

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109/110 (1937)
Heft: 17

Artikel: Messungen und Verbesserungen an bestehenden Heizanlagen
Autor: Goldstern, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49038>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

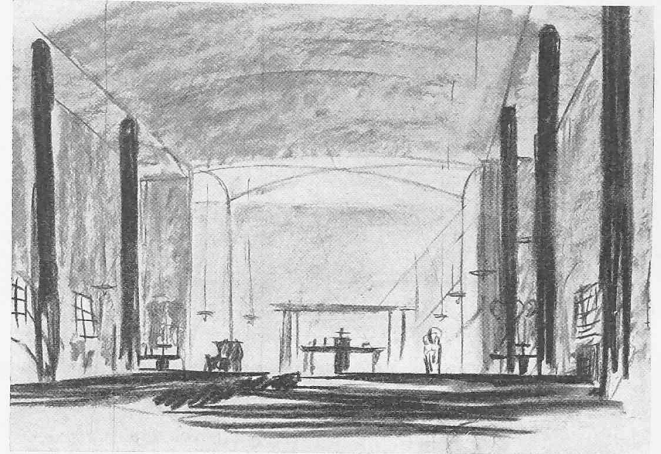
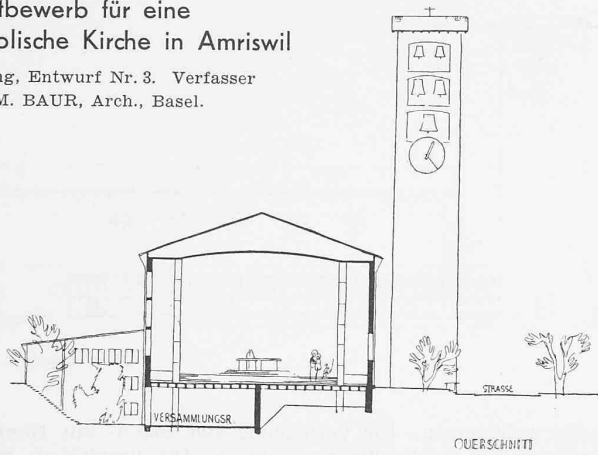
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wettbewerb für eine katholische Kirche in Amriswil

3. Rang, Entwurf Nr. 3. Verfasser
HERM. BAUR, Arch., Basel.



Messungen und Verbesserungen an bestehenden Heizanlagen

Von Ing. W. GOLDSTERN, VDI, Wien.

Die Heizungstechnik stellt mit der Bautechnik einen der ältesten Zweige der menschlichen, technischen Betätigung dar. Schon die Römerzeit kannte vor fast 2000 Jahren grossartige Feuerluft-Heizanlagen; die Zentralheizung hat vor mehr als 50 Jahren ihre Hauptentwicklung durchgemacht. Trotzdem fehlt bis heute die genaue technische Erfassung durch Messungen und damit die Entwicklung zur höchsten Wirtschaftlichkeit, von vereinzelt modernsten Ausnahmen abgesehen. Während bei der Elektrizitätsversorgung (z. B. im Haushalt) die elektrische Energie auf $\frac{1}{1000}$ kWh genau gemessen wird, wird die von der Zentralheizung gelieferte Wärme meist überhaupt nicht gemessen, sondern nur geschätzt!

Selbst bei grössten Heizungen (die oft mehr Kohle verbrauchen als manche Fabrik!) begnügt man sich mit Angaben nach Fuhren oder Tonnen. An Messgeräten sind nicht mehr als Thermometer oder Manometer vorhanden (die oft gar nicht richtig funktionieren).

