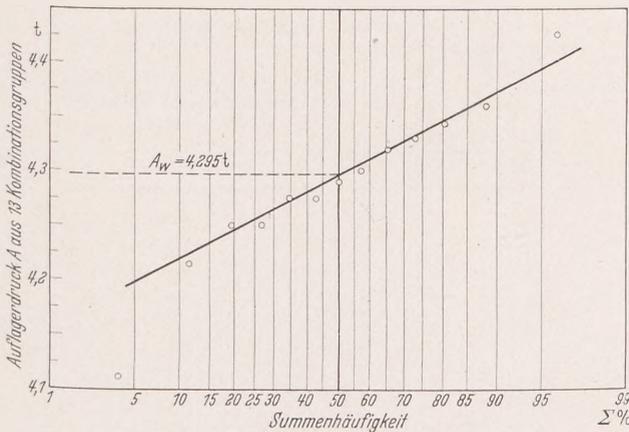


Abb. 6. Ermittlung der wahrscheinlichsten Auflagerkraft A_w aus Schwankungswerten der 13 Fehlerkombinationsgruppen.

Tabelle 5.

Häufigkeitsverteilung der Auflagerkraft A aus $\frac{n}{2} (n-1)$ möglichen Lösungen bei großen Meßfehlern.

Intervall (t)	Gesamt			Teilkollektiv				
	f	Σf	Σ%	I Σ%	II Σ%	III Σ%	IV Σ%	V Σ%
1,50 << 1,75	—	—	—	4,65	—	—	—	—
1,75 << 2,00	(8)	8	10,26	24,57	—	—	—	—
2,00 << 2,25	3	11	14,10	50,32	0,21	—	—	—
2,25 << 2,50	1	12	15,38	79,17	2,30	—	—	—
2,50 << 2,75	0	12	15,38	96,00	9,87	—	—	—
2,75 << 3,00	4	16	20,51	100,00	26,58	—	—	—
3,00 << 3,25	2	18	23,08	—	50,02	—	—	—
3,25 << 3,50	4	22	28,20	—	73,46	—	—	—
3,50 << 3,75	2	24	30,77	—	90,25	0,12	—	—
3,75 << 4,00	2	26	33,33	—	98,16	5,45	—	—
4,00 << 4,25	25	51	65,38	—	99,84	43,81	1,26	—
4,25 << 4,50	12	63	80,77	—	100,00	86,56	13,00	0,80
4,50 << 4,75	6	69	88,46	—	—	98,19	46,56	2,84
4,75 << 5,00	3	72	92,30	—	—	100,00	85,99	8,42
5,00 << 5,25	0	72	92,30	—	—	—	98,57	19,39
5,25 << 5,50	2	74	94,87	—	—	—	100,00	37,02
5,50 << 5,75	1	75	96,15	—	—	—	—	57,59
5,75 << 6,00	1	76	97,43	—	—	—	—	75,02
6,00 << 6,25	(2)	78	100,00	—	—	—	—	87,46
6,25 << 6,50	—	—	—	—	—	—	—	94,32
6,50 << 6,75	—	—	—	—	—	—	—	98,43
6,75 << 7,00	—	—	—	—	—	—	—	100,00

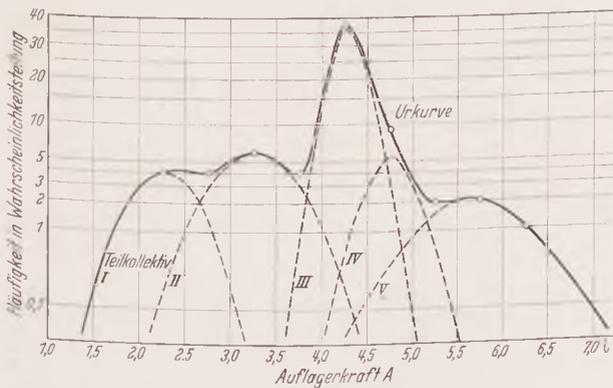


Abb. 7. Häufigkeitsverlauf der Schwankungswerte für die Auflagerkraft A bei großen Durchbiegungs-Fehlmessungen. Intervall = 0,5 t.

Es soll nun der Einfluß größerer Meßfehler auf das Rechenresultat gezeigt werden. In Tab. 5 sind die bei großen Fehlern y'' auftretenden Häufigkeiten der Auflagerkraft A eingetragen und in Abb. 7 graphisch dargestellt. Die Klammern im obersten und untersten Intervall sollen bedeuten, daß die so gekennzeichneten Häufigkeiten sich auf einige Intervalle verteilen, die weit nach oben oder

unten von den in der Tab. 5 eingetragenen Intervallen entfernt liegen („Ausreißer“). Vgl. auch Tab. 6 und 7. Da mehrere große Meßfehler angenommen worden sind, zeigt sich gegenüber der Auswertung nach den y' -Meßfehlern eine vermehrte Anzahl Störanteile, die in der Abb. 7 als Teilkollektive I, II, IV und V erscheinen. Die Schwankungen der rechnerisch möglichen Auflagerkräfte A umfassen naturgemäß infolge größerer vorgegebener Meßfehler y'' einen größeren Streubereich als bei der Fehlergruppe I (y') bei gleichzeitiger Verringerung des Umfangs des Kollektivs III, das für die Darstellung der wahrscheinlichsten Auflagerkraft maßgebend ist. Aus Abb. 7 sind die Werte zu entnehmen, die zur Feststellung der Summenprozentage der einzelnen Teilkollektive in Tab. 5 führen.

In Abb. 8 sind im WN die aus Abb. 7 und Tab. 5 folgender Teilkollektive I, II, III, IV, V, sowie die Urkurve des Gesamtkollektivs

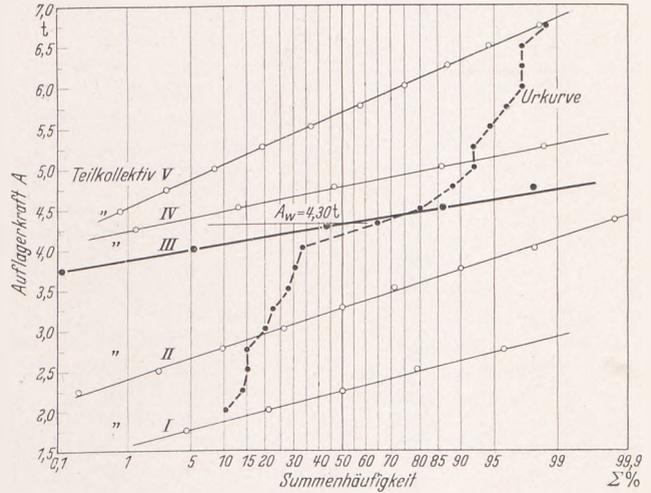


Abb. 8. Im Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellte Schwankungswerte für die Auflagerkraft A bei großen Durchbiegungs-Fehlmessungen.

dargestellt. Das von Störungen bereinigte Teilkollektiv III ergibt nach Abb. 8 eine wahrscheinlichste Auflagerkraft von ebenfalls

$$A_w = 4,300 \text{ t,}$$

die sich von der vorgegebenen Auflagerkraft $A_o = 4,300 \text{ t}$ nicht unterscheidet.

Größere Meßfehler bei den Durchbiegungsmessungen bedeuten somit lediglich eine Drehung der im WN dargestellten Linie um den wahrscheinlichsten Wert, d. h. um den Wert, der als der wirkliche Wert anzusprechen ist.

Tabelle 6.

Häufigkeitsverteilung des Einspannmomentes M_A aus $\frac{n}{2} (n-1)$ möglichen Lösungen bei kleinen Meßfehlern.

