

# DER STAHLBAU

Schriftleitung:

Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule  
Fernsprecher: C 1 Steinplatz 0011  
Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Beilage  
zur Zeitschrift

## DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-  
samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

10. Jahrgang

BERLIN, 12. Februar 1937

Heft 4

Alle Rechte vorbehalten.

### Die Aufgaben des Betriebsingenieurs im Stahlbau.

Von Betriebsleiter Rudolf Brüning, Homburg-Saar.

Der gewaltige Wiederanstieg der deutschen Industrie, die Notwendigkeit des restlosen Einsatzes aller Kräfte zur Selbstbehauptung unseres Volkes verpflichtet jeden an verantwortlicher Stelle stehenden Menschen in besonderem Maße, sich mit ganzer Kraft zur Erreichung unseres großen Zieles „Wirtschaftliche Freiheit“ einzusetzen.

Für uns Betriebsingenieure ergibt sich daraus die ehrenvolle Aufgabe, alle Kräfte unserer Betriebe zusammenzufassen und in den Dienst unseres Volkes zu stellen.

Wie kann ich helfen, welche Möglichkeiten sind mir gegeben, wie erfasse ich alle Kräfte meines Betriebes, wie kann ich jedem Mitarbeiter Anteil an unserer gemeinsamen großen Aufgabe haben lassen, das sind die Fragen, die uns Betriebsingenieure heute beschäftigen.

Einsatzmöglichkeiten gibt es in jedem Betrieb. Welcher Betriebsingenieur möchte behaupten, sein Betrieb habe die höchstmögliche Stufe der Entwicklung erreicht? Wir wissen, daß es noch viele Aufgaben zu lösen gibt, Aufgaben, deren Lösungen uns stolz und froh machen, aber auch immer wieder tatkräftigen Einsatz und unbeirrbares Zielstreben verlangen.

Täglich, ja stündlich stehen wir neuen Aufgaben gegenüber, vorausgesehenen als auch nicht vorausgesehenen, wobei letztere oft mit mehr oder weniger großen Verlusten in irgendeiner Form verbunden sind. Was liegt darum näher, als alle Betriebsvorgänge derart zu erfassen und vorzubestimmen, daß sich diese unvorhergesehenen Aufgaben auf ein wirklich erträgliches Maß beschränken.

Entlasten wir unsere Betriebe von diesen unerfreulichen Erscheinungen und Störungen in ihrem Arbeitsablauf, dann ist Leistungssteigerung die natürliche Folge systematischen Betriebsaufbaues. Leistungssteigerung kann in den verschiedensten Formen zum Ausdruck kommen, wie:

1. Vergrößerung der Leistungsmenge,
2. Steigerung der Güte des Erzeugnisses,
3. Mengen und Gütesteigerung vereint,
4. Ersparnisse an Rohstoffen,
5. Leistungssteigerung unter gleichzeitiger Entlastung der Menschen,
6. freudigere Mitarbeit aller Arbeitskameraden usw.

Es gibt also viele äußere Erkennungsmerkmale der Leistungssteigerung, und jeder Betriebsingenieur muß seinen Betrieb derart kennen, daß er weiß, wo und wie Leistungssteigerungen zu erzielen sind.

Leistungssteigerung darf keine einseitige Überbeanspruchung von Menschen und Betriebsmitteln verursachen. Erkenntnisse und Arbeitsmethoden, Erfahrungen und deren Lehren müssen sich in wechselseitiger Folge ergänzen und fördern. Es ist zwecklos, zur Erreichung unseres Zieles irgendeine Einzelheit des Betriebes besonders zu fördern; denn wirkliche Entwicklung ist nur möglich unter sorgfältigster Überwachung und Förderung aller Gebiete und Vorgänge des Betriebes.

Zur Erzielung einer derartigen Entwicklung ist gewissenhafteste Untersuchung aller Betriebsvorgänge und Zusammenhänge erforderlich. Vollständige Zergliederung und Aufteilung aller Phasen des Betriebs-

ablaufes und der Fertigungsvorgänge deckt Fehlerquellen und Reibungsstellen auf, gibt besten Einblick in das Inneingreifen der verschiedensten Betriebsvorgänge und damit die Grundlagen organischen Betriebsaufbaues. Das ist die erste Aufgabe jedes Betriebsingenieurs, der Leistungssteigerung seines Betriebes erzielen will.

Für dieses Vorgehen gibt es keine allgemein gültige Form, denn die Wege zum Ziel können und müssen verschiedenartig sein, da ja auch die Schichtung jedes Betriebes eine andere ist. Es ist also vollständig verfehlt, an Hand irgendeiner anderswo gültigen Form den eigenen Betrieb untersuchen und aufbauen zu wollen. Beispiele sollen nur anregen, und der persönliche Einsatz, das Wissen und Können des Betriebsingenieurs müssen die für seinen Betrieb gültige Aufbauform erkennen und entwickeln.

Der von mir gewählte Aufbauplan kann darum nur als ein zur Anregung dienendes Beispiel gelten. Die Aufgaben des Betriebsingenieurs sind in vier Hauptgruppen unterteilt, die sich entsprechend den jeweils vorliegenden Verhältnissen erweitern oder auch verringern können.

### Die Aufgaben des Betriebsingenieurs.

Werksaufbau.	Wirtschaftlicher Betriebsaufbau.	Der Mensch im Betrieb.	Der Betriebsingenieur als Führer.
<b>A. Werksanlagen.</b>	<b>A. Organisation.</b>	<b>A. Berufliche Ertüchtigung.</b>	<b>A. Zielsetzung.</b>
a) Fabrikgebäude. b) Nebengebäude. c) Büros. d) Werkshöfe. e) Lagerplätze. f) Gleisanlagen. g) Werkspläne.	a) Betriebsunterteilung. b) Betriebsüberwachung. c) Betriebsstatistik.  <b>B. Material.</b> a) Materialverwaltung. b) Materialverbrauch. c) Abfallverwertung. d) Versand.  <b>C. Herstellungsverfahren.</b> a) Arbeitsvorgänge. b) Arbeitsbedingungen. c) Überwachung. d) Erfahrungen.  <b>D. Löhne.</b> a) Gerechte Entlohnung. b) Akkordwesen. c) Leistungslohn.	a) Berufsausbildung. b) Berufliche Weiterbildung. c) Umschulung. d) Aufstiegsmöglichkeit.  <b>B. Körperliche Ertüchtigung.</b> a) Unfallschutz. b) Arbeitsphysiologie. c) Arbeitshygiene. d) Leibesübungen.  <b>C. Betriebsgemeinschaft.</b> a) Klare Arbeitsaufgaben. b) Verantwortung. c) Pflichterfüllung. d) Kameradschaft.	a) Betriebsuntersuchung. b) Zielsetzung. c) Wege zum Ziel.  <b>B. Betriebsbereitschaft.</b> a) Erkennen der Möglichkeiten. b) Ausgleich der Kräfte. c) Einsatzbereitschaft.  <b>C. Der harmonische Betrieb.</b> a) Betriebseinsatz. b) Betriebsablauf. c) Zielstrebigkeit. d) Harmonische Entwicklung.
<b>B. Werkseinrichtungen.</b>	<b>E. Planwirtschaft.</b>	<b>D. Führernachwuchs.</b>	
a) Maschinen. b) Kraftanlagen. c) Preßluftanlagen. d) Transportwesen. e) Werkzeuge. f) Sanitäre Anlagen. g) Soziale Einrichtungen. h) Büroeinrichtungen.	a) Arbeitsvorbereitung. b) Arbeitsablauf. c) Vor-, Nachkalkulation. d) Terminwesen.	a) Auswahl. b) Schulung. c) Einsatz.	

### Werkanlagen.

Nur selten hat der Betriebsingenieur die schöne Aufgabe, einen Betrieb vollständig neu zu erstellen, alle Gebäude, Einrichtungen und Anlagen auf Grund seiner Erfahrungen in weiser Voraussicht zu planen und aufzubauen.

Sehr oft entsprechen unsere Werkstätten heute weder den Forderungen wirtschaftlichster Betriebsführung noch der guten Gestaltung und Formung, ganz abgesehen von dem Begriff „Schönheit der Arbeit“.

Die Entwicklung der industriellen Erzeugnisse nach Menge, Güte und Größe ist jedoch in einem Tempo und Ausmaße erfolgt, wie sie vor 50 Jahren wohl kaum geahnt werden konnte. Ist es ganz sicher, daß unsere Werke, die wir heute nach den neuesten Erkenntnissen, unter Beachtung weitester Entwicklungsmöglichkeiten bauen, in 50 Jahren den dann geltenden Anforderungen noch entsprechen?

Es gilt also für den Betriebsingenieur, sich der jeweilig vorhandenen Anlagen zu bedienen und unter Ausnutzung aller zur Verfügung stehenden Mittel den jeweiligen Anforderungen soweit als möglich gerecht zu

werden. Durch größere oder kleinere Umbauten, Verlagerung der einzelnen Abteilungen untereinander, bessere Raumaufteilung usw. lassen sich ältere Betriebe oft ohne große Kosten verbessern.

Das für die Fabrikationsräume Gesagte gilt auch in gleicher Weise für die zu jedem Betrieb gehörenden Nebenräume wie Lager, Werkzeugausgaben, Reparaturwerkstätten, Büros usw., wobei insbesondere deren Lage zum Betrieb zu beachten ist.

Besondere Beachtung erfordern die Werkshöfe. Oft eingeeengt zwischen hohen Mauern sind sie sonnenlos und düster. Durch etwas Farbe läßt sich hier schon oftmals viel erreichen. Wo irgend möglich, sollten freie Plätze mit Grün angelegt werden. Grünflächen erfreuen und bieten Erholung. Ein paar Bäume und Sträucher, einige Ruhebänke, und die ganze Umgebung wirkt freundlicher.

Wege, Lagerplätze und Gleisanlagen müssen übersichtlich angelegt sein und an gefährdenden Stellen mit Merk- und Warntafeln versehen werden. Für genügende Beleuchtung bei Dunkelheit ist zu sorgen.

Schaffung eines Gesamtplanes, der allen Erfordernissen Rechnung trägt, unter Berücksichtigung unabänderlicher Tatsachen läßt uns in schrittweisem Vorgehen dem erwünschten Ziel näher kommen.

#### Werkseinrichtungen.

Wesentlich leichter als die Werksanlagen sind die Werkseinrichtungen der stetigen Entwicklung anzupassen. Erweiterungen und Ergänzungen des Maschinenparks geben dem Betriebsingenieur die Möglichkeit, Beobachtungen und Erfahrungen dem Maschinenkonstrukteur zu vermitteln, um so durch gemeinsame Arbeit bestmögliche Lösungen zu erzielen. Welcher Betriebsingenieur hat für seine Maschinen nicht ein besonderes Interesse? Die Vollkommenheit deutscher Werkzeugmaschinen verlangt größtes Verständnis und sorgfältigste Wartung und Bedienung. Schon ihr äußerer Zustand gibt uns Aufschluß über den Geist des Betriebes.

Die verlängerten Lieferzeiten der Werkzeugmaschinenindustrie empfehlen beste Überwachung des Zustandes und des Beschäftigungsgrades, um etwaigen Ersatz bzw. Mehrbedarf rechtzeitig anzufordern. Das gleiche gilt auch für Ersatzteile, da Maschinen ausfallen können, wenn sie fehlen.