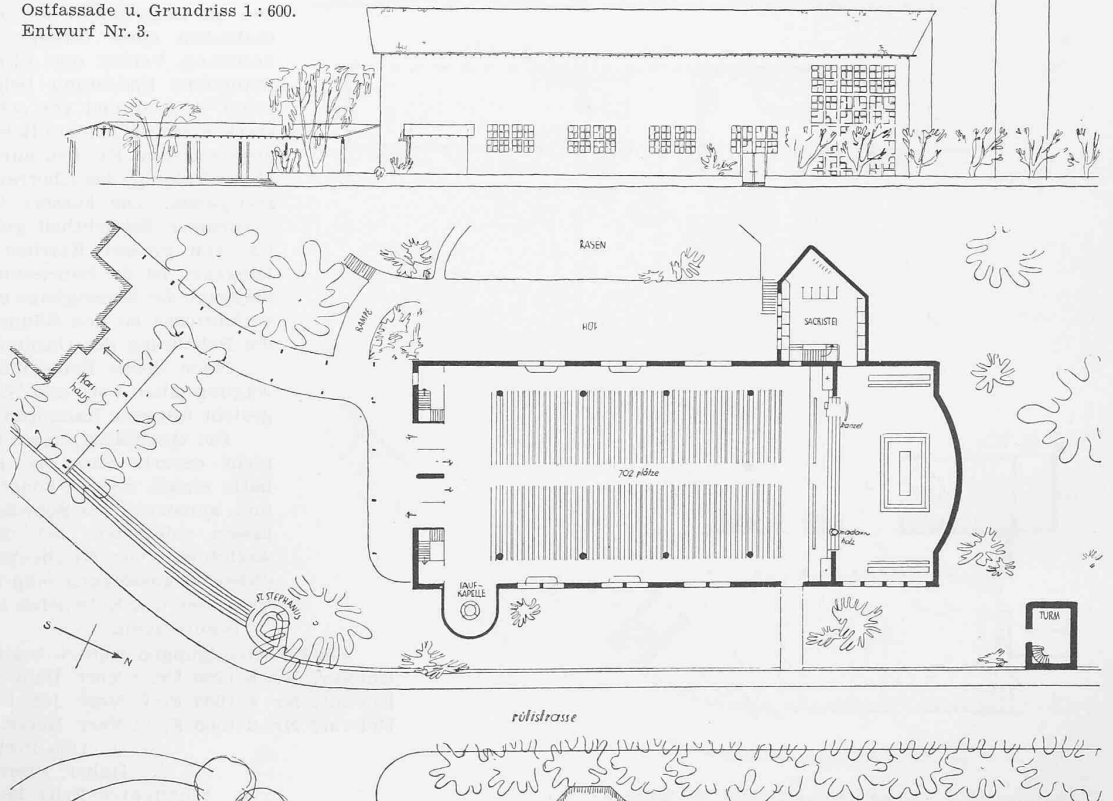
Vor allem ist die unfachmännische Bedienung und Ueberwachung daran schuld, dass man sich oft gar keinen Begriff über den Wert und die Möglichkeiten einer genaueren Messung macht. Wohl allgemein ist in der Heizungstechnik keine grosse Neigung zu Neueinführungen vorhanden. Die geeigneten Messinstrumente für die Ueberwachung des Heizbetriebes sind verfügbar; das zeigt die hochentwickelte Messtechnik selbst in kleineren Industriebetrieben. Wie man besonders an modernen Klima-Anlagen erkennen kann, wo ausgedehnte Messeinrichtungen für alle Betriebseinzelheiten vorgesehen sind (mit Messung der Luftfeuchtigkeit, aller Temperaturen der Luft und des Heizmittels, der Dampfmenngen usw.), ist heute bereits für jeden irgendwie im Heizbetrieb notwendigen Messzweck eine geeignete Apparatur ausgebildet worden. Im gewöhnlichen Heizbetrieb derartige Ansprüche zu stellen wäre natürlich sinnlos. Ein Mindestmass an Messungen ist aber in jedem Heizbetrieb, mindestens in Zentralheizungen über einer gewissen Grösse, erreichbar. Drei Grössen kommen in erster Linie in Betracht:

