

Ausführungsfehler bei Eisenbetonbauten

Autor(en): **Hübner, F. / F.F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93/94 (1929)**

Heft 20

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43458>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

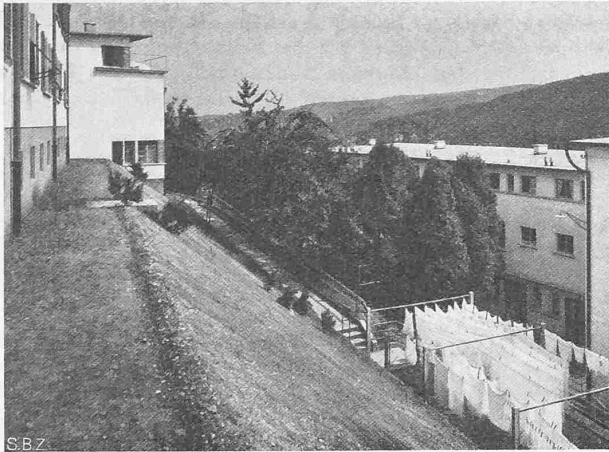


Abb. 4. Freier Blick von den obren Häusern über die untern.

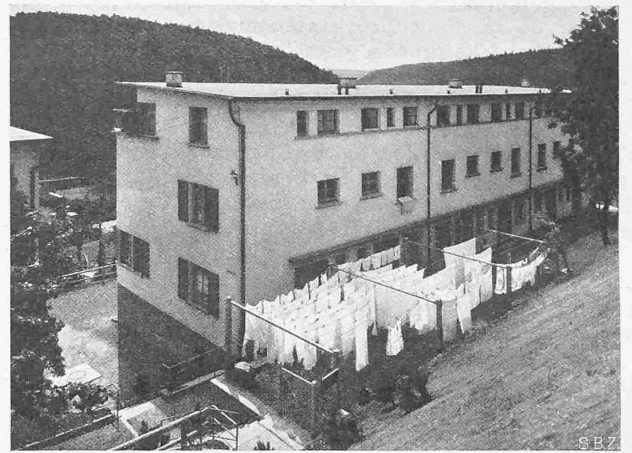


Abb. 5. Rückseite der westlichen untern Reihe.

Eine Kranken-Siedlung in Stuttgart-Heslach.

Um die Lungenkranken aus der durch sie gefährdeten Umgebung zu nehmen, sind in Deutschland zwar schon früher da und dort Sonderwohnhäuser erstellt worden; Stuttgart ist aber wohl die erste Stadt, die es unternahm, für diesen Zweck eine ganze Siedlung zu errichten. Sie wurde von ihr im Rahmen ihres Gesamtwohnungsprogramms für das Jahr 1928 erstellt, mit einem Kostenaufwand von 16500 RM. für die Wohneinheit (ohne Bauplatz und Umgebungsarbeiten). Als Kostenbeitrag leistete die Württ. Landesversicherungsanstalt eine Summe von 7000 RM., die Wohnungskreditanstalt eine solche von 6000 RM. für die Wohneinheit, der Rest wurde von der Stadt selbst übernommen.

Die Siedlung ist in Heslach, dem westlichen Wohnort Stuttgarts, schon am Rande des sich an die Stadt heranschiebenden Waldgebiets gelegen, mit der allgemeinen Richtung Ost-West, sodass die Wohn- und Schlafräume reine Südlage erhielten. Es sind im ganzen fünf Gebäudezeilen, drei davon mit je sechs und zwei mit je vier Wohneinheiten, als Einfamilienhäuser. Der terrassenförmige Aufbau des Geländes mit 37 m Höhenunterschied ermöglichte die Gebäude so zu stellen, dass sie sich nicht gegenseitig die Besonnung verdecken. Der Abstand zwischen beiden Reihen ist 12 m, dazwischen liegen Baumpflanzungen und Zufahrtswege.