Richtige Anordnung, Verteilung und Belastung der Stromkreise, richtige Querschnitte der Leitungen, richtige Größenwahl der Motoren, gutes Licht, alles das sind für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes wichtige Dinge. Kraft- und Lichtleitungen sind in übersichtlichen Plänen im Schaltraum auszuhängen, um dem Bedienungspersonal in Zweifelsfällen Wegweiser zu sein.

Ein im Stahlbau besonders wichtiges Betriebsmittel ist die Preßluft. Ihre Erzeugungskosten sollten jedem Betriebsingenieur Grund genug sein, den Verbrauch zu überwachen.

Die Eigenart des Stahlbaues bringt bei verhältnismäßig geringem Lohnaufwand für die Bearbeitung einen hohen Mengendurchfluß durch den Betrieb. Bei nicht genügender Beachtung dieser Tatsache können die Förderkosten außerordentlich hoch werden. Dem Förderwesen muß darum große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Richtige Wahl der Fördermittel, Beschränkung der Wege, Arbeitsverteilung und Arbeitsablauf, gründliche Schulung und Unterweisung der Kranführer sowie beste Instandhaltung aller Fördermittel sind von wesentlichem Einfluß auf die Förderkosten.

Nur mit besten, zweckentsprechenden Werkzeugen erreichen wir unter gleichzeitig geringstem Energieaufwand höchste Genauigkeit, Sauberkeit und Leistungsmenge. Gute Werkzeuge verlangen beste Behandlung, richtige Anwendung und Instandhaltung. Hinweise auf die richtige Anwendung, Folgen und Kosten falscher Beanspruchung der Werkzeuge, Behandlungsvorschriften zur Wiederinstandsetzung beschädigter Werkzeuge, sorgfältigste Aufbewahrung und Überwachung sind Mittel und Wege, den Werkzeugverbrauch auf den Stand des natürlichen Verschleißes zu beschränken.

Zur wirtschaftlichen Ausnutzung moderner Werkzeugmaschinen sind Hochleistungswerkzeuge erforderlich. Ihre höheren Anschaffungskosten werden bei richtiger Anwendung wieder ausgeglichen.

Die Wichtigkeit guter Werkzeuge prägte selbst Goethe in dem Satz: „Ein Mann, der recht zu wirken denkt, muß auf das beste Werkzeug halten!“

Zur Erledigung oftmals besonders schwieriger Arbeitsvorgänge oder auch Massenherstellung sind zweckentsprechende Vorrichtungen erforderlich. Gute Überlegung, praktische Erfahrung und vorherige Kosten- und Rentabilitätsberechnung sind die Voraussetzungen beim Bau von Vorrichtungen.

Für die zum Betrieb gehörenden Büros und deren Einrichtungen gelten die gleichen Grundsätze unserer Auffassung wirtschaftlichster Arbeitsverteilung: zweckentsprechende Einrichtung, Licht und Luft, klare Raumaufteilung, beste Übersicht und Inneingreifen zusammengehöriger Arbeitsvorgänge.

Zu jedem Betrieb gehören außerdem noch eine Anzahl Räume, die den sozialen Bedürfnissen Rechnung tragen. Umkleieräume, luftig und hell, Waschräume, die nach Beendigung der Arbeit eine gründliche Reinigung des Körpers gestatten, Speiseräume, die durch ihre saubere Einrichtung in den Pausen Erholung bieten, usw. bedürfen dauernder Überwachung, um sie in dem gewünschten Zustand zu erhalten.

#### Wirtschaftlicher Betriebsaufbau.

Organisieren heißt organisch aufbauen, jedes Einzelglied in zweckentsprechender Form zu gestalten und in den Gesamtorganismus einzugliedern.

Der Betriebsingenieur muß jedes Einzelglied seines Betriebes auf seinen Zustand untersuchen, zweckentsprechend gestalten und in den Gesamtablauf des Betriebes organisch eingliedern. So wie der Arzt auf Grund äußerer Erscheinungen seine Diagnose stellt, so muß der Betriebsingenieur an dem Betriebsverlauf ursächliche Fehlerquellen erkennen und deren Beseitigung anstreben.

Höchstes Gebot jeder Organisationsform, deren Umfang sich dem Aufgabengebiet anzupassen hat, ist: lebendige Gestaltung und stetige Entwicklungsmöglichkeit, keine tote Form, die geistlos in einer Papierflut erstickt. Derzeitiger Zustand und Zielsetzung sind die Ausgangspunkte jeder Organisation. Zergliederung der Aufgaben- und Arbeitsgebiete, Erkennen und Beseitigen von Fehlerquellen und Reibungen, Einsetzen klarer Richtlinien, schärfste Überwachung des Betriebsablaufes und stetige, lebendige Gestaltung aller Betriebsvorgänge ergibt die Organisation.

Die Betriebsstatistik ist das registrierende Barometer des Betriebsingenieurs, sie zeigt ihm klar und eindeutig den Verlauf des Betriebes. Wenn nun auch einerseits eine Statistik nicht ausführlich genug sein kann, so muß doch vor Übertreibungen, die die einfache klare Übersicht erschweren, gewarnt werden. Höchsten Wert und Lebensberechtigung haben Organisation und Betriebsstatistik jedoch erst dann, wenn sie nicht nur Zahlen der Vergangenheit sind, sondern Grundstein und Ansporn zu weiterem Aufbau und Vorwärtstreben.

Senkung des Werkstoffbedarfs und damit Senkung der Werkstoffkosten ist ein wichtiger Faktor der Preisgestaltung des Erzeugnisses. Rohstoffknappheit zwingt uns heute in erhöhtem Maße zur straffsten Erfassung und sparsamsten Verwendung des Werkstoffes.

Rechtzeitige Beschaffung und Bereitstellung, klare, übersichtliche Verwaltung und flüssige Zuleitung an die Verbrauchsstellen sind die Aufgaben der Werkstoffverwaltung. Scharf und genau, jedoch nicht bürokratisch, unter striktester Einhaltung ihrer wichtigen Aufgabe, muß sie sich leicht den betrieblichen Bedürfnissen anpassen können, da sonst Störungen im Arbeitsprozeß mögliche Einsparungen durch Lohnverluste nicht nur ausgleichen, sondern noch übertreffen.

Verwaltungstechnische Maßnahmen sowie auch Einsetzung eines Sparkommissars genügen nicht allein; zur tatsächlichen Erzielung von Werkstoffersparnissen ist die aktive Bereitschaft aller Mitarbeiter erforderlich. Vom größten Stahlstück bis zur Schreibfeder im Büro hat das Prinzip der Sparsamkeit zu herrschen, nicht eines höheren Befehls gemäß allein, sondern aus dem persönlichen Verantwortungsgefühl jedes einzelnen Mitarbeiters heraus entwickelt.

Abfälle jeglicher Art sind zu sammeln, um sie der Rohstoffindustrie wieder zuzuführen.

Wohl in jeder Industrie gibt es verschiedene Herstellungsverfahren, für ein und denselben Arbeitsvorgang oft mehrere Möglichkeiten der Erledigung, aber immer nur eine beste Lösung. Diese jeweils beste Methode der Arbeitsausführung zu erkennen und anzuwenden, ist eine Sache des Wissens, Könnens und der Erfahrung. Wo diese Faktoren in harmonischem Dreiklang eingesetzt werden und die Arbeitserledigung sich nicht führerlos selbst überlassen wird, werden keine Arbeitskräfte nutzlos vergeudet.

Arbeitsvorgänge müssen sich in folgerichtiger Entwicklung zu Arbeitsabläufen aneinanderreihen, zu einem klaren und starken Arbeitsstrom, in den alle Zweige des Herstellungsverfahrens reibungslos einmünden. Die Erreichung dieses für jeden Betrieb wünschenswerten Zustandes setzt beste Arbeitsbedingungen voraus. Kein Suchen, Tasten und Zögern darf den Arbeitsfortgang hindern. Jeder Platz im Betrieb ist so zu besetzen, daß von seiner Stelle nur eine Förderung der Arbeit erfolgt.

Neben den bereits erwähnten guten Einrichtungen ist auch deren bester Einsatz erforderlich, was jedoch bedingt, daß jeder Mann weiß, wie er sich und seine Hilfsmittel einzusetzen hat.

Rechtzeitiges Erkennen von auftauchenden Schwierigkeiten, Beseitigung derselben, Bereitstellen aller erforderlichen Hilfsmittel, klare Richtlinien und Arbeitsanweisungen, Anwendung bester Erfahrungen, persönlicher Einsatz des Betriebsingenieurs in besonders schwierigen Fällen, alles das sind Mittel zur Erzielung eines von unnötigen Energieverlusten befreiten starken Arbeitsablaufes.

Neben den Werkstoffkosten sind die Löhne ein weiterer wichtiger Faktor der Preisgestaltung des Erzeugnisses. Leistung und Lohn sollen miteinander im Einklang stehen. Der gerechte Lohn ist das erstrebenswerte Ziel. Gerechte Entlohnung bringt Zufriedenheit und Arbeitsfreude und als Wesentlichstes Vertrauen. Zur Erreichung gerechter Entlohnung, die der Leistung entspricht, müssen wir diese bewerten. Es ist keine leichte Aufgabe, die Leistung richtig zu bewerten, doch bei gutem Willen auf beiden Seiten ist es möglich, mit größter Genauigkeit den Leistungslohn zu bestimmen. Anwendung des Leistungslohnes gibt dem Betriebs-

fürher einwandfreie Kalkulationsunterlagen und dem tüchtigeren Arbeiter die Möglichkeit, seine größere Leistung durch erhöhtes Einkommen belohnt zu sehen.

Organisation, Werkstofffassung, Herstellungsverfahren und gerechte Entlohnung finden erst dann wirtschaftliche Auswirkung, wenn ihr Einsatz durch planvolle Führung gesichert ist.

Planvolle Wirtschaft bedingt zielbewußtes Vorarbeiten und Vorbereiten aller Aufgaben zur Vermeidung von Störungen und damit verbundenen Verlusten, die durch nicht beachtete Schwierigkeiten hervorgerufen werden.

Klare Richtlinien für Vorarbeiter und Meister, Arbeitsanweisungen, die mit wenigen Worten das Wesentliche hervorheben, an die Arbeitsplätze geleitet, bedeuten für den Arbeiter das, was der Wegweiser in unbekanntem Gelände dem Wanderer bedeutet.

Genauere Terminbestimmung und Einhaltung festgelegter Lieferungen ist für die wirtschaftliche Auftragsabfertigung im Stahlbau von ganz besonderer Bedeutung. Engste Fühlungnahme mit den technischen Büros, dem Einkauf und der Baustelle gibt die Gewähr reibungslosester Auftragsabfertigung.

Nachkalkulation und Betriebsstatistik gemeinsam geben in klaren Zahlen Aufschluß über den Ablauf des Betriebes und ob die an ihn gestellten wirtschaftlichen Forderungen erfüllt wurden oder nicht. Diese Selbstkontrolle ist das einzigste Mittel, durch persönliche Erkenntnis des Betriebsingenieurs alle Kräfte des Betriebes zur Entfaltung zu bringen.

#### Der Mensch im Betrieb.

Die Berufsausbildung ist das Fundament, auf welches der junge Facharbeiter seine weitere berufliche Entwicklung aufbaut. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit der Berufsausbildung und unsere große Verpflichtung in der Heranbildung eines tüchtigen Facharbeiternachwuchses.