Intervall (mt)	Gesamt			Teilkollektiv			
	f	Σf	Σ%	I Σ%	II Σ%	III Σ%	IV Σ%
1,75 << 2,00	—	—	—	32,48	—	—	—
2,00 << 2,25	(5)	5	6,41	90,13	1,60	—	—
2,25 << 2,50	4	9	11,53	100,00	51,37	—	—
2,50 << 2,75	10	19	25,64	—	99,84	18,78	—
2,75 << 3,00	17	36	46,15	—	100,00	45,06	—
3,00 << 3,25	17	53	66,66	—	—	76,98	—
3,25 << 3,50	12	65	83,33	—	—	99,05	4,33
3,50 << 3,75	3	68	87,18	—	—	100,00	47,58
3,75 << 4,00	3	71	91,02	—	—	—	99,48
4,00 << 4,25	1	72	92,30	—	—	—	100,00
> 4,25	(6)	78	100,00	—	—	—	—

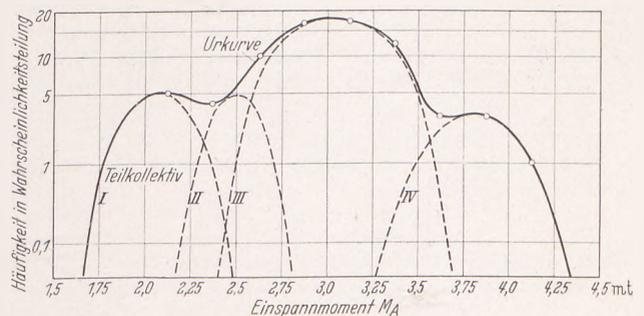


Abb. 9. Häufigkeitsverlauf der Schwankungswerte für das Einspannmoment M_A bei kleinen Durchbiegungs-Fehlmessungen. Intervall = 0,25 mt.

Für das Einspannmoment M_A sind die gleichen Rechnungen und Darstellungen durchzuführen, wie für die Auflagerkraft A. Tab. 6 zeigt die Häufigkeitsverteilung der aus den Durchbiegungsmessungen y' folgenden rechnerisch möglichen Einspannmomente M_A . Die Häufigkeiten für das Einspannmoment M_A sind in Abb. 9 dargestellt, die zugleich die Auflösung des Hauptkollektivs in Störanteile und in das physikalisch mögliche Werte enthaltende Kollektiv zeigt. Ebenso wie bei den rechnerisch möglichen Auflagerkräften A sind bei den rechnerisch möglichen Einspannmomenten M_A im wesentlichen zwei Teilkollektive mit Störanteilen vorhanden, die rechts und links von dem für die Darstellung des wirklichen Einspannmomentes M_A maßgeblichen Teilkollektiv III liegen.

Tabelle 7.
Häufigkeitsverteilung des Einspannmomentes M_A aus $\frac{n}{2}(n-1)$ möglichen Lösungen bei großen Meßfehlern.

Intervall (mt)	f	Σf	$\Sigma \%$
< 1,50	(14)	14	17,95
1,50 — < 1,75	1	15	19,23
1,75 — < 2,00	1	16	20,51
2,00 — < 2,25	1	17	21,79
2,25 — < 2,50	1	18	23,08
2,50 — < 2,75	9	27	34,61
2,75 — < 3,00	21	48	61,54
3,00 — < 3,25	4	52	66,66
3,25 — < 3,50	4	56	71,79
3,50 — < 3,75	2	58	74,36
3,75 — < 4,00	2	60	76,92
4,00 — < 4,25	1	61	78,20
4,25 — < 4,50	1	62	79,48
4,50 — < 4,75	3	65	83,33
4,75 — < 5,00	1	66	84,61
5,00 — < 5,25	0	66	84,61
5,25 — < 5,50	3	69	88,46
> 5,50	(9)	78	100,00

Nach Abb. 10 ergibt sich aus dem Teilkollektiv für das wahrscheinlichste Einspannmoment $M_{Aw} = -3,08$ mt gegen $M_{A_0} = -3,20$ mt des wirklichen Einspannmomentes. Infolge der größeren Empfindlichkeit der Funktion $M_A = f(y_1; y_2)$ gegen Fehlmessungen der Durchbiegung zeigen sich hier stärkere Fehlereinflüsse auf das Auswertungsergebnis als bei der Auflagerkraft A.

Abb. 10 enthält zugleich gemäß Tab. 7 den Wahrscheinlichkeitsverlauf des Einspannmomentes M_A bei größeren vorgegebenen Meßfehlern y'' . Die Auflösung in Teilkollektive ist hier nicht weiter verfolgt worden, da weiter unten die Kontrollrechnung für Kombinationsgruppen mit kleinen und großen vorgegebenen Meßfehlern durchgeführt worden ist. Grundsätzlich sind auch hier bei dem Einspannmoment M_A ebenso wie bei der Auflagerkraft A die größeren Meßfehler

gegen $M_{A_0} = -3,20$ mt des wirklichen Einspannmomentes. Infolge der größeren Empfindlichkeit der Funktion $M_A = f(y_1; y_2)$ gegen Fehlmessungen der Durchbiegung zeigen sich hier stärkere Fehlereinflüsse auf das Auswertungsergebnis als bei der Auflagerkraft A.

Abb. 10 enthält zugleich gemäß Tab. 7 den Wahrscheinlichkeitsverlauf des Einspannmomentes M_A bei größeren vorgegebenen Meßfehlern y'' . Die Auflösung in Teilkollektive ist hier nicht weiter verfolgt worden, da weiter unten die Kontrollrechnung für Kombinationsgruppen mit kleinen und großen vorgegebenen Meßfehlern durchgeführt worden ist. Grundsätzlich sind auch hier bei dem Einspannmoment M_A ebenso wie bei der Auflagerkraft A die größeren Meßfehler

gegen $M_{A_0} = -3,20$ mt des wirklichen Einspannmomentes. Infolge der größeren Empfindlichkeit der Funktion $M_A = f(y_1; y_2)$ gegen Fehlmessungen der Durchbiegung zeigen sich hier stärkere Fehlereinflüsse auf das Auswertungsergebnis als bei der Auflagerkraft A.

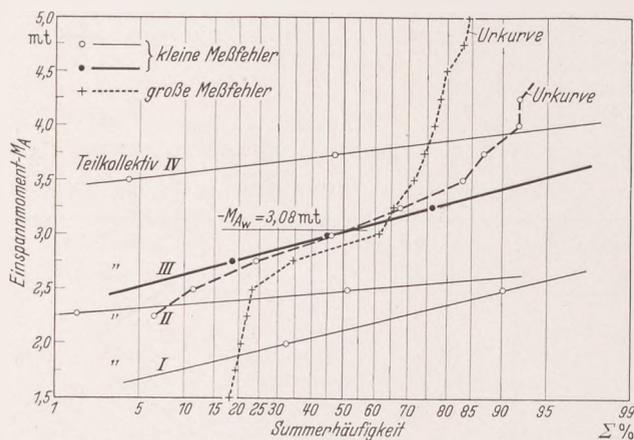


Abb. 10. Im Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellte Schwankungswerte für das Einspannmoment M_A bei kleinen und großen Durchbiegungs-Fehlmessungen.

mit einer Ausweitung des Schwankungsbereichs der rechnerisch möglichen Werte verbunden, die lediglich eine Drehung der Wahrscheinlichkeitslinie im WN um den wahrscheinlichsten Wert bewirken, jedoch den wahrscheinlichsten Wert praktisch nicht beeinflussen.

Diese Erscheinung tritt noch deutlicher zutage in Abb. 11, welche die nach Tab. 8 errechneten wahrscheinlichsten M'_{Aw} - und M''_{Aw} -Werte der einzelnen Kombinationsgruppen enthält. Für die aus kleinen Durchbiegungsfehlern errechneten M'_{Aw} -Werte folgt nach Abb. 11 ein für das Gesamtkollektiv wahrscheinlichster Wert für das Einspannmoment von

$$M'_{Aw} = -3,125 \text{ mt,}$$

während für die größeren vorgegebenen Fehl-Durchbiegungsmessungen aus Abb. 11 sich ein wahrscheinlichstes Einspannmoment von

$$M''_{Aw} = -3,10 \text{ mt}$$

ergibt.

Nach dem WN der Abb. 10 und 11 kann man somit für das

wahrscheinlichste Einspannmoment $M_{Aw} = -3,10$ mt setzen, das sich von dem vorgegebenen Einspannmoment $M_{A_0} = -3,20$ mt nur geringfügig unterscheidet.

Tabelle 8.
Ermittlung des wahrscheinlichsten Einspannmomentes M_{Aw} aus den wahrscheinlichsten Werten M'_{Aw} bzw. M''_{Aw} der 13 Kombinationsgruppen.