1. Mindestmessungen.

1. Die *Brennstoffmenge* ist bei Gasheizung und bei Oelfeuerung leicht messbar. Anders bei festen Brennstoffen! Waagen sind verhältnismässig teuer, das Abwägen ist umständlich, in grösseren Heizanlagen immerhin möglich. Man kann sich aber in den meisten Fällen (in guter Annäherung) mit der raummässigen Bestimmung der verfeuerten Brennstoffmenge behelfen: Man wiegt die Menge ab, die von einem bestimmten Behälter aufgenommen werden kann, von Kübeln oder Kohlenwagen, und verzeichnet die Zahl der Behälterfüllungen. Ungenau wird diese Messung durch Veränderungen im Raumgewicht, besonders bei wechselnder Stück- oder Korngrösse. Deshalb empfiehlt es sich, in kürzeren Zeitabständen das Gewicht des Behälterinhaltes nachzuprüfen. Als Kontrolle dient der Summenvergleich mit der Brennstoffgewichtsangabe des Lieferers. Allerdings genügt die Messung der Brennstoffmenge nicht; es kommt noch auf den Heizwert des Brennstoffes an, für den man auch zunächst die Angabe des Lieferers zugrundelegen muss. Die Kosten einer Heizwertmessung müssen verglichen werden mit dem Verlustwert, den ein verminderter Heizwert bedeutet. Man wird gut tun, bei grossen Heizanlagen doch von Fall zu Fall den Heizwert unparteiisch nachprüfen zu lassen.

2. Hinsichtlich der zweiten Grösse, der *Ausentemperatur*, genügt es nicht, wie es vielfach

Ostfassade u. Grundriss 1 : 600.
Entwurf Nr. 3.



geschieht, die Temperatur einmal am Tag abzulesen. Es kommt vielmehr auf die *mittlere* Tagestemperatur an, die durch mindestens drei Ablesungen täglich erfasst werden soll, etwa um 5, 12 und 19 Uhr, oder um 7, 14 und 21 Uhr. Die mittlere Temperatur ist dann mit 0,1 bis 0,2% Genauigkeit

$$t_{\text{mittel}} = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4}$$

Diese Messung kann man sich aber auch sparen, wenn am Ort eine laufende Temperaturmessung, etwa durch eine meteorologische Station oder ähnliche Stelle, vorgenommen wird; ausserdem kann dort auf Grund kontinuierlicher Messung ein genauerer Tagesmittelwert gefunden werden. Es wäre sehr wertvoll, wenn solche allgemein interessierende Werte — zudem für die Ueberwachung die Werte der mittleren Temperatur der einzelnen Monate und der ganzen Heizperiode — an geeigneter Stelle veröffentlicht würden.

3. Schliesslich ist die *Innentemperatur* wichtig. Bei der Einstellung des Heizbetriebes muss die Temperatur im kältesten Raum (mit der stärksten Abkühlung) gemessen werden; für die Ueberwachung und Kontrolle braucht man wieder einen Mittelwert für das ganze geheizte Gebäude. Je nach dessen Ausdehnung wird man zwei, drei oder mehr Thermometer anbringen müssen und auch wieder möglichst dreimal am Tage ablesen, um einen brauchbaren Wert zu erhalten.

Unabhängig von diesen Messungen bleibt selbstverständlich die Ueberwachung des Kesselbetriebes, d. h. das Messinstrument am Kessel, notwendig, bei Dampfheizungen das Manometer, bei Warmwasserheizungen das Thermometer und die notwendigen Wasserstandsanzeiger.

II. Verbesserungen.

Verbesserungsvorschläge, deren Kosten durch Brennstoffersparnis z. B. in zwei bis drei Jahren wieder auszugleichen sind, verdienen eine gründliche Prüfung.

1. Am Kessel scheint die Vermeidung der *unvollkommenen Verbrennung* am wichtigsten (durch Zuführung genügend vorgewärmter Zusatzluft), wodurch die oft sehr hohen CO-Verluste herabgesetzt werden. Ferner kommen in Betracht: Verkleinerung des *Schornsteinverlustes* durch niedrigere Rauchgastemperatur (z. B. Economiser) oder höheren CO₂-Gehalt (Zugregler); seltener eine Verhinderung der *Abkühlungsverluste* mancher Kessel nach aussen (durch Isolierung); eventuell auch Vermeidung zusätzlicher Verluste durch Kesselstein, von Undichtigkeiten usw.