Freude und Zufriedenheit im Beruf hat nur der Mensch, der sich berufen fühlt, die ihm gestellten Aufgaben zu lösen, der seinen Beruf beherrscht. Ihn schrecken keine Aufgaben, mögen sie noch so schwer erscheinen; aus dem Vertrauen zu seiner eigenen Fähigkeit erwächst ihm die Kraft zu immer größeren Leistungen.

Die Lehre ist nur ein Teil der Berufsausbildung. In ihr erhält der junge Facharbeiter seine grundlegenden Kenntnisse, die er als Geselle weiter entwickeln und vervollkommen muß. Bei guter Fühlungnahme und Überwachung der jungen Facharbeiter haben wir oftmals die Gelegenheit, besonders gute Anlagen zu erkennen. Diese jungen Menschen dann in ihrem Streben nach weiterer Entwicklung zu unterstützen, ist eine sehr schöne und dankbare Aufgabe für den Betriebsingenieur. Es kann sich auch ergeben, daß eine vollständige Veränderung des Arbeitsplatzes geboten erscheint. Dies macht sich besonders bei Berufen bemerkbar, die keine ordnungsgemäße Ausbildung bzw. Lehre bedingen. Solche Arbeitsplatzveränderungen mit den dabei notwendigen Umschulungen bringen einmal den Mann an den Platz, der seiner Veranlagung entspricht, ferner bringen sie eine vielseitigere Verwendungsmöglichkeit, die gerade im Betrieb sehr oft erwünscht ist. Sie dienen nicht zuletzt der persönlichen Entwicklung des Arbeiters.

Planmäßig und zielbewußt erziehen wir so einen Nachwuchs, der durch seine gute Ausbildung und innere Verbundenheit mit seinem Beruf wichtige Stützpunkte und Kraftquellen des Betriebes bedeutet. Dieser Personenkreis muß eine Kraftreserve darstellen, aus welcher erforderlicher Ersatz oder Mehrbedarf von Vorgesetzten im Betrieb genommen wird. Der Aufstieg des einen oder anderen Arbeiters im Betrieb zum Vorgesetzten, wie überhaupt die Aufstiegsmöglichkeit an sich bringt Lebendigkeit und gesundes Streben mit sich, das sich nur vorteilhaft auswirken kann. Für den Betriebsingenieur ergibt sich aber die große Verantwortung, mit klarem Blick und untrüglicher Sicherheit den rechten Mann zu erkennen und zu fördern.

Geistige und körperliche Gesundheit sind das Kapital des schaffenden Menschen, es zu erhalten, ist die vornehmste Pflicht jedes Führers.

Senkung der Unfallziffern ist einer der Wege zur Erhaltung dieses Gutes. Unfallschutz ist nicht nur Betriebsangelegenheit, sondern eine Aufgabe von volkswirtschaftlicher Bedeutung. Der Unfallschutz läßt sich in zwei Hauptgruppen unterteilen, und zwar:

1. unfallsicherer Zustand aller Betriebsmittel und
2. Schulung der Arbeiter in der Erkenntnis und Vermeidung von Unfallgefahren.

Der Stahlbau birgt naturgemäß eine größere Unfallgefahr in sich als viele andere weiterverarbeitende Metallindustrien. Wie Unfälle entstehen und wie sie hätten vermieden werden können, dürfen nicht nur nachträgliche Betrachtungen sein, sondern aus jedem Unfall heraus müssen sich praktische Handlungen und Auswirkungen zur Unfallverhütung ergeben. Neben gesetzlichen Vorschriften und Anregungen der DAF und der Gesellschaft zur Schadenverhütung muß der persönliche Wunsch und Wille des Betriebsingenieurs, Unfälle zu vermeiden, die stetige treibende Kraft sein.

Durch falsche oder auch einseitige Überbeanspruchung der Körperorgane werden oftmals Körperschäden, sogenannte Berufskrankheiten hervorgerufen. Mit Hilfe kleiner Einrichtungen und Hilfsmittel oder auch

Arbeitsplatzveränderungen lassen sich oft wesentliche Verbesserungen in den Arbeitsbedingungen schaffen. Dieses Gebiet erfordert noch besondere Beachtung und Bearbeitung.

Schmutz und Abfälle gibt es wohl bei allen Arbeitsverrichtungen, sie bringen vielleicht auch eine gewisse Stumpfheit dagegen mit sich; es darf aber auf keinen Fall so weit führen, daß man sich in dem Schmutz wohl fühlt. Sauberkeit an allen Arbeitsplätzen, saubere Maschinen, saubere Höfe und Wege usw. tragen dazu bei, Gesundheitsschäden des schaffenden Menschen zu vermeiden und den Begriff „Schönheit der Arbeit“ zu verwirklichen.

Eine weitere Möglichkeit, den Menschen gesund und leistungsfähig zu erhalten, ist die Pflege der Leibesübungen; sie bieten dem durch die Arbeit vielfach einseitig beanspruchten Körper den erwünschten Ausgleich. Für den jugendlichen Arbeiter sollte, wenn irgend möglich, der Frühsport eingeführt werden. Richtige Körperpflege hält den Körper gesund. Schon Plato sagte: „Körperpflege ist wichtiger als Heilkunst, denn sie macht die Krankenbehandlung überflüssig“.

Gemeinschaftsleben bedingt Ein- und Unterordnung des Einzelmenschen zum Wohle der Gemeinschaft. Ein- und Unterordnung bedeutet jedoch keineswegs Einengung des persönlichen Könnens, vielmehr soll jeder seinen Platz nicht nur ausfüllen, sondern über seine Pflichten hinaus zu weiterer Entwicklung streben.

Für die Betriebsgemeinschaft gelten die gleichen Gesetze und Erkenntnisse, wie sie der Volksgemeinschaft zugrunde liegen.

Klare Arbeitsaufgaben, die in Umfang und Größe genau festliegen und dem Leistungsvermögen jedes einzelnen angepaßt sein müssen, sind herauszustellen. Klarheit und Übersicht geben Arbeitsfreude, Verantwortungsbewußtsein und Pflichtgefühl gegenüber der gestellten Aufgabe. Sind die Grenzen der Verantwortlichkeit eindeutig gezogen, so erziehen sie auch den Menschen dazu, seine Aufgaben restlos zu erledigen, und aus dem Bewußtsein, eine Aufgabe vollständig und gut erledigt zu haben, erwächst die Kraft zu neuen und größeren Aufgaben.

Diesen Menschen wird die Verantwortung nicht zur Last. Männer, die aufricht und stark ihre Pflicht erfüllen, sind die Stützen der Betriebsgemeinschaft. Ihr Wirken und Können wirkt sich auf ihre Kameraden aus. Leistung erzwingt Achtung, Anerkennung und Wertschätzung; das sind die Bausteine betrieblicher Kameradschaft. Jeder Mann an dem Platz, der seiner Arbeit an sich selbst entspricht, klare Arbeitsaufgaben und Förderung aller guten Veranlagungen und Charaktereigenschaften bringen uns die erstrebte Betriebsgemeinschaft.

Eine in ihrer Wichtigkeit gar nicht hoch genug zu beurteilende Aufgabe ist die Heranbildung eines tüchtigen Führernachwuchses. Führernaturen lassen sich schon bei den Lehrlingen feststellen. Diese an Zahl ja meist wenigen jungen Leute zu erkennen, ihre guten Veranlagungen zu entwickeln und zu fördern, ist eine ebenso schöne als auch schwere Aufgabe. Gute Fühlungnahme und ehrlichste Beurteilung ihrer Charaktereigenschaften und beruflichen Leistungen lassen uns ihre Wertigkeit erkennen. In ihrer Schwierigkeit sich steigende Sonderaufgaben, wie wir solche ja immer im Betrieb haben, geben die Möglichkeit, ihre Entwicklung zu beachten und ihre Fähigkeiten zu beurteilen. Dazu gehören persönliches Arbeiten an sich selbst, Teilnahme an Kursen oder Besuch von Schulen, Ausfüllung der Freizeit durch irgendwelche Sonderinteressen, Neigungen und Talente zu besonderen Dingen usw. Wir können in der Erforschung aller persönlichen Eigenschaften gar nicht weit genug gehen, denn nur Menschen, die selbst fest und klar im Leben stehen, können wirkliche Führer werden zu ihrer Zufriedenheit und zum Wohle der ihnen anvertrauten Menschen.

Junge Führernaturen drängen sich selber zur Verantwortung, oft in größerem Maße, als es ihrer wirklichen Entwicklung entspricht und angepaßt wäre. Hier ist es nun Aufgabe des Betriebsingenieurs, den jungen Menschen zu führen, um Fehlschläge, Rückschläge und damit auch Achtungsverluste gegenüber den Geführten zu vermeiden.

#### Der Betriebsingenieur als Führer.

Die Erfahrungen der Vergangenheit haben uns mit eindringlicher Deutlichkeit gelehrt, daß große Aufgaben nur durch zielbewußte Führung der Volkskräfte gelöst werden können. Unter zielbewußter Führung verstehen wir planmäßigen und zielbewußten wirtschaftlichen Einsatz der vorhandenen und noch zu entwickelnden Kräfte zur Erreichung eines Zieles, welches den aufgewandten Kräften würdig ist.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen zielbewußter Führung ist die Erkenntnis der augenblicklichen Lage. So wie der Kapitän eines Schiffes nach Überstehen schwerster Stürme und Gefahren sich zuerst über die augenblickliche Position seines Schiffes und über den Zustand desselben und den seiner Mannschaft klar sein muß, ehe er den Zielhafen und die Fahrtrichtung dazu festlegen kann, so muß auch der Betriebsingenieur mit sorgfältigster Gründlichkeit den jeweiligen Zustand seines Betriebes erforschen.

In den bereits aufgezeichneten Aufgaben des Betriebsingenieurs sind viele Einzelaufgaben festgelegt und ihr wünschenswerter Zustand betont.

Aus dieser Erkenntnis heraus kann ein Plan der besten Möglichkeit entwickelt werden. Der Betriebsingenieur muß wissen, welche Leistungen er mit den ihm zur Verfügung stehenden Einrichtungen und Menschen zuwege bringen kann. Dieser Zustand, der mehr oder weniger befriedigen kann, darf nicht genügen; Leistungssteigerung bedingt neue Ziele und Anstrengungen. Die gesteckten Ziele dürfen weder für die Menschen noch für die Betriebseinrichtungen übermäßige Beanspruchungen bedeuten. Das Ziel muß in jeweils günstigsten Abschnitten planmäßig erreicht werden. Von diesen jeweiligen Ruhepunkten sind Rückblicke auf das Geleistete zu werfen, um aus dem Erkennen der Fortschritte neue Kräfte zu weiterem Vorwärtsschreiten zu schöpfen. Fest und unbeirrbar muß der Betriebsingenieur sein Ziel klar ins Auge fassen, denn nur große Ziele erwecken größte Kräfte. Menschen und Maschinen müssen sich in harmonischem Gleichklang entwickeln. Keine auch scheinbar noch so geringe Aufgabe darf vernachlässigt werden, sondern die Entwicklung ist in ihrer Gesamtheit zu fördern und zu überwachen.