M'_{Aw}	M''_{Aw}	Mitte der $\Sigma\%$ -Häufigkeit je zweiaufeinanderfolgender Merkmalswerte
in mt bei kleinen Meßfehlern	in mt bei großen Meßfehlern	$\Sigma \%$
2,75	0,80	3,85
2,90	2,75	11,55
2,95	2,85	19,25
2,95	2,96	26,95
2,95	3,00	34,65
3,00	3,00	42,25
3,15	3,00	50,00
3,18	3,05	57,75
3,20	3,10	65,35
3,20	3,25	73,05
3,25	3,45	80,75
3,30	3,50	88,45
3,52	4,75	96,15

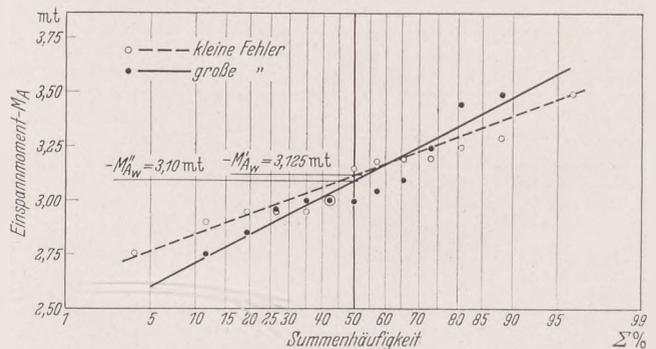


Abb. 11. Ermittlung des Einspannmomentes M_{Aw} aus Schwankungswerten der 13 Fehlerkombinations-Gruppen für kleine und große Durchbiegungs-Fehlmessungen.

Die eingangs aufgeworfene Frage, ob die aus dem WN ermittelten Werte oder die aus der Gesamtzahlenmasse gebildeten arithmetischen Mittel zuverlässig zu den richtigen Werten führen, beantwortet die Gegenüberstellung in Tab. 9.

Tabelle 9. Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A nach arithm. Mittel und nach Wahrscheinlichkeitsnetz.

		Auflagerkraft A	Einspannmoment M_A
		t	mt
Fehler = 0	wirkliche Werte	4,300	-3,20
kleine Fehler	nach WN	4,300	-3,10
	nach arithm. Mittel	4,222	-3,09
große Fehler	nach WN	4,300	-3,10
	nach arithm. Mittel	3,914	-2,780

Aus den in Tab. 9 gegenübergestellten Zahlen ist deutlich der Einfluß von „Ausreißern“ auf das arithmetische Mittel erkennbar, die auf den wahrscheinlichsten Wert praktisch ohne Einfluß sind. Die Überlegenheit der mit dem WN arbeitenden Rechenmethode gegenüber der arithmetischen Mittelwertbildung ist somit erwiesen.

In welchem Ausmaß sich statisch die nach dem arithmetischen Mittel und nach dem WN berechneten Werte für Auflagerkraft und Einspannmoment auswirken, vermitteln Tab. 10 und Abb. 12, die den Verlauf der wirklichen Biegemomente enthalten sowie die nach dem WN ermittelten Biegemomente und die aus dem arithmetischen Mittel hervorgehenden Biegemomente bei großen und kleinen Fehlmessungen der Durchbiegung. Bei großen und kleinen Fehlmessungen fällt die nach dem WN bestimmte Biegemomentenlinie mit der wirklichen Biegemomentenlinie praktisch zusammen, während die aus der arithmetischen Mittelwertbildung folgenden Biegemomente stark von den wirklichen Biegemomenten abweichen, und dies um so mehr, je größer die Fehl-Durchbiegungsmessungen sind. Für die statisch maßgeblichen Stellen des Trägers an der Einspannung und ungefähr auf halber Höhe

Tabelle 10.

Biegemomente nach Werten aus

- a) vorgegebener Biegelinie M_{x_0}
- b) Wahrscheinlichkeitsnetz bei großen und kleinen Meßfehlern M_{x_w}
- c) arithmetischem Mittel bei kleinen Meßfehlern M'_x
- d) „ „ bei großen Meßfehlern M''_x

Meßstelle	M_{x_0}	M_{x_w}	M'_x	M''_x	$\frac{M_{x_w}}{M_{x_0}}$	$\frac{M'_x}{M_{x_0}}$	$\frac{M''_x}{M_{x_0}}$
	($A_0 = 4,300$ t) mt	($A_w = 4,300$ t) mt	($A' = 4,222$ t) mt	($A'' = 3,914$ t) mt			
0 (M_A)	-3,200	-3,100	-3,090	-2,780	0,968	0,965	0,868
1	-2,127	-2,027	-2,037	-1,805	0,955	0,957	0,847
2	-1,066	-0,966	-0,996	-0,841	0,908	0,936	0,789
3	+0,973	+1,073	+1,003	+1,003	1,102	1,030	1,030
4	+2,823	+2,923	+2,813	+2,658	1,036	0,996	0,941
5	+4,387	+4,487	+4,337	+4,027	1,021	0,987	0,917
6	+5,571	+5,671	+5,481	+5,016	1,019	0,984	0,902
7	+6,280	+6,380	+6,150	+5,530	1,015	0,978	0,880
8	+6,419	+6,519	+6,249	+5,474	1,018	0,973	0,854
9	+5,893	+5,993	+5,683	+4,753	1,019	0,964	0,806
10	+4,608	+4,708	+4,358	+3,273	1,021	0,945	0,711
11	+2,467	+2,567	+2,177	+0,937	1,042	0,882	0,380
12	-0,597	-0,497	-0,954	-2,349	0,833	1,600	3,940
13	-2,555	-2,455	-2,905	-4,377	0,962	1,138	1,713
14 (M_B)	-4,760	-4,660	-5,130	-6,680	0,980	1,078	1,404

die Auflagerkraft A und für das Einspannmoment M_A wurden nach dem Wahrscheinlichkeitsnetz und nach dem arithmetischen Mittel folgende Werte festgestellt:

	arithmetisches Mittel	aus WN
Auflagerkraft A	5,534 t	5,410 t
Einspannmoment M_A	-2,777 mt	-1,940 mt

Ein großer Unterschied zeigt sich insbesondere für das Einspannmoment M_A , welches maßgebend ist für den Biegemomentenverlauf. Es kann auch hier auf mehreren Wegen bewiesen werden, daß mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes die wirklichen Werte festgestellt werden, hingegen das arithmetische Mittel völlig versagt. Errechnet man nämlich die elastische Linie unter Benutzung des Einspannmomentes und der Auflagerkraft, die einmal nach dem arithmetischen Mittel, das andere Mal nach dem WN bestimmt sind, so ergeben die in Tab. 12 eingetragenen Werte keinen Zweifel darüber, welcher Berechnungsmethode man den Vorzug zu geben hat. Die Tab. 12 enthält in Spalte 2 die gemessenen Durchbiegungen des Versuchsschottes der Deutschen Werft bei voller Belastung, in

Spalte 3 sind die Durchbiegungen nach den aus dem WN ermittelten Werten, in Spalte 4 die Durchbiegungen, denen die Werte aus dem arithmetischen Mittel zugrunde gelegt sind, eingetragen und schließlich enthalten die Spalten 5 und 6 der Tab. 12 die Abweichungen der nach den beiden Rechenverfahren ermittelten Werte von den gemessenen Durchbiegungen.

Tabelle 12. Durchbiegungen nach

- Messung am Versuchsschott f_0
 - Werten aus Wahrscheinlichkeitsnetz f_w
 - Werten aus arithmetischem Mittel f_a
- ($f_0 - f_w$) = Δf_w ; ($f_0 - f_a$) = Δf_a .