2. Am *Rohrleitungsnetz* kann man Wärme sparen vor allem durch *bessere Isolierung* oder geschützte Lage der Leitungen. Hierher gehören auch die Wasser- und Wärmeverluste am *Kondensat*.

3. Im *Heizbetrieb* entstehen weitere, zum Teil vermeidbare Verluste. Durch Abkühlung in den *Heizpausen* (Wärmespeicherung); durch zu hohe Wassertemperaturen oder ungenügende Dampfdruckregelung (bessere Ueberwachung!); durch ungenügende Erwärmung einzelner Heizkörper (*Nachhinken!*), was bei Warmwasserheizungen beispielsweise durch zusätzliche *Pumpen*, bei ND-Dampfheizungen etwa durch zentrale *Entlüftung* behoben werden kann; Brennstoff wird in diesem Falle dadurch erspart, dass die sonst übliche Ueberheizung anderer Heizkörper wegfällt.

4. Im *Wärmeverbrauch* selbst kann gespart werden, wenn die erhöhten Wärmeverluste *nach aussen*, etwa durch undichte Fenster, schlechtes Mauerwerk u. ä. beseitigt werden; wenn die *Heizkörper* nur auf das notwendige Mass geöffnet werden, was etwa durch Wärmemessung und entsprechende Kostenverteilung zu erzielen ist.

Vorschläge für Verbesserungen gibt es in übergrosser Zahl. Man muss die technisch einwandfreien Vorschläge herausuchen, auf ihre Anwendbarkeit und Qualität der Ausführung untersuchen, vor allem aber einer *Erfolgsprüfung* unterziehen, also feststellen, welche Brennstoffersparnisse wirklich in praktischen Fällen zu erzielen sind.

III. Anregung für Vergleichsversuche.

Das Ziel solcher Versuche ist eine einwandfreie und *zuverlässige Bestätigung* über die erzielte Ersparnis, mit vollständiger Angabe aller das Ergebnis beeinflussenden Nebenumstände, im *Gegensatz* zu den bisher meist üblichen «Zeugnissen» mit oft phantastischen Zahlen von Brennstoffersparnissen, ohne irgendwelche nähere Angaben über die Art, wie und woran sie festgestellt wurden — und vor allem auch von wem? Solche Zeugnisse sind *wertlos*, solange sie fast ausschliesslich von Nichtfachleuten ausgestellt werden, meist auf Grund ganz vager Schätzungen durch das Bedienungspersonal. In hunderten solchen dem Verfasser bekannten Zeugnissen war z. B. keine genauere Angabe darüber zu finden, in welchem Masse sich die Aussen-temperaturen geändert hatten. Erst wenn man diesem irrefüh-

renden Referenzenunwesen eine technisch einwandfreie *Bestätigung* von im praktischen Betrieb, möglichst unter unparteiischer Aufsicht, erzielten Ersparnissen entgegengesetzt, wird man die wertvollen Verbesserungsvorschläge von den unnützen aussondern können.

Man wird also, und dies soll hier vorgeschlagen werden, *Richtlinien für Vergleichsversuche an Heizanlagen* ausarbeiten müssen, nach denen man, entsprechend dem heutigen Stand der Heizungstechnik und den beschränkten Mitteln, die hierfür meist verfügbar sind, den *Brennstoffverbrauch* einer Anlage unter veränderten Bedingungen *vergleichen* kann.

Die technische Grundlage für einen solchen Vergleich ist durch die Fortschritte der letzten Jahre gesichert.