Jede Wohneinheit besteht aus einem Reihenhaus mit vier Geschossen. Im Untergeschoss sind Keller, Waschküche (mit Gaswaschkessel) und ein Raum für Brennmaterial untergebracht. Im 1. Stock befindet sich ein geräumiger Wohnraum für die Familie, daneben die Küche mit eingebautem Speisekasten und Geschirrschrank, Spültisch und Gasherd; im zweiten Stock das Elternschlafzimmer, sowie zwei weitere Schlafzimmer und das Bad mit Gasbadeofen und Klosett. Das oberste Geschoss ist der eigentliche Krankenbereich, bestehend in einem grossen Schlaf- und Wohnraum (rd. 46 m³ Luftraum), daneben ein eigenes Klosett, sowie — als Ersatz für den fehlenden Dachboden — ein Wäschetrockenraum. Von diesem grossen Aufenthaltsraum aus gelangt man durch eine Glastüre direkt auf die gedeckte Liegeterrasse. Jede dieser durch dünne Betonwände voneinander geschiedenen Terrassen besitzt eine Länge von etwa 5 m, bei einer Breite von 2 m. Die Heizung des ganzen Hauses erfolgt durch Warmluft, die von einem im ersten Stock zwischen Küche und Wohnzimmer eingebauten Kachelofen erzeugt wird und den Vorteil hat, dass die Küche auch im Winter warm bleibt und Durchlüftungen keinen Kälteeinbruch verursachen. Beim inneren Ausbau wurde auf hygienische Gesichtspunkte besonderer Wert gelegt: die Badewanne eingemauert, das Waschbecken eingebaut, der Krankenraum im zweiten Stock mit einem abwaschbaren Silinanzstrich versehen, alle irgendwie

schmutz-sammelnde Winkel und Ecken sind möglichst vermieden.

Die Bauweise ist durchweg massiv: der Sockel aus Stahlbeton, die Umfassungs- und Gebäude-Trennwände aus Feifel-Hohlblocksteinen, die Zwischenwände in Bimsbeton zwischen Stahlgerippe; die Deckenkonstruktion der beiden unteren Geschosse aus Eisengebälk mit Bimsbetonfüllung, die der oberen Stockwerke aus Hohlsteinen. Das oberste, gleichzeitig das Dach ersetzende Gebälk ist zum Teil mit doppelter Pappe, zum Teil mit zweilagigem Bitumenaufstrich versehen. Die Terrassen sind mit dem bekannten Gartenmannschen Belag, der sich neuerdings insbesondere bei Krankenhäusern bewährt, abgedeckt; sämtliche Einbauwände sind mit Fermatplatten gegen Schall isoliert.

Dr. Ing. Fuchs-Röll.

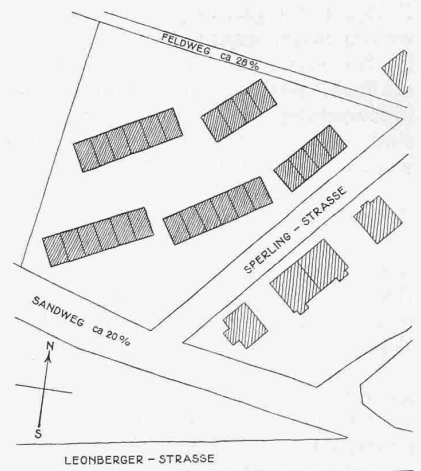


Abb. 1. Lageplan, Masstab 1:2000.

Ausführungsfehler bei Eisenbetonbauten.

(Nach dem Vortrag von Ing. F. HÜBNER, Kontrollingenieur beim Eisenbahndepartement, gehalten im Eisenbetonkurs des S. I. A. 1929 in Lausanne.)

Trotz der grossen Fortschritte, die der Eisenbetonbau seinen wahren Vorkämpfern, sowohl Ingenieuren wie Architekten, auch bei uns in der Schweiz zu verdanken hat, können wir uns nicht verhehlen, dass die weitgehenden neueren wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse, über die wir heute verfügen, bei der Projektierung und praktischen Durchführung noch nicht in genügendem Masse Eingang gefunden haben. Der Hauptgrund liegt darin, dass alle diejenigen, die nicht die Möglichkeit haben, sich diese neueren theoretischen und versuchstechnischen Errungenschaften anzueignen — und ihre Zahl ist eine sehr grosse — nicht wissen, an welchem Punkte sie ihre Tätigkeit auf dem Gebiete des Eisenbeton einzustellen haben. Der Eisenbetonbau, besonders auch der Hochbau, ist viel mehr als alle anderen Gebiete des Bauwesens eine Vertrauenssache, und sollte vom Bauherrn und seinen ersten Beratern, den Architekten, immer mehr als solche behandelt werden.