Meßstelle	f_0 mm	f_w mm	f_a mm	Δf_w * mm	Δf_a * mm
3	14,00	13,84	12,68	+0,16	+1,32
4	19,00	18,74	17,23	+0,26	+1,77
5	24,50	23,36	21,57	+1,14	+2,93
6	28,00	30,24	28,09	-2,24	-0,09
7	36,50	35,75	33,33	+0,75	+3,17
8	39,50	39,52	36,98	-0,02	+2,52
9	40,00	41,03	38,57	-1,03	+1,43
10	37,00	38,48	36,36	-1,48	+0,64
11	35,00	33,78	31,81	+1,22	+3,29
12	27,50	27,18	25,58	+0,32	+1,92
13	22,50	22,34	21,01	+0,16	+1,49
14	17,00	17,09	16,08	-0,09	+0,92

* Der Hinweis (6), daß die quadratische Streuung der Meßwerte von den nach dem WN und nach der arithm. Mittelwertbildung bestimmten Biegelinien nur eine Differenz von rd. 1 mm aufweist, und diese Differenz von 1 mm verglichen wird mit der Höchstabweichung von 2,24 mm an einer einzigen Meßstelle, führt in seinen Folgerungen zu beachtlichen Trugschlüssen (6). Nicht die absolute Differenz von 1 mm der beiden quadratischen Abweichungen ist wesentlich, sondern die Tatsache, daß die nach dem WN ermittelte Durchbiegungslinie innerhalb des Streubereichs der gemessenen Durchbiegungspunkte liegt mit geringer \pm Streuung, während die Durchbiegungslinie nach arithm. Mittelwertbildung nur positive (+) Abweichungen, und zwar große, aufweist, daher nicht annähernd die wirkliche Durchbiegungslinie darzustellen vermag, und man daher auch von einer quadratischen Streuung im eigentlichen Sinne gar nicht sprechen kann. Zu verschiedenen Durchbiegungslinien, die nichts weiter darstellen als die Konkretisierung von Kräften und Momenten, gehören auch verschiedene Auflagerkräfte und Einspannmomente. Wenn nun schon die nach arithm. Mittelwertbildung festgestellte Durchbiegungslinie aus dem Streubereich der gemessenen Durchbiegungen herausfällt, so können auch die dieser Biegelinie zugehörigen Einspannmomente und Auflagerkräfte nicht den Anspruch erheben, die wirklichen Werte darzustellen.

Dr. Beckel bemerkt zu den Abweichungen Δf_w und Δf_a folgendes:

„Die Streuung ist ein Genauigkeitsmaß, denn es kann sein, daß die mit einem grundsätzlichen Fehler behafteten Berechnungen (wie im vorliegenden Fall Anwendung des höheren arithmetischen Mittels statt des Mittelwertes) an sich ebenso wenig oder viel unte-

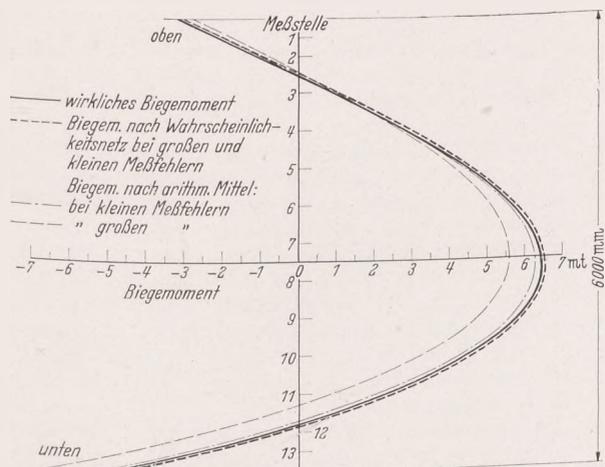


Abb. 12. Verlauf der Biegemomente aus Durchbiegungs-Fehlerrmessungen, ermittelt nach Wahrscheinlichkeitsnetz und nach arithm. Mittel für große und kleine Meßfehler, im Vergleich zur wirklichen Biegemomentenlinie.

Tabelle 11. Einspannungsgrade oben (α) und unten (β).

- a) nach vorgegebener Biegelinie α_0, β_0
- b) Wahrscheinlichkeitsnetz bei kleinen und großen Meßfehlern α_w, β_w
- c) arithmetischem Mittel bei kleinen Meßfehlern α'_a, β'_a
- d) „ „ „ großen Meßfehlern α''_a, β''_a

Einspannungsgrad		Einspannungsgrade unten bezogen auf β_0
oben	unten	
$\alpha_0 = 0,421$	$\beta_0 = 0,485$	
$\alpha_w = 0,400$	$\beta_w = 0,475$	$\beta_w/\beta_0 = 0,977$
$\alpha'_a = 0,416$	$\beta'_a = 0,523$	$\beta'_a/\beta_0 = 1,078$
$\alpha''_a = 0,411$	$\beta''_a = 0,692$	$\beta''_a/\beta_0 = 1,427$

des Trägers ergeben sich bei arithmetischer Mittelwertbildung gegenüber den wirklichen Werten nach Tab. 10 Unterschiede bis zu 40%, während die nach den WN ermittelten Werte mit einer Genauigkeit von rd. 2% festgestellt werden. Naturgemäß treten die gleichen Fehlerspannen bei der Ermittlung der Einspannungsgrade auf. Tab. 11 enthält die nach den vom Verfasser früher mitgeteilten Gleichungen (5) errechneten Einspannungsgrade oben und unten unter Verwendung der nach dem arithmetischen Mittel und nach dem WN festgestellten Zahlenwerte für Auflagerkraft und Einspannmoment.

Die Schottenversuche der Deutschen Werft.

Die Schottenversuche der Deutschen Werft sind unter Benutzung des WN nach den angeführten Grundsätzen ausgewertet worden. Für

sich streuen, wie die Berechnung mit dem richtigeren Ausgangsgrundwert. Im vorliegenden Fall ist σ_w und σ_a in der Tat identisch. Der Wert des geometrischen Mittels aller berechneten Wertabweichungen von irgend einem außerhalb der Verteilung liegenden Wert kann nicht als eine Streuung σ aufgefaßt werden, sondern ist als mittleres Maß der Abweichung anzusehen. Hierfür bietet sich aber schon der Mittenwert als charakteristisch dar mit $+1,63 = C_a$, während C_w nur $-0,16$ abweicht, also **praktisch mit der Wirklichkeit übereinstimmt** und rund **zehnmal kleiner** als C_a ist!“

Die in Tab. 12 angegebenen Werte sind mit Hilfe der in meiner Arbeit „Werft-Reederei-Hafen“ 1940, S. 123, links unten angeführten Gleichung mit einer Genauigkeit von $1/100$ mm errechnet.

Die mit Hilfe des WN ermittelte Durchbiegungslinie wird von den gemessenen Durchbiegungspunkten ausgezeichnet eingegabelt. Die Vorzeichen der Abweichungen (Spalte 5 der Tab. 12) liegen unregelmäßig verteilt, so daß eine systematische Änderung in der Abweichung nicht vorliegt. Die teils negativen, teils positiven Abweichungen der gerechneten Durchbiegungslinie von den durch Versuch bestimmten Durchbiegungspunkten bewirken auch im WN die Schwankungen rechts und links vom 50 vH- Σ -Wert der rechnerisch möglichen Auflagerkräfte und Einspannmomente.

Wenn die Ansicht vertreten wird, daß eine praktische Durchbiegungsmessung mit einer Abweichung von $2,5$ mm schon als recht genau anzusprechen ist, so geht aus der Tab. 12 hervor, daß die Abweichungen der aus den Versuchsdaten errechneten Durchbiegungslinie für die meisten Meßstellen ein Bruchteil von dem beträgt, was man bei sorgfältiger Messung für erreichbar hält. Und dieses Ergebnis ist mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes erreicht worden bei Aufmessen der Durchbiegungen mit einer millimetergeteilten stählernen Meßplatte mit einer Meßgenauigkeit von $\pm 0,5$ mm. Der Vergleich der Zahlen in der Tab. 12 ist ein sprechender Beweis für die Richtigkeit der Auswertung mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes.

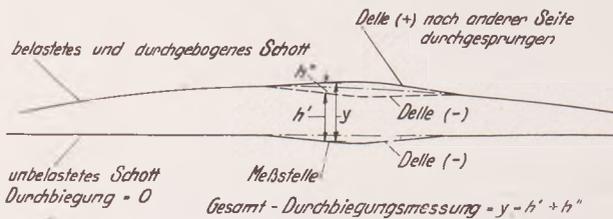


Abb. 13. Einfluß des Durchspringens einer Delle auf die Fehlergröße einer im Bereich der Delle liegenden Durchbiegungsmessung.