Erst in der allerletzten Zeit wurde versucht, auch im Heizbetrieb den Wirkungsgrad der Anlage, bezw. ihren reziproken Wert, die sog. Heizkennziffer, praktisch zu erfassen.¹⁾ Die Heizkennziffer, d. h. das Verhältnis von verbrauchten Wärmeeinheiten des verfeuerten Brennstoffes zu den berechneten Wärmedurchgangswerten (Transmissionswert), macht es möglich, *verschiedene Heizanlagen* miteinander zu vergleichen. Hier handelt es sich indessen nur um den Vergleich der Brennstoffverbrauchszahlen *ein und derselben Anlage* unter verschiedenen Bedingungen, und zwar in erster Linie *für veränderliche Aussen-temperaturen und veränderliche Innentemperaturen*. Für diesen Vergleich gibt es aber einen einfachen Zusammenhang.

Da der tägliche Wärmedurchgang durch eine Wand dem mittleren Temperaturunterschied zwischen deren beiden Seiten proportional ist, ist für den Wärmeverbrauch ein Tag, an dem dieser Unterschied 10° beträgt, äquivalent zwei Tagen von 5° Unterschied oder zehn «Gradtagen», d. h. Tagen von 1° Temperaturdifferenz. Dieser Gradtagzahl ist der Wärmeverbrauch und damit (unter gleichen Umständen) auch der Brennstoffverbrauch proportional. Dieser Zusammenhang wurde seitdem durch zahlreiche Messungen an verschiedenartigen Heizanlagen auch durch die Praxis bewiesen.

In dem *Betriebsdiagramm* (Abb. 1) werden die täglichen Werte des Brennstoffverbrauches in Funktion der Aussen-temperatur (meteorologischer Tagesdurchschnitt) aufgetragen. Die praktisch aufgenommenen Werte zeigen, dass die Monatsmittelwerte um eine Gerade verstreut sind, deren Schnittpunkt mit der Abszisse die mittlere Innentemperatur angibt. Wichtig ist, dass man nur von Ergebnissen aus längern Betriebsbeobachtungen ausgehen darf; Tageswerte werden erhebliche Streuung zeigen (vor allem wegen Wärmespeicherung); die Monatswerte aber ergeben einen ganz eindeutigen Zusammenhang. Bei den meisten Messungen ist die grösste Abweichung nicht mehr als 5%. Andere Witterungseinflüsse treten gegen die Aussen-temperatur zurück (Regen, Wind, Sonne).

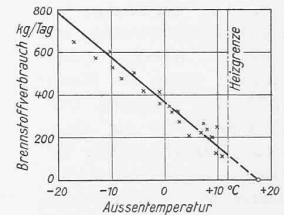


Abb. 1. Beispiel eines Betriebsdiagrammes.

Damit lässt sich die Aufgabe der Vergleichsversuche ganz eindeutig fassen: Es ist der *spezifische Brennstoffverbrauch* festzustellen, also die verfeuerte Brennstoffmenge pro Tag und pro 10° C Differenz zwischen Innen- und Aussen-temperatur, ausgedrückt in Kilogramm oder Tonnen pro Gradtag. Diese Grösse lässt sich aber durch Auswertung der früher aufgeführten Messungen bestimmen: der Brennstoffmenge, der Innen- und Aussen-temperatur.

Unsicherheiten sind durch entsprechend lange Dauer der Versuche zu beseitigen. Der Verfasser würde etwa vorschlagen: 1. Vor der endgültigen Entscheidung (Probetrieb): *14 Tage*, besser aber 4 Wochen, jeweils *mit und ohne Anwendung* (Einbau) der betreffenden Verbesserung. 2. *Nach dem endgültigen Einbau* (Betriebsversuche): Vergleich der Werte einer *ganzen Heizperiode* mit und ohne die betreffende Verbesserung.

IV. Durchführung und Auswertung.

Man muss genau festlegen, was man vergleichen will, also etwa wieviel durch Einbau z. B. einer Zusatzlufteinrichtung zu ersparen ist. Alle anderen Bedingungen sind, wenn möglich, unverändert zu erhalten (so die Brennstoffart, Betriebsweise, Zahl der angeschlossenen Heizkörper usw.), andernfalls festzustellen und entsprechend zu berücksichtigen (so besondere Witterung, Windverhältnisse, Feiertage u. ä.).