Es ist also zwecklos, z. B. sämtliche Maschinen durch neue modernster Konstruktion zu ersetzen, wenn der Mann an der Maschine die Vorteile derselben nicht auch in gleichem Maße auszunutzen versteht, wie es ebenso falsch und zwecklos ist, eine sich irgendwo bewährende Organisationsform dem Betrieb aufzupropfen, ohne den Boden der Entwicklung organisch vorzubereiten. Nur eine organische Entwicklung ist lebensfähig.

Wir alle wissen, daß es im Leben nur in den seltensten Fällen eine in gleichem Maße steigende Entwicklungslinie gibt; oftmals können wir ein Verharren, ja auch ein Absinken der Entwicklungskurve feststellen. Da ist es dann immer unsere Aufgabe, Ursachen und Fehlerquellen zu ermitteln, zu beseitigen und mit gesteigerter Aufmerksamkeit die weitere Entwicklung zu verfolgen.

Trotz gleichmäßiger Förderung aller an der Entwicklung des Betriebes teilhabenden Kräfte müssen wir immer wieder Mißverhältnisse in den Kräften zueinander feststellen. Die Ursachen können verschiedener Art sein, wie: Änderungen im Herstellungsverfahren, Werkstoffschwierigkeiten, Mangel an geeigneten Fachkräften, Schwierigkeiten im Arbeitsverfahren usw.

Achten wir auf alle Anzeichen auftretender Schwierigkeiten, dann werden wir denselben gewappnet gegenüberstehen und sie auch meistern; der Führer sagte: „Erkennen ist viel, der Wille aber ist alles.“

Richtiger Einsatz bedingt neben bester Schulung und Bereitschaft Anspannung aller Kräfte, um sich in harmonischem Rhythmus voll auswirken zu können. Jeder Mann muß von seiner Stelle aus seine Aufgabe, sein Einsetzen genau erkennen und verfolgen können. Sein persönliches Können muß sich unter zielbewußter Führung voll auswirken und entwickeln.

Klare Hinweise an schwierigen Stellen, der persönlichen Entwicklung dienendes Steigern der Anforderungen, Anerkennung und Tadel, Einlegen notwendiger Ruhepausen zur Erholung und Überprüfung des Geleisteten, Beseitigen von Hemmnissen und Unklarheiten, Angeben neuer Richtlinien und Anweisungen; das sind die stetigen Aufgaben des Betriebsingenieurs als Führer.

Empfindet der Mann an seinem Arbeitsplatz die Auswirkungen der Führerfähigkeiten seines Vorgesetzten, dann hat er das beruhigende Gefühl wirklichen Geführtseins, und daraus entwickelt sich seine Freude an der Arbeit, seine Bereitschaft mitzuhelfen am großen Werk der Gemeinschaft im Rahmen seiner Kraft. Er empfindet die Verpflichtung, die er gegenüber seiner Aufgabe besitzt, mit dem Stolz des Mannes, der den natürlichen Drang zur Tat in sich fühlt; er hat Vertrauen zu seinem eigenen Können, Vertrauen zu seiner Führung. Das ist für jeden Betriebsingenieur das höchste Ziel seines Strebens, ein übersichtlich geordneter Betrieb, in welchem jeder Mann an seinem Platz seine Aufgabe erfüllt; ein Betrieb, in welchem Klarheit, Pflichtgefühl, Verantwortungsbereitschaft und Vertrauen die Stützen wirklicher Betriebsgemeinschaft sind.

Der Weg zur Erreichung dieses Zieles ist hart und steinig, und wir wissen, daß der erwünschte Zustand nicht in kurzer Zeit erreichbar ist. Ist jedoch der Führer eines Betriebes sich erst selber klar darüber, was seinem Betrieb fehlt, erkennt er die Hemmnisse und Ursachen aller Mißstände, dann ist seine Aufgabe die, den Weg festzulegen und ihn trotz aller Schwierigkeiten und Arbeiten unbeirrbar weiter zu beschreiten zum Wohle aller seiner Führung anvertrauten Mitarbeiter und damit zum Wohle unseres deutschen Volkes.

### Beitrag zur Stabilitätsuntersuchung des punktwise elastisch gestützten Stabes.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr.-Ing. F. Bleich und Dr.-Ing. H. Bleich, Wien.

(Schluß aus Heft 3.)

#### C. Anwendungsbeispiele.

Vorbemerkung. Die Berechnung der Rahmenwiderstände  $A$  erfordert in jedem Einzelfalle die Kenntnis des der angenommenen Knickspannung  $\sigma_k = \frac{\nu S}{F}$  ( $\nu$  = Sicherheitsgrad) zugeordneten Knickmoduls  $T$ , der bei Überschreitung der Elastizitätsgrenze an Stelle von  $E$  tritt. Da diese Zuordnung in den amtlichen Vorschriften nicht tabellenmäßig festgelegt ist, so geht man so vor, daß man zur Knickspannung  $\sigma_k$  die Schlankheit  $\lambda$  aus der amtlichen Knickspannungslinie ermittelt und damit aus der Engeßer-Kármánschen Gleichung

$$(22) \quad T = \frac{\sigma_k \lambda^2}{\pi^2}$$

bestimmt. In jenen Fällen, in denen die Knickspannungslinie einen waagerechten Ast aufweist, wie dies z. B. bei den deutschen Knickvorschriften im Bereich  $\lambda = 0$  bis 60 der Fall ist, versagt Gl. (22), da in diesem Bereich der Knickspannung  $\sigma_k$  kein eindeutiger Wert von  $\lambda$  zugeordnet ist. Dies ist natürlich nicht ein Mangel der Formel (22), sondern eine Folge des Umstandes, daß in den in Rede stehenden Vorschriften die Knickspannungslinie eine idealisierte Linie ist, die die tatsächliche Knickspannungslinie  $ACB$  (Bild 3a) ersetzen soll.

Um nun dieser Schwierigkeit zu begegnen, ist es notwendig, die Linie der amtlichen Vorschrift zwischen  $\lambda = 0$  und 60 durch eine zweckmäßigere Linie zu ersetzen. Am richtigsten wäre eine Linie nach Art der Kurve  $ACB$  in Bild 3a. Um aber nicht wieder eine neue Linie einführen zu müssen, begnügen wir uns damit, nach einem Vorschlage von Unold<sup>9)</sup> als Knickspannungslinie im Bereiche  $\lambda = 0$  bis 60 die Ver-

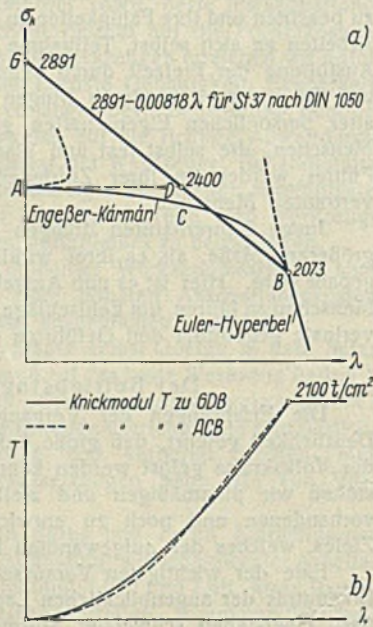
längerung der Geraden  $BD$ , die Linie  $GD$  anzunehmen, so daß im gesamten unelastischen Bereich die Beziehungen gelten

$$(23) \quad \begin{cases} \text{St 37:} & \sigma_k = 2,891 - 0,00818 \lambda & 0 < \lambda < 100 \\ \text{St 52:} & \sigma_k = 5,891 - 0,03818 \lambda & 0 < \lambda < 100. \end{cases}$$

Man könnte nun den Vorhalt machen, daß diese willkürliche Festsetzung des Verlaufes von  $\sigma_k$  im Bereiche 0 bis 60 zu falschen Werten des Knickmoduls  $T$  und daher zu fehlerhaften Ergebnissen bei der Anwendung auf die Berechnung der erforderlichen Rahmenwiderstände elastisch gestützter Gurte führen dürfte. Um nun den Einfluß des Knickspannungsgesetzes auf die hier in Betracht kommende Berechnung überblicken zu können, sind in Bild 3b die  $T$ -Linien für die beiden Knickspannungslinien  $ACB$  und  $GDB$  eingezeichnet. Beide  $T$ -Linien stimmen, wenigstens auf den ersten Blick, recht gut überein. Für die Beurteilung des Gewichtes der Abweichungen ist aber der Einfluß maßgebend, den ein fehlerhaftes  $T$  auf den Sicherheitsgrad ausübt. Diesen Einfluß übersieht man am besten in dem einfachen Fall gleicher Stützenwiderstände, der durch die bekannte Formel von Engeßer genügend genau erfaßt wird<sup>10)</sup>. Bei festgelegten Abmessungen und festgelegter Last  $S$  ist der Sicherheitsgrad  $\nu$  durch

$$\nu = \frac{2}{S} \sqrt{\frac{ATJ}{I}}$$

gegeben.  $\nu$  ist also proportional  $\sqrt{T}$ . Bei  $\lambda = 30$  beträgt nun der Unterschied in den  $\sqrt{T}$ -Werten der beiden Knickspannungslinien weniger als 6%, und dieser Unterschied nimmt mit zunehmenden  $\lambda$  sehr rasch ab. Da man elastisch gestützte Gurte schon aus wirtschaftlichen Gründen, um die Rahmenabmessungen nicht zu schwer zu bekommen, so bemißt, daß sie für seitliches Ausweichen auf beiläufig zweifache Feldweite knicksicher sind, so ist selbst bei gedungen gebauten Gurtstäben die für die Festsetzung von  $T$  in Betracht kommende Schlankheit kaum kleiner als  $\lambda = 40$ , so daß mit einem größten Fehler von weniger als 5% zu rechnen ist. Dieser Fehler liegt aber noch weit innerhalb jener Genauigkeitsgrenzen, die wir bei Knickaufgaben in Hinsicht auf die schwankenden Werkstoffeigenschaften überhaupt einhalten können. Es unterliegt daher keinem Anstand, mit den durch die Gl. (23) festgelegten Geradenlinienformeln zu rechnen, um so mehr, als die Benutzung der durch diese Gleichungen definierten Knick-



<sup>9)</sup> C. Unold, Stahlbau-Kalender 1937, S. 360.

<sup>10)</sup> F. Engeßer, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, II. Berlin 1893.

spannungslinien etwas zu große Werte für den Rahmenwiderstand liefert, wenn  $T$  einer Schlankheit  $\lambda < 60$  zugeordnet ist. Man darf nämlich nicht übersehen, daß der Rahmenwiderstand bei Verwendung der Formeln (23) mit einer Knickspannung errechnet wird, die unter Umständen über der Streckgrenze liegt, welche Spannung aber in Wirklichkeit nicht erreicht werden kann.

Den Sicherheitsgrad wähle man, um im beiläufigen Einklang mit den deutschen Knickvorschriften zu bleiben, die einen mit der Stabschlankheit wachsenden Sicherheitsgrad vorsehen, mit  $\nu = 2$  bei Feldschlankheiten bis  $\lambda = 50$ , darüber hinaus nehme man  $\nu = 2,5$  an, da Feldschlankheiten über  $\lambda = 80$  bei Brückengurten kaum vorkommen dürften.

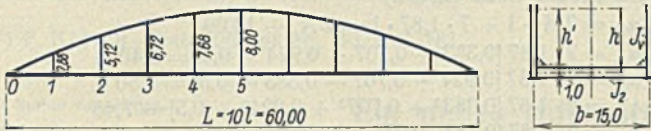


Bild 4.