Hier seien noch einige Bemerkungen über Fehlerquellen bei Durchbiegungsmessungen eingeschaltet. Neben den durch die Präzision des Meßgerätes und durch die meßtechnischen Fähigkeiten des Messenden bedingten Meßfehlern sind besonders bei geschweißten Schotten noch weitere Fehlermöglichkeiten gegeben durch die Vorspannungen, solange die Beanspruchung des Schottes die Fließgrenze nicht überschreitet. Befindet sich nach Abb. 13 im Schott beispielsweise als Folge von Schweißspannungen eine „Delle“ im Bereich eines Meßpunktes, so wird, falls die Delle bei Belastung des Schottes nach der anderen Seite durchspringt, die Durchbiegung um den Betrag h'' fehlgemessen (Abb. 13). Es braucht in diesem Zusammenhang als eine Selbstverständlichkeit nicht besonders hervorgehoben zu werden (6), daß die lokale Spannungsstörung auf die Gesamtdurchbiegung ohne Einfluß ist, wie auch anschaulich der Abb. 13 zu entnehmen ist. Wohl aber bewirkt das Durchspringen einer Delle von einer Seite zur anderen einen weiteren Fehlereinfluß der Durchbiegungsmessung um den Betrag h'' bei einer im Bereich der durchspringenden Delle liegenden Meßstelle. Sämtliche Fehldurchbiegungslinien mit dem Grundwert $y = y_1$ dieser Meßstelle enthalten somit den zusätzlichen Fehlerinfluß h'' , der sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz auf die zu diesen Fehldurchbiegungslinien zugehörigen rechnerischen Auflagerkräfte und Einspannmomente überträgt und damit neben den übrigen Anteilen der Durchbiegungs-Fehlerrichtung einen weiteren Beitrag zu ihrer Schwankungsbreite liefert.

Eine weitere Bestätigung für die Richtigkeit der mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes ermittelten Biegemomente bietet die auf halber Höhe des Schottes während des Versuchs durchgeführte Dehnungsmessung. Bei Trägern mit dreieckförmiger Belastung mit dem Größtwert der Belastung oben oder unten beträgt das Biegemoment in halber Trägerhöhe

$$M_{1/2} = \frac{Q \cdot l}{8} - \left(\frac{M_A + M_B}{2} \right)$$

- Q = Gesamtlast = 16,88 t
- l = Träger-(Schotten-)Höhe 6,92 m
- M_A = Einspannmoment oben
- M_B = Einspannmoment unten.

In Abb. 14 sind die aus der Summe der Einspannmomente oben und unten sich ergebenden, allgemein bekannten Grenzfälle eingetragen. Die beiden aus Dehnungsmessung und Wahrscheinlichkeitsnetz folgenden Biegemomente liegen an der gleichen Stelle der Momentengeraden der Abb. 14, während das aus der arithmetischen Mittelwertbildung folgende Biegemoment auf halber Höhe des Schottes

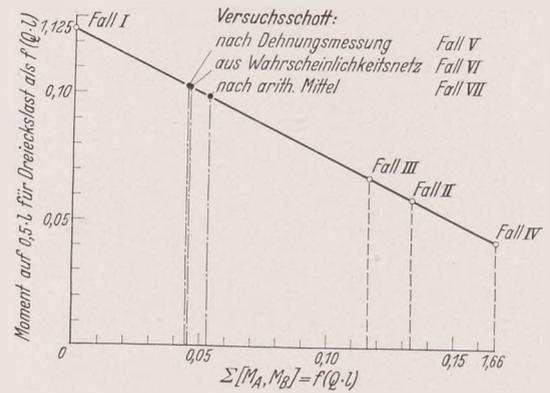


Abb. 14. Moment auf halber Höhe eines mit Dreieckslast belasteten Trägers als Funktion von $Q \cdot l$ und verschiedenen Einspannungen.

- Q = Dreieckslast,
- l = Trägerlänge,
- M_A = Einspannmoment oben bei Auflager A,
- M_B = Einspannmoment unten bei Auflager B,
- Fall I = freie Auflage oben unten, Größtlast bei B,
- Fall II = Einspannung unten, freie Auflage oben, Größtlast bei B,
- Fall III = Einspannung oben, freie Auflage unten, Größtlast bei A,
- Fall IV = Einspannung oben unten, Größtlast bei B.

von dem aus der Dehnungsmessung sich ergebenden Biegemoment weit abweicht.

Den Gesamtverlauf der Biegemomente über der ganzen Schottenhöhe zeigt Abb. 15 für die aus dem arithmetischen Mittel folgenden Werte. Außerdem ist in Abb. 15 das aus der Dehnungsmessung ermittelte Biegemoment eingetragen. Insbesondere im oberen Bereich des Schottes entfernen sich die nach dem arithmetischen Mittel festgestellten Biegemomente erheblich von den wirklichen Biegemomenten, wenn man die mit Hilfe des WN ermittelten Biegemomente mit den wirklichen Biegemomenten gleichlautend erklärt; die Berechtigung hierzu kann als erwiesen betrachtet werden. Nach Tab. 13 weichen die Biegemomente nach dem arithmetischen Mittel bis zu 40% von den wirklichen Biegemomenten ab.

Auch die Einspannungsgrade lassen erkennen, daß die arithmetische Mittelwertbildung keinesfalls zu richtigen Werten führt. Nach den aus dem WN ermittelten Werten für Auflagerkraft und Ein-

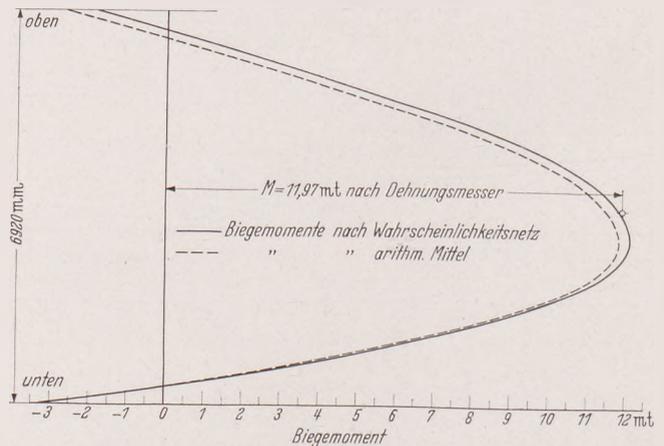


Abb. 15. Verlauf der Biegemomente aus Schotten-Durchbiegungsversuchen der Deutschen Werft nach den aus dem Wahrscheinlichkeitsnetz ermittelten und nach arithmetischem Mittel gebildeten Werten.

spannmoment folgt nach Einsetzen dieser Werte in die bekannten Gleichungen (5) für den Einspannungsgrad oben $\alpha = 0,158$ und für den Einspannungsgrad unten $\beta = 0,235$, während nach der arithmetischen Mittelwertbildung sich für den oberen Einspannungsgrad $\alpha = 0,208$ und für den unteren Einspannungsgrad $\beta = 0,233$ ergibt. Der Einspannungsgrad oben muß jedoch infolge der weniger großen Steifigkeit der oben am Schott anschließenden Bauteile (Deck) bedeutend kleiner sein als der Einspannungsgrad unten am steifen Doppelboden. Nach den aus dem arithmetischen Mittel folgenden Werten sind entgegen dem physikalisch möglichen Geschehen die Einspannungsgrade oben

Tabelle 13. Biegemomente aus Schottenversuch der Deutschen Werft.

- a) nach Wahrscheinlichkeitsnetz M_{xw}
b) nach arithmetischem Mittel M_{xa}

x in m	M_{xw} mt	M_{xa} mt	M_{xa}/M_{xw}
0,00	— 1,940	— 2,777	1,432
1,00	+ 3,353	+ 2,649	0,730
2,00	+ 7,940	+ 7,376	0,928
3,00	+11,118	+10,687	0,961
4,00	+12,180	+11,875	0,975
5,00	+10,423	+10,251	0,983
6,00	+ 5,140	+ 5,101	0,992
6,92	— 3,349	— 3,355	1,002

und unten annähernd gleich, während die Einspannungsgrade nach den aus dem WN ermittelten Werten physikalisch plausible Werte ergeben.

