

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 11

Artikel: Verstärkung einer Eisenbetonkonstruktion
Autor: Maillart, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47406>

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: 15.05.2025

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

künstlerische Behandlung des Projektes wird der Bestimmung des Gebäudes gerecht. Kubatur 38111 m³ (die kubische Berechnung weist grosse Fehler auf).

Entwurf Nr. 29 zeichnet sich durch die konsequente Anordnung der I. Etappe als Flachbau und der II. Etappe als dreigeschossiger Hochbau längs dem Herrenweg aus. Dadurch ergibt sich zwischen den beiden Bautrakten ein intimer Pausenplatz und eine grosse freibleibende Rasenfläche. Die vorgelagerte Turnhalle zusammen mit der parallel verlaufenden Fegetzallee umrahmen den gut dimensionierten Turnplatz. Die Zugänge sind zweckmässig. Die Etappenführung ist klar und ermöglicht eine vollständig unabhängige Erstellung der II. Etappe.

Gänge und Treppen mit Ausnahme derjenigen zum Freihandzeichensaal sind gut disponiert. Der Flachbau mit niedrigerem Korridor und höheren Schulräumen ermöglicht doppelseitige Beleuchtung und eine gute Belüftung. Wesentlich ist die Erhöhung der Schulräume mit ansteigender Bestuhlung in allen Lehrzimmern der naturwissenschaftlichen Abteilung.

Die Turnhalle mit gut organisierten und dimensionierten Nebenräumen ist ins Ganze zweckmässig eingegliedert und hat einen separaten Eingang für den Abendbetrieb. Die baukörperliche Durchbildung befriedigt nicht. Die Abwartwohnung liegt zentral für die I. und II. Etappe. Es sind die Logen für beide Etappen gut eingeordnet. Der Singsaal mit zugehörigen Musikzimmern ist organisch angeordnet und ausgebaut. Die Anordnung der Fächergruppen ist zweckmässig. Die drei Treppenhäuser ermöglichen einen guten Verkehr. Verkehrsgänge und Plätze sind gut abgewogen.

Der Bagedanke trifft die Eigenart einer Mittelschule. Die folgerichtige Gestaltung der einzelnen Etappen bietet Vorteile in bezug auf die etappenweise Ausführung und schafft intime, in sich gut abgeschlossene Plätze. Die äussere Gestaltung ist einfach und klar durchgebildet, erfordert aber die angedeutete Bindung mit der Allee. Kubatur 36111 m³.

Entwurf Nr. 72. Die Fronten der Gebäude trakte sind alle richtig orientiert. Der Verbindungsgang von Turn- und Pausenplatz ist zweckmässig, ebenso die Eingänge. Der Verfasser hat seinen Bagedanken nach der etappenweisen Durchführung gerichtet und ist dadurch zur Eigenart dieser Lösung gelangt. Die Vorteile der Vorlagerung eines niedrigen Baukörpers für die I. Etappe vor einen stark in die Höhe gestiegenen Baukörper der II. Etappe sind unverkennbar. Bis zur Ausführung der gesamten Gruppe geben die Baukörper der I. Etappe ihrer bescheidenen Haltung wegen nicht den Eindruck eines Fragmentes wieder, sondern sie lassen sich zwanglos durch eine Baumbepflanzung eingliedern. Der Bautrakt der II. Etappe enthält vier Obergeschosse und steht dank seiner Höhe in einem körperlich bemerkenswert guten Kontrast zum vordern Block. Es entsteht damit ein sonnedurchfluteter Gartenhof. Die gedeckte Pausenhalle ist richtig angeordnet, dagegen bildet der Verbindungsgang ohne Verglasung nur ungenügenden Schutz. Die Zweigeschossigkeit des niedrigen Bautraktes bringt die Eigenart der Lehrsäule mit ansteigender Bestuhlung nicht zum Ausdruck.

Den erwähnten Vorteilen stehen allerdings verschiedene Nachteile gegenüber. Die Anordnung von vier Obergeschossen zieht eine gewisse Erschwerung des schultechnischen Betriebes nach sich. Die Verlegung der Treppenhäuser und Aborte auf die Südseite führt wohl zu einem geschlossenen Baukörper und zu einer regelmässigen Beleuchtung der Korridore, bedingt aber anderseits eine gewisse Erhöhung der Kubatur. Die Abwartwohnung lässt eine direkte Verbindung mit dem Haupttrakt vermissen. Als Mangel wird das Fehlen von Aborten beim Saal für Freihandzeichnen, sowie bei den Freizeiträumen empfunden.