1. Beispiel. Der in Bild 4 dargestellte Stabbogen eines Langerschen Balkens aus St 37 weise eine größte Gurtkraft von  $S = 1080$  t auf. Gurtquerschnitt und Trägheitsmoment seien konstant, und zwar beträgt  $F = 830$  cm<sup>2</sup> und  $J = 56,4 \cdot 10^4$  cm<sup>4</sup>. Das Querträgerträgheitsmoment ist  $J_2 = 165 \cdot 10^4$  cm<sup>4</sup>, das vorläufig angenommene Trägheitsmoment der gleich starken Pfosten beträgt  $J_v = 18 \cdot 10^4$  cm<sup>4</sup>. Mit diesen Größen berechnen sich die Rahmenwiderstände  $A_r$  nach der Formel

$$A_r = \frac{E}{\frac{h'^3}{3J_v} + \frac{h^2 b}{2J_2}}$$

wie folgt:

Querschnitt  $r = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5$   
Rahmenwiderstand  $A_r = 42,0 \quad 8,45 \quad 3,81 \quad 2,56 \quad 2,27$  t/cm.

Es ist die Frage zu beantworten, wie groß die tatsächlichen Rahmenwiderstände sein müssen, um zweifache Knicksicherheit der Gurte zu gewährleisten.

Bei  $\nu = 2$  beträgt die Gurtspannung (Knickspannung)  $\sigma_k = \frac{2 \cdot 1080}{830} = 2,602$  t/cm<sup>2</sup>; die zugehörige Schlankheit ist nach Formel (23)

$$\lambda = \frac{2,891 - 2,602}{0,00818} = 35,3$$

und daher der in Rechnung zu stellende Knickmodul gemäß (22)

$$T = \frac{35,3^2 \cdot 2,602}{9,87} = 329$$
 t/cm<sup>2</sup>

und daher

$$TJ = 185,6 \cdot 10^8$$
 t/cm<sup>2</sup>.

Um zu einem beiläufigen Bilde der Verformung im Knickzustand zu kommen, berechnen wir nach der bekannten Formel von Engeßer<sup>10)</sup> die Länge der Halbwelle in Stabmitte und in den Viertelpunkten. Mit dem Rahmenwiderstand  $A_5 = 2,27$  findet man für die Brückenmitte

$$w = \pi \sqrt{\frac{4TJl}{A}} = \pi \sqrt{\frac{185,6 \cdot 10^8 \cdot 600}{2,27}} = 1480$$
 cm

und mit  $A_2 = 8,45$  beiläufig in den Viertelpunkten

$$w = \pi \sqrt{\frac{4 \cdot 185,6 \cdot 10^8 \cdot 600}{8,45}} = 1070$$
 cm.

Das Ausknicken dürfte somit in fünf bis sechs Halbwellen erfolgen, weshalb wir gemäß B. I. a) folgende Ansätze für die Verschiebungen  $y$  annehmen:

Symmetrische Verformung

$$y = a_3 \cdot \sin \frac{3\pi x}{L} + a_5 \cdot \sin \frac{5\pi x}{L} + a_7 \cdot \sin \frac{7\pi x}{L}$$

Antisymmetrische Verformung

$$y = a_2 \cdot \sin \frac{2\pi x}{l} + a_4 \cdot \sin \frac{4\pi x}{l} + a_6 \cdot \sin \frac{6\pi x}{l}$$

Die zugehörigen Eigenwerte sind

$$S \lambda_i = i^2 \cdot \frac{\pi^2 T J}{L^2} = \frac{9,87 \cdot 185,6 \cdot 10^8}{6000^2} \cdot i^2 = 50,885 i^2 \quad (i = 1, 2, 3 \dots)$$

Wir beschäftigen uns zunächst mit dem symmetrischen Verformungszustand. Die Eigenwerte betragen

$$S \lambda_3 = 50,885 \cdot 9 = 458, \quad S \lambda_5 = 50,885 \cdot 25 = 1272, \\ S \lambda_7 = 50,885 \cdot 49 = 2493.$$

Die Eigenlösungen  $\varphi_3, \varphi_5$  und  $\varphi_7$ , die einfache Sinuslinien sind, sind in Bild 5 mit bezifferten Ordinaten in den Zwischenstützen des Gurtes dargestellt. Man berechnet damit zunächst die  $\alpha$ -Werte nach Gl. (9b), und zwar  $\alpha_{33}, \alpha_{35}, \alpha_{37}, \alpha_{55}, \alpha_{57}, \alpha_{77}$ .

Es ist nun

$$\alpha_{33} = \sum_r \bar{A}_r \varphi_{3r} \varphi_{3r} = 2(\bar{A}_1 \varphi_{31}^2 + \bar{A}_2 \varphi_{32}^2 + \dots + \frac{1}{2} \bar{A}_5 \varphi_{35}^2) \\ = 2[42,0 \cdot 0,809^2 + 8,45 \cdot 0,951^2 + 3,81 \cdot 0,309^2 + 2,56 \cdot 0,588^2 + \frac{1}{2} 2,27 \cdot 1] = 75,03,$$

ferner

$$\alpha_{35} = \sum_r \bar{A}_r \varphi_{3r} \varphi_{5r} = 2(\bar{A}_1 \varphi_{31} \varphi_{51} + \bar{A}_2 \varphi_{32} \varphi_{52} + \dots + \frac{1}{2} \bar{A}_5 \varphi_{35} \varphi_{55}) \\ = 2[42,0 \cdot 0,809 \cdot 1 + 0 - 3,81 \cdot 0,309 \cdot 1 - 0 - \frac{1}{2} 2,27 \cdot 1] = 63,34.$$

Auf ähnliche Weise berechnet man

$$\alpha_{37} = 2[42,0 \cdot 0,809^2 - 8,45 \cdot 0,951^2 + 3,81 \cdot 0,309^2 - 2,56 \cdot 0,588^2 + \frac{1}{2} 2,27 \cdot 1] = 40,92$$

$$\alpha_{55} = 2[42,0 \cdot 1 + 0 + 3,81 \cdot 1 + 0 + \frac{1}{2} 2,27 \cdot 1] = 93,89$$

$$\alpha_{57} = \alpha_{35} = 63,34$$

$$\alpha_{77} = \alpha_{33} = 75,03.$$

Die Ermittlung der  $N_r$ -Zahlen nach Gl. (9a) ergibt mit  $S = 2160$  t

$$N_3 = (458 - 2160) \frac{3^2 \cdot 9,87}{2 \cdot 6000} = -12,60$$

$$N_4 = (1272 - 2160) \frac{5^2 \cdot 9,87}{2 \cdot 6000} = -18,26$$

$$N_6 = (2493 - 2160) \frac{7^2 \cdot 9,87}{2 \cdot 6000} = +13,42.$$

Somit lauten die Gl. (11), wenn zur Abkürzung  $1/\mu = \mu'$  gesetzt wird,

$$(a) \begin{cases} (75,03 - 12,60 \mu') a_3 + 63,34 a_5 + 40,92 a_7 = 0 \\ 63,34 a_3 + (93,89 - 18,26 \mu') a_5 + 63,34 a_7 = 0 \\ 40,92 a_3 + 63,34 a_7 + (75,03 + 13,42 \mu') a_7 = 0. \end{cases}$$

Die Bedingung  $\Delta = 0$ , wenn  $\Delta$  die Determinante des vorstehenden Gleichungssystems ist, führt zu einer Gleichung dritten Grades

$$\mu'^3 - 5,51 \mu'^2 - 22,59 \mu' + 31,67 = 0,$$

aus der die drei Wurzeln

$$\mu_1' = 1,146 \quad \mu_2' = 7,87 \quad \mu_3' = -3,51$$

entspringen. Der reziproke Wert von  $\mu_1'$  liefert den Größtwert von  $\mu_1$ , den wir suchen, nämlich

$$\mu = 0,874.$$

Wir untersuchen nun die Knickbedingung, die aus dem antisymmetrischen Ansatz hervorgeht. Die Eigenwerte sind jetzt

$$S \lambda_2 = 203,5 \quad S \lambda_4 = 814 \\ S \lambda_6 = 1832.$$

Die zugehörigen Eigenlösungen sind in Bild 6 veranschaulicht. Mit diesen Eigenlösungen findet man die folgenden  $\alpha$ -Werte

$$\alpha_{22} = 2[42 \cdot 0,588^2 + 8,45 \cdot 0,951^2 + 3,81 \cdot 0,951^2 + 2,56 \cdot 0,588^2] = 52,98$$

$$\alpha_{24} = 2[42 \cdot 0,588 \cdot 0,951 + 8,45 \cdot 0,951 \cdot 0,588 - 3,81 \cdot 0,951 \cdot 0,588 - 2,56 \cdot 0,951 \cdot 0,588] = 49,30$$

$$\alpha_{26} = 2[42 \cdot 0,588 \cdot 0,951 - 8,45 \cdot 0,951 \cdot 0,588 - 3,81 \cdot 0,951 \cdot 0,588 + 2,56 \cdot 0,951 \cdot 0,588] = 36,12$$

$$\alpha_{44} = 2[42 \cdot 0,951^2 + 8,45 \cdot 0,588^2 + 3,81 \cdot 0,588^2 + 2,56 \cdot 0,951^2] = 89,07$$

$$\alpha_{46} = 2[42 \cdot 0,951^2 - 8,45 \cdot 0,588^2 + 3,81 \cdot 0,588^2 - 2,56 \cdot 0,951^2] = 68,14$$

$$\alpha_{66} = \alpha_{44} = 89,07.$$

Die  $N_r$  lauten

$$N_2 = (203,5 - 2160) \frac{9,87 \cdot 2^2}{2 \cdot 6000} = -6,44$$

$$N_4 = (814 - 2160) \frac{9,87 \cdot 4^2}{2 \cdot 6000} = -17,71$$

$$N_6 = (1832 - 2160) \frac{9,87 \cdot 6^2}{2 \cdot 6000} = -9,71.$$

Nach Einführung der  $\alpha$  und  $N$  in Gl. (11) erhält man

$$(b) \begin{cases} (52,98 - 6,44 \mu') a_2 + 49,30 a_4 + 36,12 a_6 = 0 \\ 49,30 a_2 + (89,07 - 17,71 \mu') a_4 + 68,14 a_6 = 0 \\ 36,12 a_2 + 68,14 a_4 + (89,07 - 9,71 \mu') a_6 = 0, \end{cases}$$

deren Determinante zu der Bestimmungsgleichung für  $\mu'$

$$\mu'^3 - 22,42 \mu'^2 + 93,72 \mu' - 76,06 = 0$$

führt, deren Wurzeln

$$\mu_1' = 1,074 \quad \mu_2' = 4,10 \quad \mu_3' = 17,25$$

sind. Der Wurzel  $\mu_1'$  entspricht der größte positive Wert von  $\mu = 0,931$ , der größer ist als der oben gefundene Wert, der dem symmetrischen

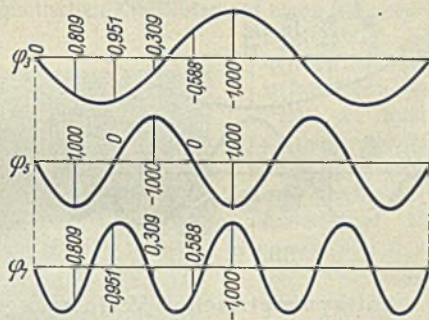


Bild 5.