Es ist nicht zulässig und führt zu Trugschlüssen (6), wenn als bestimmend für die Meßgenauigkeit der gesamten Meßreihe die größte Abweichung von 2,24 mm einer einzigen Meßstelle betrachtet wird; maßgebend sind die Abweichungen in ihrer Gesamtheit, die wesentlich kleiner als 2,24 mm sind. Vgl. auch die Ausführungen des Herrn Dr. Beckel zu den Abweichungen Δf_w und Δf_a der Tab. 12. Für die Abschätzung der Richtigkeit der Einspannungsgrade kommt es vornehmlich oben und unten auf jeden Zehntel-Millimeter Durchbiegungs-Fehlmessung an, da oben und unten die geringste Abweichung der Meßwerte von der wirklichen Durchbiegungslinie sich auf die Einlaufftangente und somit auf das Einspannmoment in nemenswerter Weise auswirkt. Die im Bereich der oberen und unteren Meßstellen auftretenden Zahlen der Spalten 5 und 6 der Tab. 12 weisen deutlich darauf hin, welche der beiden Rechenmethoden, das Wahrscheinlichkeitsnetz oder die arithmetische Mittelwertbildung, zu den der Wirklichkeit entsprechenden Einspannungsgraden führt.²

Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß man bei der Auswertung von Festigkeitsversuchen mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes Werte erhält, die mit den wirklichen Werten praktisch gleichgesetzt werden können. Größere Fehlmessungen der Durchbiegungen bedeuten lediglich eine Drehung der Wahrscheinlichkeitslinie im WN von kleineren zu größeren Schwankungsbereichen um den wahrscheinlichsten (wirklichen) Wert. Der wahrscheinlichste Wert wird von größeren Fehlmessungen praktisch nicht berührt. Die arithmetische Mittelwertbildung hingegen unterliegt völlig dem Einfluß von Fehlmessungen und ist daher nicht als Rechenverfahren zur Ermittlung von wirklichen Werten aus Schwankungszahlen geeignet.

Wenn man in England versucht hat, Fehlerausgleichsrechnungen nach dem alten Verfahren der klassischen Variationsstatistik zur Verbesserung von Meßergebnissen an Schotten anzustellen und hierbei zu keinem Erfolg gelangt ist, so hat man damals noch nicht das einfache und die Grundsätze der Fehlerausgleichung bereits enthaltende Wahrscheinlichkeitsnetz gekannt und sich seiner Vorteile daher auch nicht bedienen können. Die Auswertung von Versuchszahlen mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes und des Häufigkeitspapiers erweist sich gegenüber den rechnerisch-mathematischen Methoden als ein Verfahren, das an Einfachheit und wegen der vorzugsweise graphischen Betrachtungsweise an Übersichtlichkeit sowie an Erkenntnismöglichkeiten nicht zu übertreffen ist und einen beachtlichen Fortschritt zur Auswertung von Festigkeitsversuchen bedeutet.

Schrifttum.

1. Beckel, A., Daeves, K.: Ein neues Hilfsmittel der Großzahlforschung. Stahl und Eisen 54, S. 1305 (1934).
2. —, —: Auswertung von Betriebszahlen und Betriebs-

² Verfasser hat Meßwertreihen neuerer Festigkeits-Großversuche der Deutschen Werft nach den hier gezeigten Grundsätzen ausgewertet. Das Ergebnis der Auswertung dieser Versuche ist insofern bemerkenswert (und kann als weiterer Beweis für die Richtigkeit des vom Verfasser empfohlenen Auswertungsverfahrens vorgebracht werden), als einmal der Momentenverlauf mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes aus den kombinierten Meßwerten einer größeren Anzahl Dehnungsmessermittel ermittelt und zum anderen in einer Paralleluntersuchung der Momentenverlauf mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes aus den gemessenen Durchbiegungen festgestellt worden ist. Es hat sich gezeigt, daß beide Meßwertreihen nur unter Zuhilfenahme des Wahrscheinlichkeitsnetzes zu der gleichen Momentenlinie führen, während das arithmetische Mittel der aus den Meßwerten errechneten Zahlen, wie zu erwarten, völlig versagt und zu physikalisch nicht plausiblen Werten führt.

versuchen durch Großzahlforschung. Die Chemische Fabrik 14, S. 131 (1941).
Zur Festigkeit der Schotte. Werft-Reed.-Hafen 20, S. 151 (1939).
Häufigkeitsbetrachtungen zur Ermittlung der erforderlichen Festigkeit von Flugzeugen. Luftfahrt-Forsch. 12, S. 57 (1935).
Zur Auswertung von Schottenversuchen. Werft-Reed.-Hafen 21, S. 122 (1940).
Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Schiffbau-Schiffahrt-Hafenbau 42, S. 242 (1941).

3. Dahmann, W.:
4. Kübner, H. G.:
5. Lehmann, G.:
6. Schnadel, G.:

Stellungnahme zum Vorstehenden von Professor Dr. P. Riebesell, München:

Von Herrn Dr. Lehmann, Deutsche Werft, Hamburg, wurde mir seine Arbeit, betitelt „Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung“ mit der Bitte um Stellungnahme zu der Frage übersandt, inwieweit die Benutzung des Wahrscheinlichkeitsnetzes für die Auswertung der Messungen bei Schottenversuchen zulässig sei. Die Resultate von Herrn Dr. Lehmann haben mich wiederholt in der Auffassung bestärkt, daß das Wahrscheinlichkeitsnetz nicht nur für unmittelbar beobachtete Größen anwendbar ist, sondern, daß es sich auch auf abgeleitete Kollektive anwenden läßt. Man ging bisher von der Meinung aus, daß nur „die sog. Naturgrößen elementarer Ordnung“ die der direkten Beobachtung unterliegen, Schwankungen aufweisen, die dem Gaußschen Fehlergesetz genügen, während man häufig annahm, daß die sog. „Naturgrößen höherer Ordnung“, die etwa mit den Naturgrößen elementarer Ordnung durch die Funktion $z = f(x)$ verbunden sind, andere Verteilungen aufweisen. Es hat sich aber gezeigt, daß zwar, wenn die Funktion f unbekannt ist, häufig schiefe Verteilungen herauskommen, daß aber auch diese sich im allgemeinen in Gaußsche Verteilungen zerlegen und nach dem Wahrscheinlichkeitsnetz auswerten lassen. Ist, wie im vorliegenden Fall, die Funktion f bekannt, so läßt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz der Schwankungsbereich ermitteln, und, wie Lehmann zeigt, stimmt die Auswertung mit dem Wahrscheinlichkeitsnetz für die abgeleiteten Größen mit den Beobachtungen völlig überein. Daß auch auf anderen Gebieten der Technik das Wahrscheinlichkeitsnetz in gleicher Weise angewendet wird, zeigen vor allem die Veröffentlichungen von A. Beckel und K. Daeves, von denen die letzte mit ausführlichen Literaturangaben versehene Arbeit „Zur Analyse von Häufigkeitskurven bei der Großzahlforschung“ in Band 6, Heft 1, 1940, des von mir gemeinsam mit Herrn Prof. Timpe, Berlin, herausgegebenen Archivs für mathematische Wirtschafts- und Sozialforschung erschienen ist.

München, Oktober 1941.

Riebesell,

Honorarprofessor für Versicherungsmathematik und mathematische Statistik an der Universität München.

Stellungnahme und Beiträge von Dr.-Ing. K. Daeves und Dr. phil. A. Beckel, Düsseldorf:

Die Arbeit von Dr. Ing. G. Lehmann: „Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung“ hat die in der Großzahl-Forschung ständig angewandte Erkenntnis bestätigt, daß sowohl die Fehlerverteilung als auch die von irgendwelchen Meßwertreihen abgeleiteten Funktionen nach dem Gaußschen Gesetz streuen. Die Arbeit zeigt, daß von der Gesamtverteilung der Berechnungsergebnisse der wahrscheinlichste Wert ($g_{50} = C$) als repräsentativer Kennwert anzusehen ist, der nicht von extremen Ausreißern beeinflusst ist. An Hand der Originalberechnungswerte für Auflagerkraft A und Einspannmoment M_A der Arbeit von Dr. Lehmann: „Zur Auswertung von Schottenversuchen“, die zur Verfügung gestellt waren, konnte aus allen n ($n - 1$) - Werten ($n = 12$; insgesamt 132 Werte) durch Aufgliederung der Verteilungskurve auf Häufigkeitspapier³ der den besten Meßwerten entsprechende Anteil aufgefunden werden, dessen Kennwert mit dem aus der Gesamtverteilung abgeleiteten praktisch übereinstimmt:

Auflagerkraft A:	C gesamt	5,41 t	
	C Mittelanteil	5,39 t	Anteil: 54%
Einspannmoment M_A :	C gesamt	1,94 t	
	C Mittelanteil	2,03 t	Anteil: 33%

Bemerkenswert war die Aufklärung der verschiedenen Fehlerkollektive der Auflagerkraft A durch Untersuchung der Ergebnisse in Einzelgruppen, entsprechend verschiedenem Abstand der zur Berechnung dienenden Meßstellen voneinander. Es ergab sich,

³ Wahrscheinlichkeitsnetz und Häufigkeitspapier werden von Schleicher & Schüll, Düren, hergestellt.