¹⁾ Vergl. Raiss, «Gesundh.-Ing.» 1931, S. 321 und 1935, S. 757. Ferner Eberle-Raiss: Untersuchungen über den Wärmeverbrauch der Wohnungen, VDI-Verlag 1931.

Diese Nebenumstände werden im *Versuchsprotokoll* angegeben, das vor allem folgende Spalten enthalten soll: 1. Tag; 2. Betriebsdauer, bezw. Dauer des Heizbetriebes, ohne Nachtbetrieb; 3. Brennstoffmenge, bezw. Behälterfüllungen; 4. Aussen-temperatur (4 Spalten für Ablesung an 3 Zeitpunkten und mittlere Tagestemperatur); 5. Innentemperatur (bei 2 Stellen etwa, ebenso zweimal 4 Spalten und eine weitere für den Mittelwert für das beheizte Objekt); 6. Nebenbemerkungen.

Eine Kontrolle des Brennstoffverbrauches ist wichtig und kann dadurch erreicht werden, dass man für den Versuch den Brennstoff getrennt beistellen lässt und den übriggebliebenen Rest abwägt; daraus muss sich der gleiche Wert ergeben, wie der Summenwert der einzelnen Tage; eventuell genügt es überhaupt, allein hieraus den Gesamtbrennstoffverbrauch zu bestimmen.

Zur *Auswertung* der Versuche werden folgende Mittelwerte gebildet: 1. *Mittlerer Brennstoffverbrauch* (kg/Tag); 2. *mittlere Innentemperatur*; 3. *mittlere Aussen-temperatur*. Aus 2 und 3 sodann 4. die *mittlere Differenz* zwischen Innen- und Aussen-temperatur. Damit stellt man das Ergebnis fest für beide Versuchsreihen (also etwa mit und ohne die betreffende Verbesserung), indem man den mittleren Brennstoffverbrauch durch die mittlere Temperaturdifferenz teilt, und erhält so den spezifischen Brennstoffverbrauch (in kg/Gradtag) oder *Gradtagverbrauch* und durch Vergleich beider Zahlen die *Ersparnis* in % des ursprünglichen Gradtagverbrauches.

Für die Auswertung empfiehlt sich die graphische Darstellung, Abb. 2. Als Abszisse zeichnet man die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Aussen-temperatur, als Ordinate den Brennstoffverbrauch pro Tag ein und macht die Werte der beiden Versuchsreihen durch verschiedene Zeichen kenntlich; durch den berechneten Mittelwert zieht man vom Nullpunkt eine Gerade, an die sich die einzelnen Tageswerte annähern sollen. Die Streuung, vor allem Extremwerte, soll geprüft werden. Verlängert man die Kennlinie des früheren Verbrauches, bis die Ordinate 100 Einheiten beträgt, so gibt der Abstand zur neuen Kennlinie in den selben Einheiten die *Ersparnis* an.

Uebrigens ist diese Darstellungsart auch für die Ueberwachung des laufenden Heizbetriebes sehr zu empfehlen, wobei man statt dem Tagesbrennstoffverbrauch besser die Mittelwerte der Wochen oder Monate einträgt. Zur festgestellten mittleren Kennlinie zeichnet man noch als Toleranzbereich zwei Kennlinien mit etwa 5% höheren und niedrigeren Werten; sobald die Ergebnisse diesen Bereich überschreiten, müssen die Gründe geprüft werden.

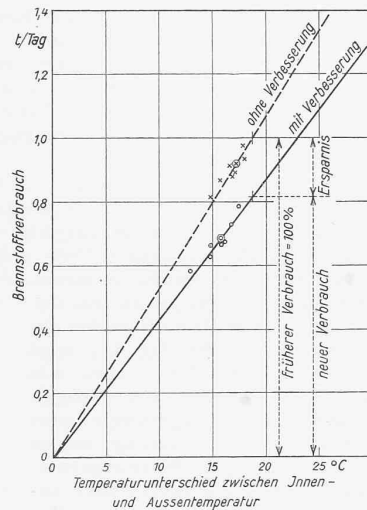


Abb. 2. Graphische Auswertung der Vergleichsversuche.