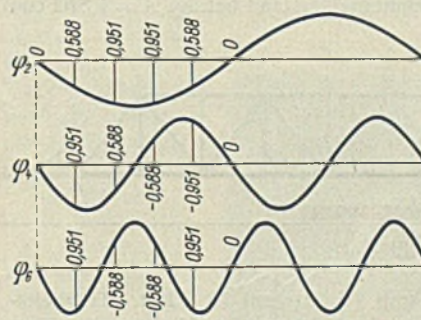


Bild 6.

Verformungszustand zugehört. Maßgebend ist demnach der zuletzt gefundene Betrag von  $\mu$ . Mit diesem GrößtWert erhält man schließlich die erforderlichen Rahmenwiderstände in den einzelnen Stützpunkten  $A_r = \mu A_r$ , daher

$$\begin{aligned} A_1 &= 0,931 \cdot 42 = 39,1 \text{ t/cm} & A_2 &= 0,931 \cdot 8,45 = 7,87 \text{ t/cm} \\ A_3 &= 0,931 \cdot 3,81 = 3,55 \text{ t/cm} & A_4 &= 0,931 \cdot 2,56 = 2,38 \text{ t/cm} \\ & & A_5 &= 0,931 \cdot 2,27 = 2,11 \text{ t/cm}. \end{aligned}$$

Die angenommenen Rahmenwiderstände sind um ein Geringes zu groß gewählt worden. Bei der Geringfügigkeit des Unterschiedes wird man sich in diesem Falle mit der gewählten Rahmenabmessung begnügen. Wäre der Unterschied größer gewesen, so hätte man durch passende Verschwächung der Pfostenquerschnitte der einzelnen Rahmen eine Anpassung an die errechneten  $A_r$  erzielen können, was im allgemeinen zu verschiedenen Pfostenquerschnitten in den einzelnen Rahmen geführt hätte.

Um die Güte der Annäherung zu beurteilen, wurde zum Vergleich ein viertes Glied im Ansatz herangezogen. Die vierzeilige Determinante lieferte  $\mu = 0,954$ . In zwei anderen Fällen, die durchgerechnet wurden, war die Übereinstimmung noch besser. Die aus dem Näherungsverfahren gefundenen Werte für die  $A_r$  sind immer etwas kleiner als die wahren Werte, da die Näherungswerte aus einer Extremalbedingung errechnet werden, die natürlich durch den wahren Wert am besten erfüllt wird.

Setzt man den Eigenwert  $\mu' = 1,074$  in das Gleichungssystem (b) ein, so können die Beiwerte  $a_4$  und  $a_6$  berechnet werden, wenn man  $a_2$  annimmt. Die Biegelinie  $y$  ist damit bis auf einen unbestimmten Faktor festgelegt. Die Durchführung dieser Rechnung ergibt mit  $a_2 = 1$

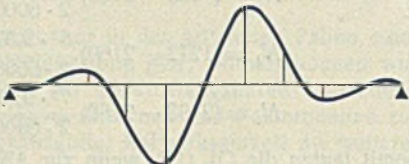


Bild 7.

$$y = \sin \frac{2\pi x}{l} - 1,638 \cdot \sin \frac{4\pi x}{l} + 0,963 \cdot \sin \frac{6\pi x}{l}.$$

In Bild 7 ist die aus dieser Gleichung berechnete Verformungslinie des Stabes im instabilen Gleichgewichtszustand dargestellt.

2. Beispiel. In Bild 8 ist der Hauptträger einer eingeleisigen Eisenbahnbrücke, deren Obergurte durch Halbrahmen elastisch gestützt sind, veranschaulicht. Die Abmessungen von Querträgern und Pfosten der mittleren Rahmen an den Orten 2, 3 . . . 7, 8 sind festgelegt. Der mit diesen Abmessungen berechnete Rahmenwiderstand beträgt  $A = 1,87 \text{ t/cm}$ .

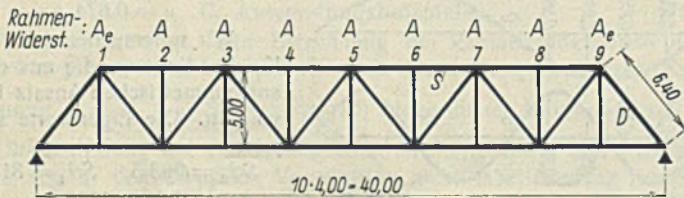


Bild 8.

Die konstant angenommene Gurtkraft (GrößtWert) ist 320 t. Trägheitsmoment des Gurtes für seitliches Ausknicken  $J = 81\,400 \text{ cm}^4$ , Gurtquerschnittsfläche  $F = 311 \text{ cm}^2$ . Die Enden des Obergurtes 1 und 9 dürfen nicht als fest betrachtet werden, da sie ebenfalls nur durch elastische Halbrahmen gestützt sind. Wie groß ist daher der erforderliche Widerstand  $A_e$  der Endrahmen bei 2,5facher Knicksicherheit des Gurtes? Wenn man zunächst von dem Einfluß der gedrückten Endstreben auf die beiden Endrahmen in 1 und 9 absieht, so stellt der Obergurt einen geraden, in allen Punkten elastisch gestützten Stab vor, dessen Enden, im Gegensatz zu dem im vorangehenden Beispiel behandelten Stab, verschieblich sind. Hier liegt somit der auf S. 19, Heft 3, erörterte Fall 2 vor. Den Einfluß der Endstreben wollen wir am Schluß der Rechnung unter der vereinfachenden Annahme betrachten, daß diese Streben an beiden Enden mit Gelenken angeschlossen sind, die eine freie Verdrehung im Knickzustande gestatten.

Eigenwerte und Eigenlösungen des Hilfsproblems sind unter Beachtung des Umstandes, daß  $S$  und  $TJ$  als unveränderlich angesehen werden, durch die Gleichungen unter B. 1. b) gegeben.

Bei 2,5facher Sicherheit beträgt die Knickspannung

$$\sigma_k = \frac{2,5 \cdot 320}{311} = 2,57 \text{ t/cm}^2.$$

Legt man als Knickspannungslinie die Tetmajer-Gerade zugrunde<sup>11)</sup>, so ergibt sich die  $\sigma_k = 2,57 \text{ t/cm}^2$  zugeordnete Schlankheit mit

$$\lambda = \frac{3,1 - 2,57}{0,0114} = 46,5$$

<sup>11)</sup> Das vorliegende Beispiel stimmt in den Zahlenannahmen mit dem Beispiel überein, das Schweda in der in Fußnote 2) zitierten Abhandlung berechnet. Um die Ergebnisse vergleichen zu können, wurde die gleiche Knickspannungslinie, die Schweda benutzt, gewählt.

und der Modul  $T$  zu  $T = \frac{2,57 \lambda^2}{\pi^2} = 566 \text{ t/cm}^2$ .

Symmetrischer Verformungszustand:

Eigenwerte:  $\lambda_0 = (\text{unbestimmt}) \quad \lambda_i = \frac{9,87 \cdot 566 \cdot 81\,400}{3200^2} = 44,4 \text{ }^2$ ,  
daher  $\lambda_1 = 44,4, \quad \lambda_3 = 44,4 \cdot 9 = 399,6$ .

Der Lösungsansatz lautet, wenn wir uns auf die drei ersten symmetrischen Eigenlösungen beschränken,

$$y = a_0 + a_1 \cdot \sin \frac{\pi x}{l} + a_3 \cdot \sin \frac{3\pi x}{l}.$$

Die Eigenlösungen  $\varphi_0$  bis  $\varphi_3$  sind in Bild 9 dargestellt. Wir berechnen nun die  $\alpha$ -Größen nach Gl. (9b)

$$\begin{aligned} \alpha_{00} &= 2 A_e \cdot 1 + 7 \cdot 1,87 \cdot 1 = 2 A_e + 13,09 \\ \alpha_{01} &= 2 \cdot 1,87 [0,383 + 0,707 + 0,924 + 0,5] = 9,40 \\ \alpha_{03} &= 2 \cdot 1,87 [0,924 + 0,707 - 0,383 - 0,5] = 2,80 \\ \alpha_{11} &= 2 \cdot 1,87 [0,383^2 + 0,707^2 + 0,924^2 + 0,5] = 7,48 \\ \alpha_{13} &= 2 \cdot 1,87 [0,383 \cdot 0,924 + 0,707^2 - 0,383 \cdot 0,924 - 0,5] = 0 \\ \alpha_{33} &= \alpha_{11} = 7,48. \end{aligned}$$

Berechnung der  $N_i$  nach Gl. (14') bzw. (15').

$$\begin{aligned} N_0 &= 0 \\ N_1 &= (44,4 - 800) \frac{9,87 \cdot 1}{2 \cdot 3200} = -1,16 \\ N_3 &= (399,6 - 800) \frac{9,87 \cdot 3^2}{2 \cdot 3200} = -5,57. \end{aligned}$$

Die Bestimmungsgleichungen für  $A_e$  lauten sonach

$$\begin{aligned} (2 A_e + 13,09 + 0) a_0 + 9,40 a_1 + 2,80 a_3 &= 0 \\ 9,40 a_0 + (7,48 - 1,16) a_1 &= 0 \\ 2,80 a_0 &+ (7,48 - 5,57) a_3 = 0. \end{aligned}$$

Die Ausrechnung der Determinante führt zu einer linearen Beziehung für den gesuchten Parameter  $A_e$ , nämlich

$$24,14 A_e - 60,29 = 0,$$

woraus unmittelbar  $A_e = 2,50 \text{ t/cm}$  folgt.

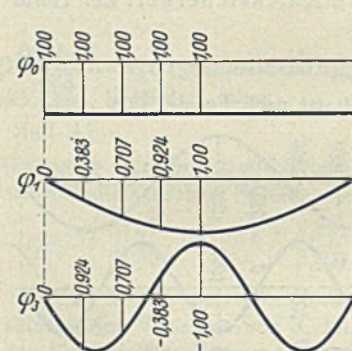


Bild 9.

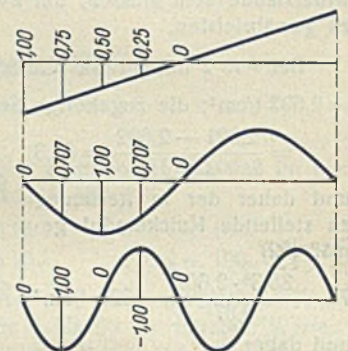


Bild 10.

Antisymmetrischer Verformungszustand:

Eigenwerte:  $\lambda_0 = 0 \quad \lambda_2 = 177,6 \quad \lambda_4 = 710,4$ .