Trotz der erwähnten Nachteile stellt dieses Projekt eine bemerkenswerte und bestimmte Lösung der Bauaufgabe dar und zeichnet sich vor allem durch baukünstlerische Werte aus. Kubatur 40060 m³.
(Schluss folgt.)

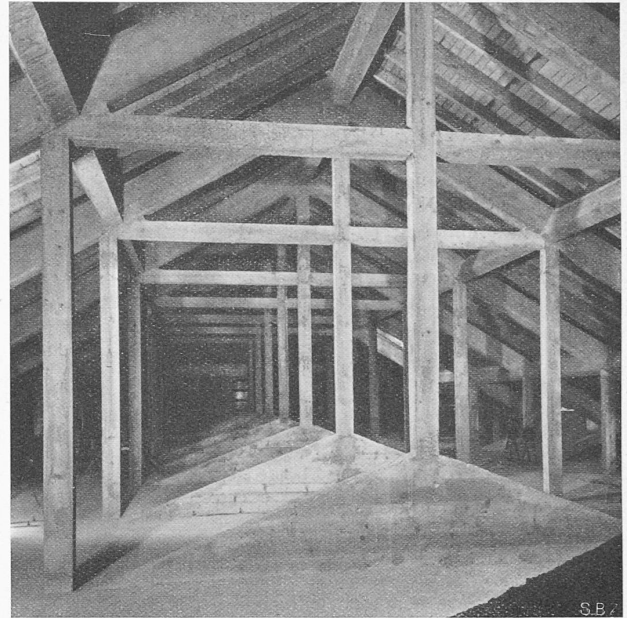


Abb. 4. Ansicht des durch Riegeleinbau verstärkten Dachstuhls.

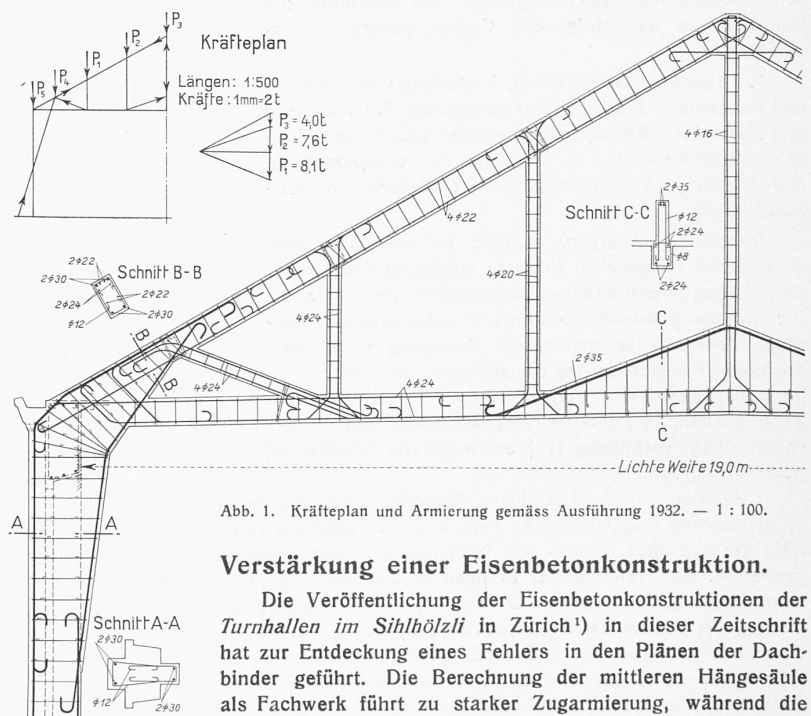


Abb. 1. Kräfteplan und Armierung gemäss Ausführung 1932. — 1 : 100.

Verstärkung einer Eisenbetonkonstruktion.