Einfluß der Zuordnung von Meßstellen auf die berechneten Werte der Auflagerkraft A.

Berechnete Auflagerkraft A in Tonnen	Vorkommen von aus zwei Meßstellen berechneten Werten für A, aufgegliedert nach der Koordinierung der Meßstellen										
	Meßstellen nebeneinand.	Meßstellen, getrennt durch x Meßstellen									
	x =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,	—	568	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
3,	—	—	5	—	5	—	7	8	8	—	—
4,	112333	—	4	3	—	2	—	—	—	—	—
4,	7778	556677789	5666	7	7	8	9	—	—	—	—
5,	14	—	3	23	01334	00133444	1223	244	2444	3344	44
5,	78	—	69	6666688	5577	—	66	6699	6	—	—
6,	—	—	00002445	0011	144	11	00	—	—	—	—
6,	—	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,	—	01233	—	2	—	—	—	—	—	—	—
8,	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,	59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Spalte 1 gibt für die Auflagerkraft in t die vollen Tonnen, die Einzelzahlen aller übrigen Spalten die Dezimalen an. Die Angabe 2 // 568 ist also so zu lesen, daß drei Berechnungen den Wert 2,5, 2,6, 2,8 t ergaben.

daß dann, wenn die benutzten Meßstellen durch drei oder weniger Meßstellen getrennt sind, die Ergebnisse entweder zu niedrig oder zu hoch liegen, da die Funktion gegen kleine Fehler bei nahen Entfernungen weit empfindlicher sein muß als bei größeren Entfernungen, die in besonders deutlichem Maße das Hervortreten des Mittelkollektivs zeigen (s. Tabelle).

Ob die Verfahren der Großzahl-Forschung anwendbar sind, hängt nicht von einer Vielzahl von Meßwerten, sondern davon ab, ob die vorliegenden Meßwerte mehr oder weniger einheitliche Kollektive bilden, d. h. ob sich schon bei der einfachen Zusammenstellung zu Häufigkeitskurven ein bevorzugter häufigster Wert erkennen läßt. Die Bezeichnung Großzahl-Forschung hat nichts mit „Vielzahlen“ zu tun, sondern deutet auf das „Gesetz der großen Zahlen“ hin, das nur beim Vorliegen von Kollektiven erfüllt wird.

Aus diesem Grunde ist die Großzahl-Forschung bzw. der häufigste oder Zentralwert als Kennwert wesentlich besser zur Kennzeichnung und Auswertung gerade einer kleineren Zahl von Meßwerten geeignet als der arithmetische Mittelwert.

Im vorliegenden Fall gestattet die Analyse der Kurve im Wahrscheinlichkeitsnetz und Häufigkeitspapier schon ohne Berücksichtigung der Teilkollektive, wie sie durch die gruppenweise Bildung der Fehleranteile entstehen, die unwahrscheinlichen und Fehlwerte auszuscheiden und dadurch die der Wirklichkeit entsprechenden Kennwerte von Beobachtungsreihen und deren funktionellen Ableitungen zu gewinnen.

In dieser Form dürfte die Großzahl-Forschung auch für manche andere Probleme des Schiffbaus und verwandter Gebiete vorteilhaft sein, wo man sich mit verhältnismäßig wenig Meßwerten begnügen muß.

Düsseldorf, Oktober 1941. K. Daeves. A. Beckel.

Abschließende Bemerkungen.

Eine auswertende Betrachtung des in „Werft-Reederei-Hafen“ erschienenen Uraufsatzes, zusammengehalten mit den kritischen

Äußerungen von Herrn Professor Schnadel, schließlich die Stellungnahme und die gutachtlichen Äußerungen und Beiträge der Herren Professor Dr. Riebesell, Dr. phil. Beckel und Dr.-Ing. Daeves gestatten eine Gesamtbeurteilung:

Die von Herrn Professor Schnadel als Hauptargument seiner Kritik vorgebrachten Auffassungen über die beiden von ihm angenommenen Grundregeln der Großzahlforschung und Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß nämlich eine Vielzahl von Meßwerten vorhanden sein müsse, und daß diese Meßwerte nur von unabhängigen Beobachtungen stammen dürften, entsprechen nicht dem heutigen Stande wissenschaftlicher Erkenntnis auf diesem Gebiete. Denn sowohl die Stellungnahmen der Herren Riebesell, Daeves und Beckel, wie insbesondere die verschiedentlichen Veröffentlichungen der beiden letztgenannten Wissenschaftler heben gerade im Gegenteil die Bedeutung der Großzahlforschung für kleine Meßwertreihen und für abgeleitete Kollektive hervor, — im gleichen Sinn wie von Dr. Lehmann angewandt, was aber Professor Schnadel als grundsätzlichen Irrtum in der Arbeit Dr. Lehmanns bezeichnet hat. Professor Schnadel hat bei der Deutung der im Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragenen Punkte die Anzahl der gewählten Intervalle zur Feststellung des Häufigkeitsverlaufs mit der Gesamtzahl des zur Verfügung stehenden Zahlenhaufens verwechselt. Somit entbehren seine Schlußfolgerungen hinsichtlich der Glaubwürdigkeit des aus dem Wahrscheinlichkeitsnetz folgenden Rechnungsergebnisses der Grundlage. Wir sind nach allem der Überzeugung, daß die Methoden der Großzahlforschung sich in der Schiffbauwissenschaft ebenso fruchtbar erweisen werden, wie sie sich auf anderen technischen Gebieten bereits als erkenntnisfördernd herausgestellt haben. Mit Rücksicht auf die Bedeutung der hier behandelten Materie hat die Schriftleitung geglaubt, der Fachöffentlichkeit eine ausführliche Darstellung dessen schuldig zu sein, was auf den von Dr. Lehmann s. Zt. in WRH veröffentlichten Aufsatz erfolgt ist.

Schriftleitung.

Bücherschau.

Ingenieure. Betrachtungen über Bedeutung, Beruf und Stellung von Ingenieuren. Von Fr. Münzinger. 136 Seiten, 34 Abb. Berlin: Springer-Verlag O. H. G. 1941. Preis br. RM 6,90.

Der Leitungsbeitrag dieses Heftes ist gleichzeitig eine Würdigung dieses Werkes, welches berufen ist, nicht nur der jetzt schaffenden Generation sondern auch dem Nachwuchs Erfahrungen und Anregungen von gar nicht

hoch genug zu schätzendem Werte für die eigene Ausgestaltung des Berufes und des Gemeinschaftslebens darin zu vermitteln. Dem Text sind eine Anzahl bildlicher und graphischer Darstellungen hervorragender technischer Entwicklungen und 10 Bildnisse bedeutender Erfinder beigegeben.
Dr. Foerster.

INHALT: Sinndeutung der Technik und Bewertung konstruktiver Ingenieurarbeit S. 1. — Festigkeitsversuch und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von Dr.-Ing. Günther Lehmann, Deutsche Werft, Hamburg S. 6. — Bücherschau S. 16.

Schiffskessel 145 qm, 13. actü.
betriebsfertig verkäuflich durch:
Gebr. Kluth, Berlin, Wallstr. 66,
Tel. 67 54 39. (951)

**Jetzt gültige
Anzeigenpreisliste
Nr. 5.**

Schiffslüfter

seit über
50 Jahren als Spezialität
Barmer Eisen- und Blechwarenfabrik
und Verzinkerei
WILH. MAUELER, Wuppertal - Barmen.

Zu kaufen gesucht: **1 oder 2** be-
hördlich zugelassene **Fluß-**
oder **See-Dampfschlepper**
mit je einer Maschinenleistung
von 275 bis 300 PS. F. Schichau
A.-G., Elbing/Westpr. (952)

Dampf- und Drehkräne auf
Schienen laufend, in betriebs-
fertigem Zustand, sofort zu
kaufen gesucht. Tragkraft von
5-10 t, Ausladung zwischen
8-15 m, verwendbar für Grei-
fer- und Stückgutbetrieb, Be-
triebsspannung Drehstrom 380
oder 500 Volt, 50 Perioden.
Eilangebote und Standortangabe
an Reichswerke AG für Erzberg-
bau und Eisenhütten „Hermann
Göring“ - Abteilung Schifffahrt
- Watenstedt 2 über Braun-
schweig, Postfach 3. (953)

SILBERLOTE

sind für einwandfreie Löt-
arbeiten unentbehrlich.