Der Lösungsansatz lautet jetzt

$$y = a_0 + a_2 \cdot \sin \frac{2\pi x}{l} + a_4 \cdot \sin \frac{4\pi x}{l}.$$

Für die  $\alpha$ -Werte ergeben sich mit den in Bild 10 dargestellten Eigenlösungen folgende Zahlen

$$\begin{aligned} \alpha_{00} &= 2 A_e \cdot 1 + 1,87 [0,75^2 + 0,50^2 + 0,25^2] = 2 A_e + 3,27 \\ \alpha_{02} &= 2 \cdot 1,87 [0,75 \cdot 0,707 + 0,500 + 0,25 \cdot 0,707] = 4,51 \\ \alpha_{04} &= 2 \cdot 1,87 [0,75 \cdot 1 + 0 - 0,25 \cdot 1] = 1,87 \\ \alpha_{22} &= 2 \cdot 1,87 [0,707^2 + 1,00 + 0,707^2] = 7,48 \\ \alpha_{24} &= 2 \cdot 1,87 [0,707 + 0 - 0,707] = 0 \\ \alpha_{44} &= \alpha_{22} = 7,48 \end{aligned}$$

Ferner berechnet man

$$\begin{aligned} N_0 &= -800 \cdot \frac{4}{3200} = -1 \\ N_2 &= (177,6 - 800) \frac{9,87 \cdot 2^2}{2 \cdot 3200} = -3,84 \\ N_4 &= (710,4 - 800) \frac{9,87 \cdot 4^2}{2 \cdot 3200} = -2,21, \end{aligned}$$

womit die Bestimmungsgleichungen

$$\begin{aligned} (3,27 + 2 A_e - 1) a_0 + 4,51 a_2 + 1,87 a_4 &= 0 \\ 4,51 a_0 + (7,48 - 3,84) a_2 &= 0 \\ 1,87 a_0 &+ (7,48 - 2,21) a_4 = 0 \end{aligned}$$

gewonnen werden. Die Ausrechnung der Determinante ergibt

$$38,36 A_e - 75,70 = 0,$$

woraus  $A_e = 1,97 \text{ t/cm}$  gefunden wird.

Für die Bemessung der Endrahmen ist daher der oben berechnete größere Wert  $A_e = 2,50$  t/cm maßgebend. Schweda findet auf Grund einer strengen Lösung der Aufgabe für  $A_e$  den Wert 2,58 t/cm.

Es erübrigt noch, den zusätzlichen Rahmenwiderstand  $A_e'$ , den die gedrückten Endstreben erfordern, zu berechnen. Die Endstrebe stellt einen Druckstab vor, der an einem Ende gelenkig festgehalten ist und am anderen Ende gelenkig, aber elastisch gelagert ist. In diesem einfachen Stabilitätsfall gilt die Knickbedingung<sup>12)</sup>

$$\nu D - \frac{d}{\delta} = 0,$$

wenn  $\nu D$  die Knickkraft der Strebe,  $d$  ihre Länge und  $\delta$  die Verschiebung

<sup>12)</sup> F. Bleich, Stahlhochbauten, Bd. I, S. 181.

der elastischen Stützung unter Wirkung der Last  $l$  ist. Da  $A_e' = 1/\delta$ , so folgt  $A_e' = \frac{\nu D}{d}$ . Der gesamte erforderliche Rahmenwiderstand der Endrahmen 1 und 9 beträgt daher

$$A_{e \text{ ges}} = A_e + \frac{\nu D}{d}.$$

Mit  $\nu D = 548$  t und  $d = 640$  cm errechnet man schließlich

$$A_{e \text{ ges}} = 2,52 + 0,86 = 3,38 \text{ t/cm},$$

während die Mittelrahmen den von Haus aus angenommenen Rahmenwiderstand  $A = 1,87$  t/cm besitzen.

In einer demnächst folgenden Arbeit wird die Stabilität des durch Längskräfte und Momente belasteten und punktwise elastisch gestützten Stabes (Kipp-Problem) behandelt werden.

Alle Rechte vorbehalten.

## Ein neues Hilfsmittel für Schweißnahtprüfungen.

Von R. Berthold und F. Gottfeld.

Die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten war bisher fast ausschließlich der Röntgendurchstrahlung vorbehalten. Dieses Verfahren hat der Schweißtechnik weit mehr genützt, als man ursprünglich zu hoffen wagte; heute ist der Röntgenapparat der unentbehrliche Helfer der Brückenbauanstalten geworden. In zwei Richtungen bewegen sich die Vorteile, die das Röntgenverfahren für die Sicherheit der Schweißverbindungen bietet:

Erstens vermittelt das Röntgenbild sinnfällige Erkenntnisse sowohl über die Eignung von Elektroden und den zu verschweißenden Werkstoff, als auch über die Zweckmäßigkeit des Schweißvorganges, insbesondere der Schweißfolge. Zweitens ist die Röntgenprüfung als Mittel zur Erziehung und Überwachung der ausführenden Schweißer von unschätzbarem Wert.

Leider gibt es einige Fälle, in denen die Röntgendurchstrahlung grundsätzlich versagen muß: das ist die Prüfung solcher Schweißverbindungen, in denen stark wechselnde oder sehr große Wanddicken auftreten (z. B. Kehlnähte an Verstärkungsplatten), und die Prüfung von Schweißnähten auf feinste Ribbildungen unbekannter Richtung.

Hier kann nun ein neues Verfahren zweckmäßig benutzt werden, das den Vorzug großer Billigkeit in seiner Anwendung hat, das sog. Magnetpulververfahren.

### Das Verfahren.

Beim Magnetpulververfahren wird ein Magnetfeld in dem zu prüfenden Werkstück erzeugt. Wo die magnetischen Kraftlinien auf einen Rib, einen Bindefehler od.

dgl. stoßen, entstehen Nord-Süd-Pole, an denen sich aufgestreutes oder in Petroleum aufgeschlämmtes Eisenpulver ansammelt und so das Vorhandensein des äußerlich unsichtbaren Fehlers anzeigt. Allerdings ist die Tiefenwirkung des Verfahrens nicht groß; der Fehler muß vielmehr in oder nahe der Oberfläche liegen, um sicher angezeigt zu werden. Auch ist das Verfahren nicht empfindlich beim Nachweis von Poren, Schlackeneinschlüssen und dertartigen allmählich einsetzenden

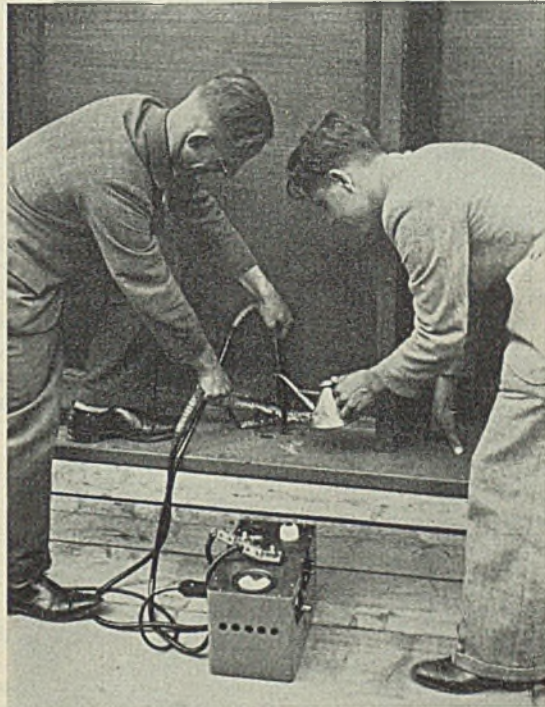


Bild 1.

Querschnittsänderungen. Dafür ist es eben außerordentlich empfindlich auch gegenüber den feinsten Ribbildungen, selbst wenn sie zu klein sind, um mit der Lupe gesehen zu werden, oder wenn sie sich durch darüber gelagerte Oxyd- oder Farbschichten der unmittelbaren Betrachtung entziehen.

Voraussetzung für die Ribbildung und damit für den Fehlernachweis ist, daß die ribartigen Fehlstellen nicht genau parallel zur Kraftlinienrichtung verlaufen. Liegt also über die Richtung der Fehler keine begründete Vermutung vor, so muß eine Magnetisierung in zwei zueinander senkrechten Richtungen im Werkstück erfolgen.

Die Dicke des zu untersuchenden Prüfkörpers spielt keine große Rolle, da die Fehlererkennbarkeit vor allem von der Art und Tiefenlage des Fehlers und — wenn auch weniger — von der Oberfläche des Prüfkörpers abhängt.

Man hat früher zur Erzeugung des notwendigen Magnetfeldes ausschließlich Elektromagnete benutzt, zwischen deren Polschuhe das Werkstück, also in diesem Fall die Schweißverbindung gelegt wurde. Es hat sich jedoch vielfach als einfacher und zweckmäßiger erwiesen, die notwendige Feldstärke zur Magnetisierung des Prüflings dadurch zu erzeugen, daß man einen kräftigen elektrischen Strom durch ihn hindurchschickt. Dieser Strom erzeugt zwangsläufig eine sog. Ringmagnetisierung, da ja jede Strombahn mit einem Ringmagnetfeld verknüpft ist. Als vorteilhaft hat sich die Benutzung von Wechselstrom erwiesen; als Folge der bei Wechselstrom auftretenden Stromverdrängung entstehen dann kräftige Magnetfelder, insbesondere an der Oberfläche des Prüfkörpers.

### Die technischen Hilfsmittel.

Zur Durchführung des Verfahrens genügt ein kleines Gerät mit einem Gesamtgewicht von etwa 16 kg, das Anzapfungen für verschiedene Zweitspannungen aufweist, um die Stromstärke grob regulieren zu können. Ein solches Gerät ist in Bild 1 zu sehen. Bewegliche Kupferkabel führen die Tiefspannung zu Elektroden, die auf die Schweißnaht aufgesetzt werden.

Nach Einschalten der Wechselspannung fließt ein in einem Amperemeter angezeigter Kurzschlußstrom durch die Naht und erzeugt das notwendige Ringmagnetfeld. Die Entfernung zwischen den Elektroden soll im allgemeinen 15 cm nicht überschreiten. Auf die Naht wird ein feinkörniges Eisenpulver aufgeschüttet, das zur Verringerung der Reibungswiderstände in Öl aufgeschlämmt ist. Man kann damit Untersuchungen auch an Stehnahten oder überkopf vornehmen; im

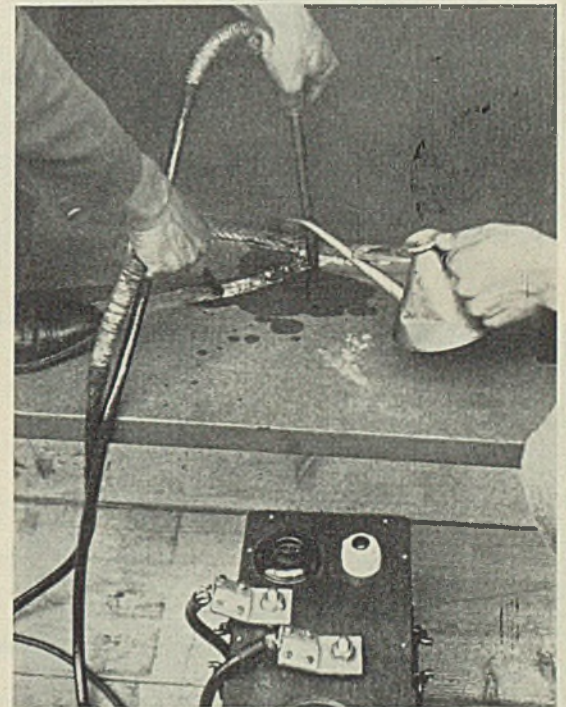


Bild 2.

letzten Falle wird nach Einschalten des Stromes das Metallöl gegen die Untersuchungsstelle gespritzt.