Die Veröffentlichung der Eisenbetonkonstruktionen der *Turnhallen im Sihlhölzli* in Zürich¹⁾ in dieser Zeitschrift hat zur Entdeckung eines Fehlers in den Plänen der Dachbinder geführt. Die Berechnung der mittleren Hängesäule als Fachwerk führt zu starker Zugarmierung, während die seitlichen auf Druck beanspruchten Pfosten nur eine schwache Armierung erfordern. Durch ein Versehen erfolgte in den Eisenlisten eine Verwechslung, womit die Armierung der Hängesäulen schwächer ausfiel als berechnet war. Die Schwächung war immerhin nicht derart, dass irgendwelche Gefahr bestand. Als Anzeichen von Schwäche konnten auch Horizontalrisse am untern Anschluss der Hängesäulen nicht angesehen werden, da es sich um Arbeitsfugen handelt, in denen auch bei stärkerer Armierung eine Ueberschreitung der beschränkten Zugfestigkeit des Betons zu erwarten war. Der Beton bildet hier nur ein zur Wahrung der Feuersicherheit und einer gewissen Steifigkeit dienliches Element.

Das Hängewerk ist so geformt, dass bei voller Last der Kräfteverlauf genau den Stäben folgt²⁾, also keine Biegungsspannungen vorkommen (Abb. 1). Die bei einseitiger Last — praktisch kommt hierfür bloss Winddruck in Betracht — auftretenden Biegemomente werden durch die im Verhältnis zu den Pfosten sehr steif gehaltenen Gurtungen aufgenommen. Eine einfache Untersuchung

¹⁾ Schweiz. Bauzeitung, Band 101, S. 104* (4. März 1933).

²⁾ Vergleiche die Lagerhalle in Chiasso, ebenfalls von R. Maillart, in Bd. 87 Seite 266* (22. Mai 1926). Red.

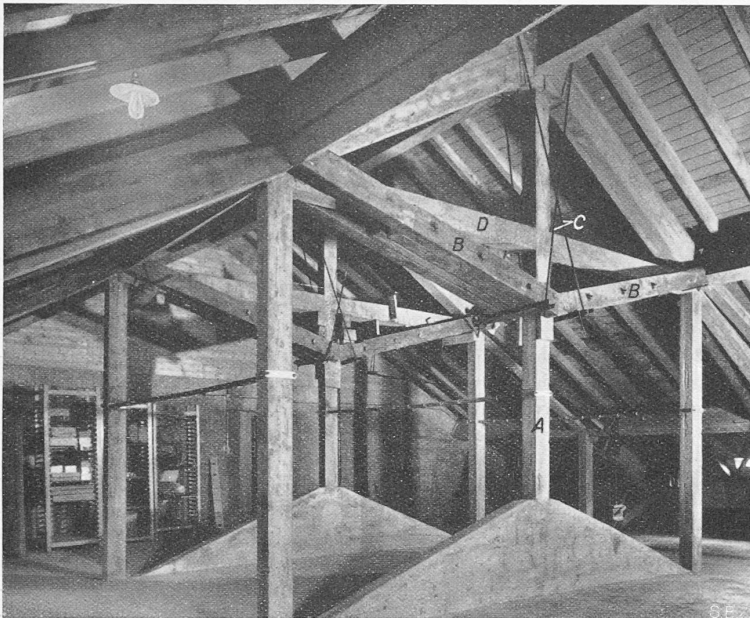


Abb. 3. Die Spannvorrichtung, letzter Riegel noch nicht ausgeschalt (20. Sept. 1934).

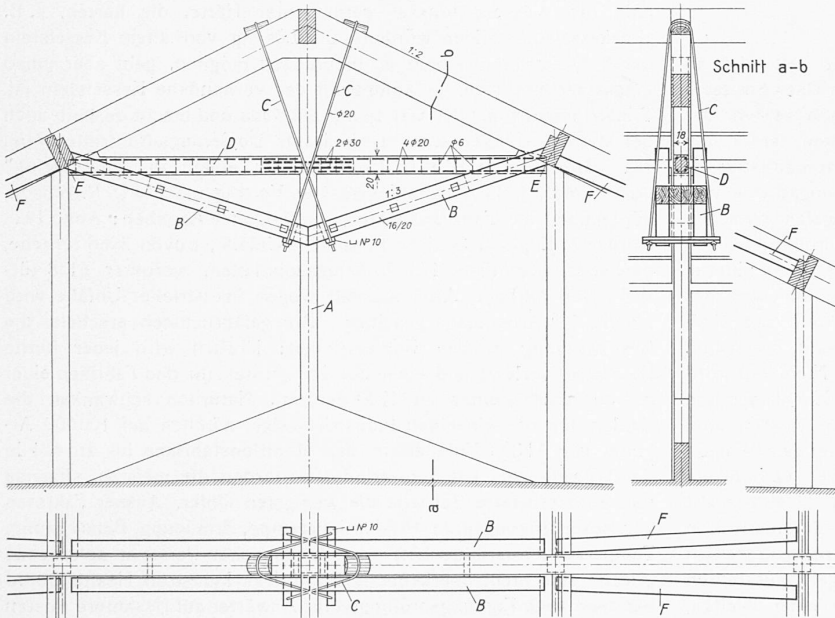


Abb. 2. Spannvorrichtung zum Einbau der Riegel unter Vorspannung. — Masstab 1 : 80.