MITTEILUNGEN

Vorspannen der Armierungen im Eisenbeton. Nachdem Koenen im Jahre 1907 wegen Mangel an geeignetem Stahl mit hoher Streckgrenze seine Versuche abbrechen musste, haben Freyssinet, Lossier und Dischinger in jüngerer Zeit erfolgreich an der Verbesserung der Konstruktionsmethoden im Eisenbetonbau gearbeitet, wobei jeder von ihnen durchaus eigene Wege gegangen ist. Dischinger verwendet ausserordentlich starken Rundstahl (100 mm \odot) mit hoher Streckgrenze, dafür nur wenige Zugelemente, die hängewerkartig nach der Seilkurve der Belastung vorgeformt sind. Nach dem Erhärten des Betons wird die Zugstange mittels besonderer Spannvorrichtungen unter Spannung gesetzt derart, dass nur kleinste Beanspruchungen auftreten. Lossier geht darauf aus, den Beton mit Zementen zu mischen, deren Volumen sich beim Abbinden und Erhärten vergrössert, sodass der Beton auf diese Weise die Armierung unter Spannung setzt. Solche Zemente gibt es heute schon¹⁾. Der mit ihnen hergestellte Beton weist rd. 70 % der Festigkeit eines normalen Portlandzement-Betons auf. Die lineare Expan-

sion des Betons mit 300 kg/m³ solchen Zementes beträgt rd. 0,6 %. Freyssinet setzt den Beton während des Abbindens unter Druck und spannt gleichzeitig die Armierungen, die er aus Stahl mit hoher Streckgrenze herstellt²⁾. Mit Hilfe einfacher Maschinen, die er selbst ausgearbeitet hat, erhöht er die normale Streckgrenze durch Dehnen um rd. 0,5 %. Diese auf dem Bauplatz verwendbaren Maschinen fassen den Stahl mit Zangen, strecken ihn und schieben ihn hierauf einen Bruchteil der bearbeiteten Strecke vor, sodass jeder Teil, vornehmlich auch die Schweisstellen, wiederholt gereckt, bezw. geprüft werden. Wird als Ausgangsmaterial Spezialstahl gewählt, so kann durch dieses Verfahren eine Armierung mit 8 bis 10 000 kg/cm² Streckgrenze gewonnen werden. Diese Armierung kann bei 16 mm Stärke zu Ringen von 4 m Durchmesser aufgerollt und transportiert werden ohne Ueberschreiten der Streckgrenze, ein Vorteil, der für sehr grosse Bauwerke wichtig ist.

Die Berechnung bietet keine Schwierigkeiten; sie erfolgt unter Annahme rissfreien Betons und Superposition der Vorspannung. Näheres hierüber enthält der Fachgruppenvortrag von Prof. A. Paris «Mise en tension préalable des armatures du béton armé», veröffentlicht im «Bulletin Technique» vom 2. und 16. Januar 1937 (auch als Sonderdruck erschienen).