Wenn die Schweißbrause nicht mit einem Sandstrahlgebläse oder einer Schleifmaschine blank gemacht wurde, so verwendet man nicht schwarzes, sondern beispielsweise grün gefärbtes Eisenpulver.

Die Anzeige von eventuell vorhandenen Rissen wird durch Unebenheiten der Schweißwulste nicht beeinträchtigt. Es ist auch nicht unbedingt notwendig, die Naht blank zu machen; dagegen müssen allerdings die Kontaktstellen mindestens von Farbe frei sein.

## Die Anwendung.

Die Anwendung des Verfahrens erstreckt sich vor allem auf:

1. Schweißnahtabschnitte, die ihrer Lage nach Ribbildungen erwarten lassen (z. B. Stellen, an denen verschiedene Nähte zusammentreffen),
2. Schweißnahtabschnitte, die wegen ihrer Lage, der großen oder sehr wechselnden Materialdicke röntgenographisch nicht erfassbar sind (z. B. Kehlnähte an Verstärkungsplatten),
3. Auskreuzungen an Schweißnahtabschnitten, in denen röntgenographisch Risse oder Bindefehler erkannt wurden,
4. Ursprungsmaterial (Stehbleche, Gurtplatten, insbesondere Nasenprofile), in denen Spannungsrisse oder Ziehfehler vermutet werden.

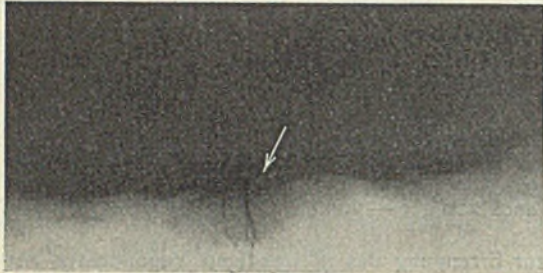


Bild 3.

werks hatte gelegentlich an dieser Stelle Querrisse gezeigt, die sich bis ins Stehblech hinein fortsetzten (s. Bild 3). Nun ist gerade an dieser Stelle die Röntgenprüfung in Richtung der Gurtplatte oder in Richtung der Kehlnaht praktisch undurchführbar; um sich Sicherheit über Umfang und Ausdehnung solcher Ribbildungen zu verschaffen, mußte das Durchflutungsverfahren herangezogen werden. Die Magnetprüfung ergab, daß sich ein großer Teil der Risse bis zu 18 cm Länge in der Kehlnaht der Verstärkungsplatte weiterzogen (vgl. Bild 4). Glücklicherweise konnte

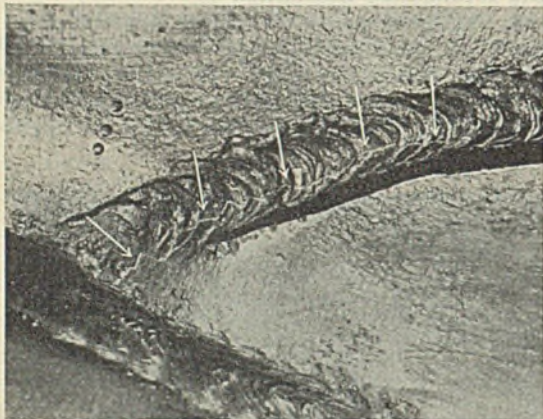


Bild 4.

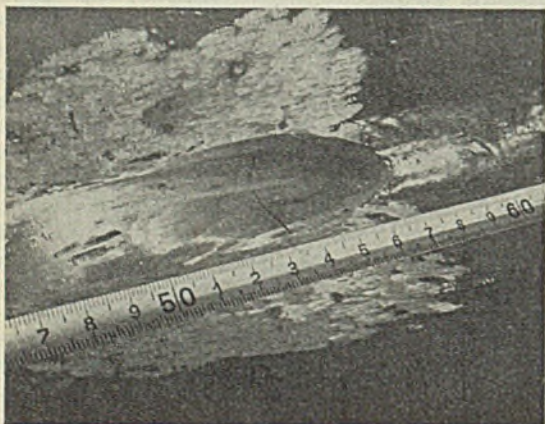


Bild 5.

dem sehr schwierige Ausbesserungen der Schweißnaht vorgenommen worden waren. Auch in diesem Falle konnte leicht festgestellt werden, daß an einer Stelle eine weit verzweigte Ribbildung als Folge der Schweißnahtausbesserung aufgetreten war.

Zu 2. Dieser Fall wurde schon unter 1. mitbehandelt.

Zu 3. Stellen, die auf Grund des Röntgenbefundes Risse oder Bindefehler zeigen, werden zweckmäßigerweise während des Ausschleifens

Zu 1. Bild 2 zeigt die Durchflutungsprüfung eines Nahtabschnittes, an dem die Kehlnaht der Verstärkungsplatte in die Halsnaht des Dornenprofils einmündet. Schon die Röntgenuntersuchung des betreffenden Bau-

werks hatte gelegentlich an dieser Stelle Querrisse gezeigt, die sich bis ins Stehblech hinein fortsetzten (s. Bild 3). Nun ist gerade an dieser Stelle die Röntgenprüfung in Richtung der Gurtplatte oder in Richtung der Kehlnaht praktisch undurchführbar; um sich Sicherheit über Umfang und Ausdehnung solcher Ribbildungen zu verschaffen, mußte das Durchflutungsverfahren herangezogen werden. Die Magnetprüfung ergab, daß sich ein großer Teil der Risse bis zu 18 cm Länge in der Kehlnaht der Verstärkungsplatte weiterzogen (vgl. Bild 4). Glücklicherweise konnte festgestellt werden, daß die Risse nicht in die Gurtplatten gehen. Die Risse im Stehblech wurden abgebohrt; die Sicherheit, ob die Ribbildung nicht über das Bohrloch hinausgeht, verschaffte man sich wiederum durch magnetische Prüfung. Dabei wurde, wie bei der entsprechenden Nietlochprüfung an Hochdrucktrommeln, durch das Bohrloch eine Elektrode hindurchgesteckt, mit dem Gegenpol verbunden und nach Einschalten des Stromes die Wände des Bohrloches mit Metallöl bespült.

In ähnlicher Weise wurden Untersuchungen auch an einem anderen Bauwerk stichprobenweise durchgeführt, an

oder Auskreuzens durch wiederholte magnetische Nachprüfung überwacht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Ursache für das wiederholte Auftreten von Rissen bei Ausbesserungen häufig darin liegt, daß die Risse nicht in vollem Umfang ausgekreuzt oder ausgeschliffen waren. Bild 5 zeigt eine ausgeschliffene Stelle in einer Halsnaht. Der Querriß, der im Röntgenbild erkannt wurde, ist nach dem Entfernen des Schweißgutes immer noch vorhanden; er geht tief in die Profillase hinein. Dieser RiB war ebensowenig wie die meisten anderen Risse weder mit dem Auge noch mit der Lupe zu erkennen, da durch das Ausschleifen das Material oberflächlich verschmiert worden war. Beim Ausstemmen von Fehlstellen können solche Risse häufig auch trotz langem Ätzen nicht festgestellt werden, wenn nämlich die Risse durch das verstemmte Material überdeckt werden. Auch beim Ausschleifen waren bisher Ätzungen notwendig, die unter Umständen recht lange dauern und, wie die Erfahrungen an genieteten Kesseltrommeln gezeigt haben, nicht immer die Risse einwandfrei erkennbar machen.

Zu 4. Einen Fall, in dem die Magnetprüfung sehr nützlich war, zeigen Bild 6a und 6b. Hier wurde röntgenographisch ein RiB in der Stehblechnaht festgestellt. Er wurde hierauf angebohrt; die Magnetprüfung zeigte jedoch, daß der RiB weiterging, und zwar über die Halsnaht bis in die Gurtplatte. Der RiB wurde dann in der Gurtplatte vorläufig abgebohrt.

Derartige Feststellungen, daß nämlich Risse, ausgehend von Schweißungen, sich überraschend tief ins Ursprungsmaterial erstrecken, wurden in der letzten Zeit fast ausschließlich mit dem Durchflutungsverfahren gemacht, weil eben hier das Röntgenbild im allgemeinen versagen muß.

Dabei fand man mitunter in Halsnähten eine überraschende Anhäufung feiner Querrisse im Röntgenbild. Ob diese Risse lediglich in der Schweißnaht liegen oder sich in das Material hinein erstrecken, ließ sich auf Grund des Röntgenbildes nicht angeben. Hier mußte die Naht entfernt werden, und zwar bis zum Ursprungsmaterial. Dabei konnte magnetisch festgestellt werden, daß im Ursprungsmaterial stellenweise zahlreiche feinste Querrisse von höchstens 10 mm Länge, jedoch in Häufungen bis zu 20 Rissen auf einer Strecke von 50 mm auftreten. Die Beseitigung derartiger Risse kann nur durch Abschleifen der Profillasen erfolgen, in denen solche Fehlstellen, wenn auch glücklicherweise selten, sitzen. Derartige Querrisse verursachen große Schwierigkeiten beim Verschweißen von Halsnähten, und es erscheint daher wünschenswert, Nasenprofile, die bei der Herstellung großen Verformungen ausgesetzt waren und aus hochwertigem Material bestehen, mindestens stichprobenweise auf Längs- und Querrisse magnetisch zu untersuchen.

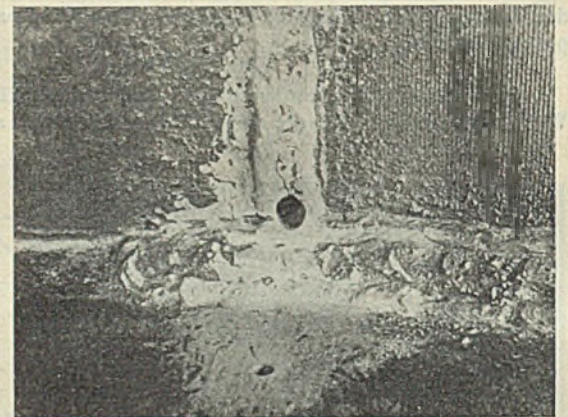


Bild 6a.

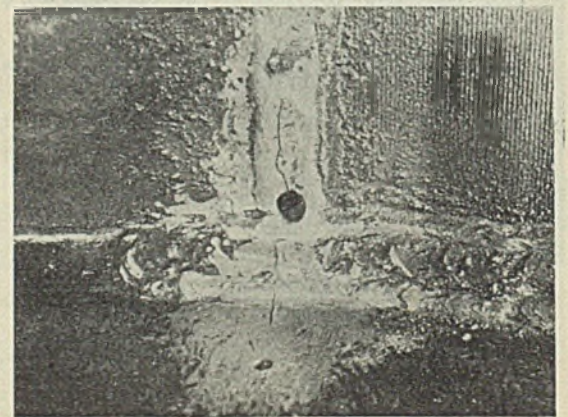


Bild 6b.

**INHALT:** Die Aufgaben des Betriebsingenieurs im Stahlbau. — Beitrag zur Stabilitätsuntersuchung des punktwise elastisch gestützten Stabes. (Schluß). — Ein neues Hilfsmittel für Schweißnahtprüfungen.

Verantwortlich für den Inhalt: Geh. Regierungsrat Prof. A. Hertwig, Berlin-Charlottenburg.  
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 9.  
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.