zeigt, dass die Gurtungen auch ohne Beihilfe des Hängewerkes im Stande sind, mit ausreichender Sicherheit 45 % der ständigen Last aufzunehmen. Während also die Eisenbeanspruchung aus ständiger Last im mittleren Hängepfosten bei 18 t Pfostenkraft und 8 cm² Eisenquerschnitt 2,25 t/cm² betragen würde; wenn man ein gelenkiges System annehmen wollte, so sinkt sie auf 1,24 t/cm² unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Gurte. Unter dem Einfluss aller Nutzlasten könnte diese Spannung auf 1,6 t/cm² steigen.

Daraus ergibt sich die völlige Harmlosigkeit des konstatierten Versehens, indem ja Spannungen dieser Grösse sogar bei Eisenkonstruktionen ohne weiteres zugelassen werden. Durch eine Belastungsprobe mit einer Einzellast unter Messung der auftretenden Eisenspannungen wäre es leicht möglich gewesen, diese Resultate einwandfrei zu kontrollieren. Leider drang dieser Vorschlag nicht durch; statt dessen wurden (dem Wesen der Konstruktion nicht entsprechende) sehr umfangreiche Berechnungen vorgenommen.

Trotzdem auch diese Berechnungen nicht nur die einwandfreie Dimensionierung der geplanten Konstruktion ergaben, sondern auch zum Schlusse führten, es bestehe keine Einsturzgefahr, verlangte die Baupolizei doch eine Verstärkung der Hängesäulen. Eine direkte Verstärkung durch Anfügen weiterer Zugstangen wäre aber

nur unter Schwierigkeiten durchführbar gewesen. Als elegantere und leicht ausführbare Lösung schlug ich deshalb den Einbau von Riegeln zwischen den oberen Endpunkten (E in Abb. 2) der beiden mittlern Druckpfosten vor.

Tritt in einem solchen Riegel eine Druckkraft auf, so erhält auch die Hängesäule Druck, das heisst sie wird entlastet. Setzen wir Gelenkigkeit des Systems voraus und beachten, dass die Dachneigung 1:2 ist, so fällt die Entlastungskraft in der Hängesäule zufällig gleich gross aus, wie die Riegelkraft. Die beiden Glieder wirken solidarisch und sobald die geringste Streckung in der Hängesäule vorkommen sollte, tritt der Riegel entlastend in Aktion. Es hätte also unter den obwaltenden Umständen wohl genügt, die Riegel spannungslos einzubauen, indem selbst unter Berücksichtigung des Schwindens die Streckung der Eisen der Hängesäulen nie ein beunruhigendes Mass hätte erreichen können, selbst angenommen, eine Streckung läge im Bereich der Möglichkeit.

Um indes den Wunsch der Baupolizei nach sofortiger Entlastung der Hängesäulen zu erfüllen, wurde den Riegeln eine Vorspannung erteilt. Diese sollte auch ausreichen, um das Schwinden des Beton auszugleichen, d. h. es sollte nach erfolgtem Schwinden immer noch eine Druckkraft im Riegel verbleiben. Zur

Verminderung des Schwindens wurden die Riegel mit 3 1/2 ‰, also sehr stark armiert, sodass ein Grösstwert des Schwindens von 0,2 ‰, d. h. von 1,1 mm auf die ganze Rieglänge von 5,6 m angenommen werden konnte.

Die Spannvorrichtung ist aus den Abb. 2 und 3 ersichtlich. Sie besteht aus zwei mit 1:3 geneigten gelenkig zusammenstossenden Spannriegeln B, zwischen denen die bestehende und zu entlastende Hängesäule A frei beweglich hindurchgeht. Diese Spannriegel werden vermittelt □-Eisen durch zwei Eisenbügel C gefasst, die den Obergurt aus Eisenbeton beidseitig der Dachfirst umschliessen und unten als Schrauben endigen. Durch Anziehen der Schrauben werden die Knotenpunkte E nach auswärts gedrückt. Damit der Eisenbetonriegel D ausgeführt werden konnte, musste die Spannvorrichtung beidseitig an den Pfetten angreifen; die dadurch bedingten Scherbeanspruchungen werden durch in den Anschlussöffnungen angeordnete Streben F gemässigt.