Wenn wir auch in der Schweiz seit den grossen Einsturzkatstrophen des Hotel Bären in Basel und des Theatermagazins in Bern von grösseren Bauunfällen im Eisenbeton-

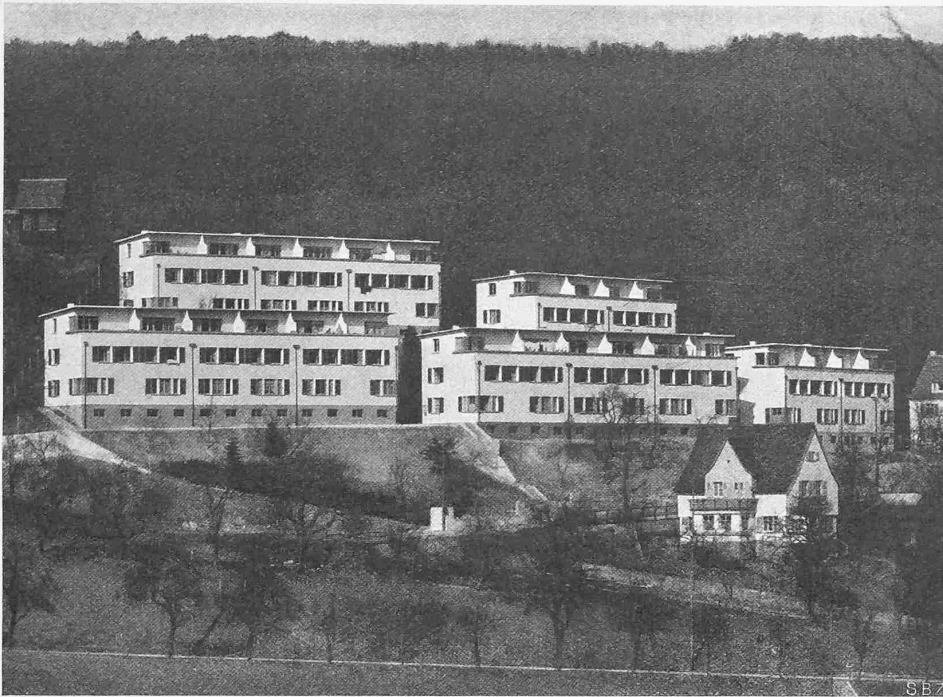


Abb. 2. Gesamtbild der Kranken-Siedlung in Stuttgart-Heslach, aus Süden.

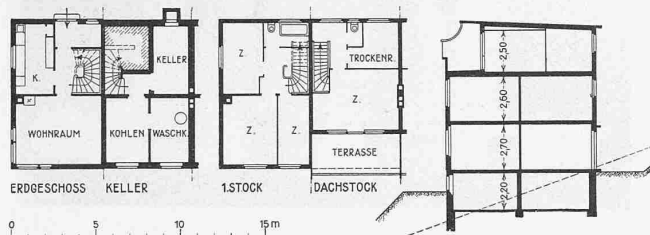


Abb. 3. Grundrisse und Schnitt. — Masstab 1:400.

bau verschont geblieben sind, hören wir doch sehr oft von kleineren Unfällen und Fehlkonstruktionen. Leider fehlt es uns an einer neutralen Stelle, der alle solche Unfälle und Missgeschicke gemeldet werden, und die in der Lage wäre, die damit gewonnenen Erfahrungen zu sammeln und auszuwerten. Unvorausehbares Zusammentreffen gewisser, oft vorkommender Fehler und unglücklicher Nebenumstände können von einem Moment zum anderen zur schwersten Katastrophe führen, wie wir sie im Ausland leider in letzter Zeit mehrfach erleben mussten. Gleichlautende Stimmen aus Frankreich, Oesterreich und Deutschland fordern, dass wieder mehr Qualitätsarbeit verlangt werde, und dass den Firmen, die die nötige Erfahrung und Eignung besitzen, nicht durch Misstände im Submissionswesen und das sich breit machende Puschertum jede Möglichkeit genommen werde, nach allen Regeln der Kunst und der modernen Forschung weiterzuarbeiten. Dahin gehören auch die sehr begrüssenswerten Bestrebungen des Schweiz. Baumeisterverbandes, gegen die unsinnigen Bautermine, wie sie in letzter Zeit immer mehr von unverantwortlichen Bauherren und ihren Ratgebern verlangt werden, mit allen Mitteln anzukämpfen.¹⁾

Die heutzutage vorkommenden Fehler sind meistens Fehler in der Ausführung, weniger in der Konstruktion und Berechnung. Fehlerhafte Konstruktionen sind unserer Ansicht nach nicht nur solche, die äusserliche Zeichen der Ueberbeanspruchung zeigen, sondern auch solche, die ohne Auftreten gefährlicher Zustände ganz oder in einzelnen Teilen nicht mit den Voraussetzungen der Rechnung übereinstimmen.