Dr. Th. Wieland, Pforzheim

Scheide- und Legieranstalt

Gegründet 1871

Handelsschiffnormen nach H. N. A.

Bezugsnachweis und Fragekasten

Man bittet, sich bei Anfragen auf diese Anzeige zu beziehen

Normen- Armaturen

nach HNA - KM - DIN
vom Lager und kurzfristig

Fritz Barthel

Hamburg-Altona 1 Ruf: * 42 1825

Rohr-Verschraubungen u. Armaturen



für Kupfer-, Stahl- und Leichtmetallrohre
(Einbaumasse nach HNA/KM u. DIN)
für den
Schiffbau / Maschinenbau / Apparatebau / Motorenbau
Generalverfr. **Heinrich Lauterbach, Hamburg 26**
Tel. 26 91 35 / Borgfelderstr. 82

J. P. C. Luck

Hamburg, Rödingsmarkt 54

Sammel-Nummer: 36 19 37
Ferngespräche: 36 19 39

Schiffsgläser (Bullaugen)
Decksgläser

Am Lager vorrätig nach H. N. A.-Tabellen

Alle Metalle

Messing: Bleche, Stangen,
Profile, Rohre,
Yellow-Bleche

KURT BACKOF · Hamburg 37 · Fernruf 53 06 96

Metallwerke v. Galkowsky & Kielblock K. G.

Finow bei Eberswalde

liefern

elektrische Leitungs- und
Beleuchtungs - Armaturen
nach HNA - Normen.

Verschraubungen und Armaturen
aller Art nach Muster
oder Zeichnung.

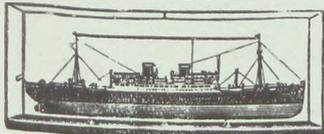
Marineglue

Paul Pietzschke

Chem.-techn. Fabrik
Hamburg 26

ROSE
ARMATUREN
FÜR ALLE ZWECKE
UND NACH
KM HNA DIN
LIEFERUNG AB LAGER
ODER KURZFRISTIG
TH. ROSE KOM. GES.
HAMBURG-ALTONA 1

Schiffsmodelle



Kran- und
Brücken-
modelle
Modelle
im Schnitt

CHR. STUHRMANN, HAMBURG 20

Elektro-Armaturen und Beleuchtungskörper

nach HNA- und KM-Normen

Karl Dose, Hamburg-Altona

Hafenstraße 51.

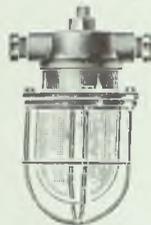
Elektrische Schiffsarmaturen

nach HNA und KMN
sowie Spezial-Modelle

HOPPMANN & MÜLSOW

Hamburg 19

Metallgießerei · Preßwerk



Gekocht wird
auf vielen
Schiffen
mit

Roeder- Kochanlagen

Sie bewähren sich

Wir beraten Sie gern, wenn Sie
uns unter Beitr.: WR 7 schreiben

Gebrüder Roeder AG.
Darmstadt



Sturmklappen

Kesselarmaturen u. Ventile nach HNA aus Schwer-
metall und Stahlguß. / Metallguß in garantierten Spe-
ziallegierungen / Leichtmetallguß / Zinkguß
Eilanfertigungen.

Hennig & Weber

Metallgießerei und Armaturenfabrik
Hamburg 11, Venusberg 4/5

WILHELM SCHLEY

Metallgießerei und Armaturenfabrik
Hamburg-Wandsbek · gegr. 1913
liefert Rohguß und Armaturen in

Leicht- u. Schwermetall

und deren Legierungen nach eigenen oder
eingesandten Zeichnungen und Modellen
sowie nach HNA-, KM- und DIN-Normen
in bester fachmännischer Ausführung.

Wumag

Waggon- und Maschinenbau
A. G. - Görlitz

hat die Ausführungsrechte auf alle von uns
herausgebrachten

Schiffskolbendampfmaschinen mit Ventilsteuerung

übernommen und zwar:

Lentz-Einheitsschiffsmaschine
(600-4500 PS)

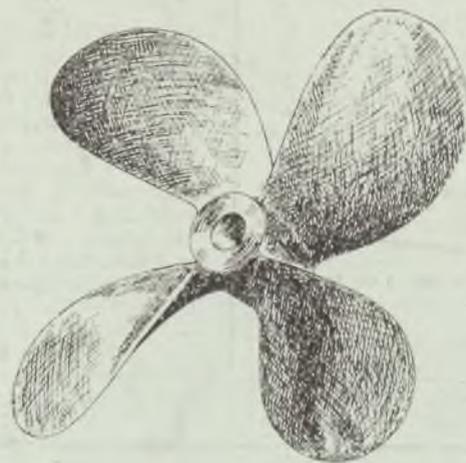
Salge-Dreifach-Expansionsmaschine
(150-2500 PS)

Salge-Hochdruck-Schiffsdampfmaschine
(47 atü, 375°C und 1000-5000 PS)



Willy Salge & Co.

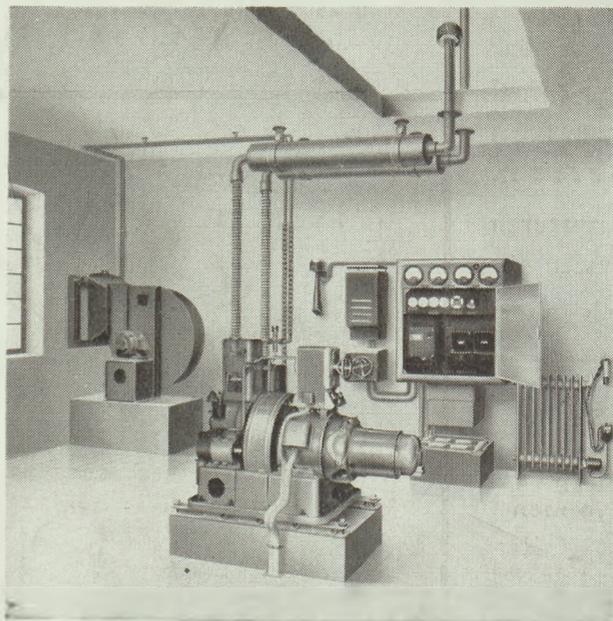
Technische Gesellschaft
Berlin W 62



Theodor Zeise

Spezialfabrik für Schiffsschrauben

Hamburg-Altona



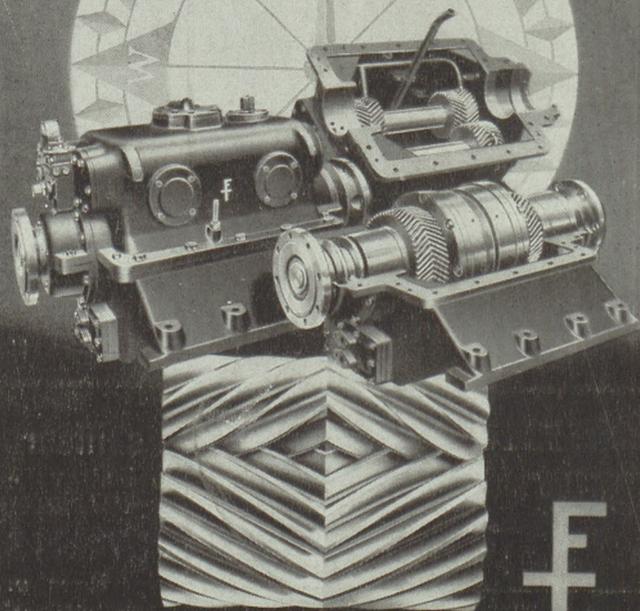
Vollautomatische
Diesel-Notstrom-Zentralen
mit relaisloser Automatik
2-100kW Gleich- od. Drehstrom

Verlangen Sie Sonderprospekte



HANS STILL
Motorenfabrik Hamburg 48

TACKE
Schiffswendegeräte



F. TACKE
MASCHINENFABRIK, K.-G., RHEINE I. WESTF.