Mit dieser Vorrichtung war es möglich, den Abstand der beiden Knotenpunkte E um 1,5 mm zu vergrössern. Gemessen wurde diese Ausdehnung mittels Griotapparaten an einem zwischen den Knotenpunkten E gespannten Draht. Die in

den Eisenbügeln auftretenden Kräfte wurden mit Spannungsmessern festgestellt, sodass die resultierende Vertikalkraft zu rund 8 t ermittelt werden konnte. Daraus errechnet sich der zu obiger Ausbiegung erforderliche Horizontaldruck zu $\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot \left(\frac{2}{1} + \frac{3}{1} \right) = 20$ t, um welchen Betrag — Gelenkigkeit vorausgesetzt — der Mittelpfosten entlastet wird, sodass also dort schon ein Druck von 2 t, statt eines rechnermässigen Zuges von 18 t vorhanden wäre. Tatsächlich betrug indes die Entlastung, gemessen durch Spannungsmesser an den Armierungseisen des Mittelpfostens — nach völliger Entfernung des Beton auf eine gewisse Strecke — nur 7,6 t, also 38 % von 20 t. Somit sind 62 % durch die Steifigkeit der Konstruktion und eine gewisse Mitwirkung der benachbarten Binder — infolge des durch die Pfetten bestehenden Zusammenhanges — aufgenommen worden; diese Mitwirkung ist indessen gering, denn beim Anspannen eines Binders zeigten die am benachbarten angebrachten Messvorrichtungen keine Ausdehnung an. Somit ergibt sich ein Entlastungsbetrag aus Steifigkeit, der die oben errechneten 45 % noch übersteigt, ferner die Erkenntnis, dass die gemessenen 7,6 t der ganzen unter Eigengewicht von der Hängesäule aufgenommenen Kraft entspricht. Also hätte die dortige

Eisenspannung rund $1,0 \text{ t/cm}^2$ nicht überschritten und die zufällige Last hätte die Spannung kaum über die üblichen $1,2 \text{ t/cm}^2$ gesteigert. Dass somit die Verstärkung keine Notwendigkeit war, wird dadurch erhärtet.

Unter Anwendung von zwei Spannvorrichtungen wurde pro Tag je ein Riegel eingebaut; die Ausschaltungsfrist betrug dabei etwa 44 Stunden. Es wurde hochwertiger Zement benützt, der somit nach obiger Frist bis gegen 50 kg/cm^2 beansprucht war. Die Arbeit: Anbringen der Spannvorrichtung, Ausspitzen der Endauflager und der Hängesäule, Einschalen, Armieren und Betonieren wurde durch drei Mann besorgt. Alle 16 Riegel wurden, Vorbereitungs- und Vollendungsarbeiten inbegriffen, in drei Wochen eingebaut, ohne irgendwelche Einschränkung im Gebrauch der darunterliegenden Turnhallen.

Diese ganze Zeit über belies man die Längenmessvorrichtung am zuerst ausgeführten Binder, um das Schwindmass feststellen zu können. Dieses erwies sich als gering, indem eine Verkürzung von nur $0,2 \text{ mm}$ beobachtet werden konnte, entsprechend einem Schwindmass von $0,03\%$. Man kann also mit Bestimmtheit damit rechnen, dass das vorausgesetzte Gesamtschwindmass von $0,11\%$ nicht überschritten werden wird.

Abb. 4 zeigt die Binderreihe nach dem Einbau der Riegel. Ohne Verunstaltung der Konstruktion ist mit relativ geringen Mitteln nicht nur ein Ausgleich der Verschwächung, sondern sogar eine wesentliche Verstärkung gegenüber der geplanten Anordnung erzielt worden.

R. Maillart.

MITTEILUNGEN.