Tierversuche mit elektrischem Strom. Einem in der «ETZ» 1937, H. 7 resümierten Bericht in «Electrical Engineering» 1936, Bd. 55, S. 498 zufolge sind in Amerika über 150 Schafe elektrischen Strömen ausgesetzt worden, um bei verschiedenen Stromwegen im Körper, verschiedenen Frequenzen und Einwirkungs-dauern die Schwellenstromstärke, d. h. jene Stromstärke festzustellen, bei der Herzflimmern³⁾ und damit Tod eintritt. Vor und nach dem (oszillographierten) elektrischen Schlag wurde jeweils die Herzstätigkeit der Schafe in einem Elektrokardiogramm aufgezeichnet. Die Schwellenstromstärke nimmt mit Körper- und Herzgewicht zu; z. B. betrug sie für ein Schaf von 70 kg Gewicht bei Stromzuführung am rechten Vorder- und linken Hinterbein und 3 sec Stromeinwirkung 0,26 A. Sie schwankte von Schaf zu Schaf beträchtlich (grösste Abweichung vom Mittelwert 44 %), und wuchs bei Gleichstrom auf ein Mehrfaches des im Bereich von 25 bis 60 Hz frequenzunempfindlichen Wechselstrom-Durchschnittswertes an. Bei Stromschlägen zwischen 0,03 und 0,1 sec Dauer ist wesentlich, in welche Phase des Herzschlags sie fallen. Trifft der Schlag in die Phase der Herzzusammenziehung, so ist er unschädlich. Herzkammerflimmern, das ist ein ungeordnetes Arbeiten aller einzelnen Herzmuskelfasern, tritt nur auf, wenn der Stromstoss in die Phase der Erschlaffung der Herzkammermuskeln fällt. Ein Stromstoss von 0,03 sec Dauer muss, um tödlich zu wirken, allerdings etwa zehnmal stärker sein als ein solcher von der Dauer eines Herzschlags (rd. 0,5 sec). Die Herzstätigkeit der teilweise anscheinend unnötig «gründlich» elektrisierten Tiere — einzelne zählebige wurden bis zehnmal mit der mittlern Schwellenstromstärke beschickt — zeigte allerlei Unregelmässigkeiten, sogar zeitweisen Stillstand, von denen sich einzig das Flimmern als lebensgefährlich erwies. Auch bei diesem gelang indessen in vielen Fällen eine Wiederbelebung durch Gegenschlag, d. h. erneute Einwirkung eines relativ starken Stromstosses (20–30 A) innert der, nach wenigen Minuten zählenden, nützlichen Frist. Wiederbelebte Tiere wiesen keinerlei Anzeichen einer bleibenden Gesundheitsschädigung auf.

Verbreiterung des «Pont d'Iéna» in Paris. Die zwischen Trocadéro und Eiffelturm im Herzen der kommenden Ausstellung gelegene Brücke, die auch im Hinblick auf den ständig wachsenden Verkehr etwas knapp dimensioniert war, musste von 13,7 m Breite (8,7 m Fahrbahn und 5 m Trottoirs) auf 35 m (22 m Fahrbahn und 13 m Trottoirs) verbreitert werden. Dabei war geplant, dem aus den Jahren 1806/14 stammenden Bauwerke das alte Aussehen von der Flusseite aus zu erhalten. Die Tragkonstruktion der neuen Teile besteht aus dem alten Bau beiderseits vorgesetzten, 3 m breiten Gewölben aus Beton mit Haussteinverkleidung. Ein Trägerrost aus Stahl deckt den rd. 7 m breiten Raum zwischen alter und neuer Konstruktion ab und dient zur Aufnahme der Eisenbetonplatten der Fahrbahn- und Trottoirkonstruktion. Auch sind Wasser-, Gas- und Kabelleitungen an diesem Trägerrost aufgehängt. Während die alten Pfeiler auf hölzernen Pfahlrosten ruhen, sind die neuen, von den alten um mehrere Meter distanziierten Pfeiler auf Eisenbetonpfeile gegründet. Der Beton für alle Teile wurde aussergewöhnlich trocken (110 bis 120 l Wasser/m³) gemischt und mit pneumatischen Nadelrüttlern einvibriert. Die Lehrgerüste durften der Schifffahrt wegen das Durchfahrtsprofil nicht beanspruchen; sie bestanden aus oben liegendem Stahlfachwerk. («Génie Civil» vom 6. März und «Tech. d. Travaux», Februar 1937.)

²⁾ Vergl. Bd. 107, S. 190; Bd. 108, S. 245*.

³⁾ Vergl. unsere Mitteilung «Zur Physiologie des Starkstromunfalls» in Bd. 104 (1934), S. 199.

¹⁾ Vergl. S. 61 lfd. Bds.