Photoelektrische Verkehrssicherung. Zur Zeit wird an der Peripherie und in der Umgebung von Paris ein grosses Strassenbauprogramm durchgeführt, das einmal den Automobilverkehr der Stadt durch eine Ringstrasse rings um Paris entlasten, ferner den Ein- und Ausfallverkehr durch fünf neue radiale Automobilstrassen von 15 bis 30 km Länge, gleichfalls durch eine Ringstrasse verbunden, erleichtern soll. Zu den durch die Kollisionsgefahr zwischen Ring- und Radialverkehr notwendig gemachten Unterführungen gehören die bei der Porte Dauphine und bei der Porte de la Villette, beide zur Erhöhung der Verkehrssicherheit mit photoelektrischer Apparatur ausgerüstet. Die photoelektrische Zelle erfüllt zwei Aufgaben, deren erste, beiden Unterführungen gemeinsam, bereits im „Génie Civil“ vom 3. Juni 1933 behandelt wurde: Nicht nur wird bei Tag die Unterführung stärker beleuchtet als bei Nacht, sondern es sind, entsprechend heiterem, bedecktem, düsterem Tageshimmel und der Nacht, vier Beleuchtungsstufen vorgesehen, um dem Wagenführer die mit einem plötzlichen Helligkeitswechsel verbundene Unsicherheit zu nehmen; die Schönwetterbeleuchtung verbraucht etwa die achtfache Leistung der Nachtbeleuchtung. Die automatischen Umschalter zum Uebergang von einer Stufe auf die nächste werden von einer im Freien unter einer diffundierenden Kugel aufgestellten photoelektrischen Zelle aus gesteuert. Die Funktion einer zweiten, nur bei der Porte de la Villette benötigten photoelektrischen Apparatur ist in der genannten Zeitschrift vom 23. Februar 1935 einlässlich beschrieben. Diese Unterführung konnte, da sie zwischen dem Tunnel des Métropolitain und dem Bahntracé des Chemin de fer de l'Est hindurch geführt ist, nur eine Höhe von 4 m erhalten; Fahrzeuge grösserer Höhe werden vor der Zufahrt durch einen Pfiff und den Zuruf gewarnt: „Attention! Voiture trop haute, ne prenez pas le souterrain.“ Gleichzeitig erscheint unter einem blinkenden Lichtzeiger die Warnung als leuchtende Schrifttafel rechts vor der Einfahrtsrampe. Diese Signale werden dadurch ausgelöst, dass zwei parallele, um 1 m voneinander entfernte Lichtstrahlen, die, von zwei Projektoren auf zwei photoelektrische Zellen geworfen, die Strasse etwa 100 m vor der Einfahrt in 4 m Höhe überkreuzen, durch das Fahrzeug nacheinander, und zwar in der gefährlichen Reihenfolge, durchschnitten werden. Dadurch fällt der von den Zellen gelieferte Strom auch bei klarster Witterung von 300 auf $50 \mu \text{ A}$, und ein System von Relaiskontakten beginnt zu spielen; von einem kleinen Asynchronmotor gezogen, rollen vor der entzündeten Leselampe 5 m Tonfilm ab; und $1\frac{1}{2} \text{ sec}$ nach dem Durchschneiden der Lichtbarriere rufen zwei voneinander um 40 m abstehende Lautsprecher die gelesenen Zeichen aus. Dies auch dann noch, wenn der 4 m überragende Fahrzeugteil nur 30 cm lang ist und das Strahlenpaar in Richtung gegen die Unter-

führung mit 80 km/h durchquert. Die verwendete Tonfilmapparatur stammt von der Western Electric. In Störungsfällen (Aussetzen eines Lichtstrahls infolge Stehenbleibens eines Fahrzeugs oder Erlöschens eines Projektors, Zerreißen des Tonfilms) wird ein Fernalarm betätigt.

Trinatriumphosphat zur Kesselwasserreinigung. Bei kleineren Kesselanlagen verzichtet man gerne auf Reinigungsvorrichtungen und begnügt sich damit, dem Speisewasser Chemikalien wie Soda oder organische Präparate zuzugeben. Damit will man die Bildung eines leicht zu entfernenden Schlammes erzielen, der sich nicht in Kesselstein umwandeln soll. Im Auftrag des Schweiz. Vereins von Dampfkesselbesitzern ist in der Eidg. Materialprüfungsanstalt ein solches Mittel, das Trinatriumphosphat, auf seine Brauchbarkeit geprüft worden. Ueber den Befund berichtet Prof. P. Schläpfer im Rahmen einer zusammenfassenden Arbeit über Wasseruntersuchung und Wasserreinigung im Januar- und Februarheft 1935 des „Schweizer Archiv“. Im Prinzip wirkt Trinatriumphosphat gleich wie Soda: Die vorübergehende Härte wird unter Bildung von Natriumbikarbonat in unlösliches Kalzium- und Magnesiumphosphat, die permanente Härte unter Bildung von Natriumsulfat und -chlorid in Erdalkaliphosphate gefällt. Gegenüber Soda hat Trinatriumphosphat einige betriebstechnische Vorteile. Die Fällung der Härtebildner vollzieht sich rascher und vollständiger. Sobald das Wasser jedoch gewisse Mengen Natriumbikarbonat enthält, ist auch mit Trinatriumphosphat eine vollständige Enthärtung nicht zu erreichen. Die gebildeten Erdalkaliphosphate fallen grossflockig aus und können leicht abgeschlämmt werden. Trinatriumphosphat empfiehlt sich deshalb bei Wässern grosser permanenter Härte, die harten, z. B. Gipskesselstein bilden würden. Die Lösung von altem Kesselstein durch Trinatriumphosphat ist theoretisch möglich, geht aber umso langsamer vor sich, je kompakter der vorhandene Kesselstein ist. Trinatriumphosphat ist viel teurer als Soda und macht deshalb auch bei kleinen Anlagen eine regelmässige Dosierungs-Kontrolle nötig.

Betriebsunfälle in England. In einem in „Engineering“ vom 1. März 1935 zusammengefassten Vortrag machte D. R. Wilson, königlicher Chef-Fabrikinspektor, u. a. folgende Angaben: Anno 1928 wurden in England 342 095 industrielle Unfälle, wovon 2968 tödliche, gemeldet, gegenüber 170 976 Strassenunfällen, worunter 6138 tödlich. Der jährliche Arbeitsausfall wegen industrieller Unfälle wird auf rd. 10^6 Arbeitstage geschätzt. Am gefährlichsten erscheint die Beschäftigung in den Kohlengruben: jährlich wird jeder fünfte Bergmann verletzt und einer auf 960 getötet. (In den Fabriken einer auf 36 verletzt, einer auf 1700 getötet). Natürlich schwanken die Zahlen für die einzelnen Industriezweige, nämlich auf 100 000 Arbeiter von 11 393 Unfällen in den Munitionsfabriken bis zu 424 in den Wäschereien. Die Schwerindustrie fordert die meisten, sitzende und automatisierte Betriebe die wenigsten Opfer. Ausser Faktoren wie Beschäftigungsgrad, Produktionstempo, Ermüdung, Beleuchtung, Temperatur, Unerfahrenheit spielt das manchen Personen anhaftende „Pech“ eine nicht unerhebliche Rolle. Das Industrial Health Board hat denn auch Eignungsprüfungen für Anwärter auf riskantere Posten ausgebildet. Ein beträchtlicher Prozentsatz der Unfälle betrifft Jugendliche; so trugen anno 1933 17 000 junge Engländer infolge von Betriebsunfällen dauernden Schaden davon.

Der Hafen von Haifa (Palästina) ist im Zusammenhang mit der Uebernahme des englischen Protektorates über Palästina durch die englische Firma Rendel, Palmer & Tritton angelegt worden. Wie „Engineering“ vom 1. März zu entnehmen, hat es der breite, nach Südosten einspringende Golf ermöglicht, die 2220 m lange Hauptmole so anzulegen, dass sie sich vom Westende der Hafenstadt nach Osten ins Meer hinauszieht und zusammen mit einer kurzen Ostmole eine Hafeneinfahrt direkt von Osten, der geschützten Landseite her, ermöglicht. Beide Wellenbrecher bestehen aus Steinschüttung von nach aussen zunehmender Blockgrösse (max. 15 t); zum Bau des grossen diene ein auf der bereits geschütteten Mole fahrender Drehkran von 23 m Ausladung, der die auf dem Landwege angefahrenen Steinwagenkästen vor Kopf ausleerte. Auf dem Kamm der Molen sitzt eine betonierte Parapetmauer. — Ein Teil des Hafenbeckens ist als verschliessbarer Petrolhafen abgegrenzt für das Verschiffen des durch die Irak Pipe Line ankommenden Erdöls.

Die Wohnungsverhältnisse in U. S. A. sind untersucht worden vom Bureau of Foreign and Domestic Commerce, und zwar in voneinander sehr verschiedenen Gebieten, in Industrie- und