Einzelne fehlerhafte Konstruktionen, wie sehr flache, ferner auch schiefe Gewölbe, runde und viereckige Behälter

¹⁾ Vgl. „S. B. Z.“ Bd. 94, S. 132 (14. September 1929).

für Flüssigkeiten hoher Temperatur, Reservoirbau mit vollständig verfehltem Armaturreplan wurden an Hand von Lichtbildern eingehend besprochen. In vielen Fällen ist das Interesse dafür nicht vorhanden, beobachtete Risse auf ihre Entstehungsursache hin zu verfolgen. Meistens gibt man ihnen die stereotype Erklärung von „Schwindrissen“, die nicht vermeidbar seien und nichts schaden. Bei allen Rissen ist jedoch die Gefahr des Rostangriffes der Eisen vorhanden, wenn der Beton nicht sehr gut ausgeführt ist und die Eisen nicht genügend tief im Beton eingebettet liegen.

Neben der direkten Untersuchung der Risse besitzen wir heute Messmethoden zur Beurteilung des statischen und elastischen Verhaltens von Konstruktionen, und Einsenkungsmessungen kombiniert mit Dehnungsmessungen und Messung der Verdrehungswinkel mit Klinometern lassen sehr genaue Schlüsse zu über die Ueber-

einstimmung der rechnermässigen Grundlagen mit der Wirklichkeit. Wir erinnern an die Messungen von Dir. M. Roß an der Hundwilertobelbrücke²⁾, der Wettingerbrücke³⁾ und der Strassenbrücke im Wäggital⁴⁾, von Prof. Paris am Reservoir au Calvaire sur Lausanne und die dem Internationalen Brückenbaukongress in Zürich vorgelegte Arbeit von F. Hübner: „Allgemeine Betrachtungen über Erfahrungen bei Versuchen an Bauwerken und bei der Verwertung der Messergebnisse“.

1. *Schalungen.* Oft sehr schlechte Lagerung der Sprieße, die ein Nachziehen vor dem Betonieren nicht gestattet und beim Ausschalen grosse Erschütterungen ergibt. Die auspringenden Winkel sollen mit Dreiecksleisten gebrochen werden, zur Erleichterung des Ausschalens und zur Verringerung der Rissegefahr. Dichte Schalungen erhöhen die Gleichmässigkeit des Beton.

2. *Verlegen der Eisen.* Die Eisenabstände untereinander und die Abstände der Eisen von den Oberflächen lassen sehr oft viel zu wünschen übrig. Für die Erreichung der für das Zusammenspiel von Beton und Eisen ausschlaggebenden Haftfestigkeit ist die richtige Ueberlagerung der Eisen mit Beton von grösster Bedeutung; Minimum 2 cm Ueberlagerung, auch der Bügel, muss vorhanden sein. Richtige Befestigung und Erstellen steifer Gerippe vor dem Betonieren durch Einziehen von Bügeln und richtiges Binden ist wirtschaftlicher als ständige Fürsorge für die richtige Lage schlecht verlegter Eisen während der Betonierarbeit. Besondere Sorgfalt gebührt den Säulen, die bei Hochbauten die Standfestigkeit wesentlich bestimmen.

3. *Betonqualität.* Hauptsächlichste und ständige Gefahrenquelle ist und bleibt die Dosierung und Verarbeitung des Beton, und dabei in erster Linie die Verwendung eines Ueberflusses an Wasser. In zweiter Linie kommt die Verwendung eines Kiessandes mit viel zu grossem Sandgehalt. Auch durch die Verwendung hochwertiger Zemente sind diese Fehler nicht gut zu machen. Oft hört man auch von der absolut falschen Verwendung von Schnellbinder-Zement, der überhaupt von der Verwendung im Eisenbetonbau ganz auszuschalten ist. Zu grosser Feinsandgehalt kann durch Waschen verhütet werden. Das Verhältnis von Sand zu Kies muss korrigiert werden können, am besten durch An-

²⁾ Vgl. „S. B. Z.“ Bd. 94, Seite 63* (10. August 1929).

³⁾ Vgl. „S. B. Z.“ Bd. 93, Seite 105* (2. März 1929).

⁴⁾ Vgl. „S. B. Z.“ Bd. 83, Seite 241 (24. Mai 1924).

lieferung von Sand und Kies getrennt; die Kieslieferanten müssen sich eben auf diese neue Forderung einstellen. Die neuen Eisenbetonvorschriften, die sich in Vorbereitung befinden, gestatten für „Qualitätsbeton“ höhere zulässige Beanspruchungen. Ausführungsfehler des Beton werden nie durch die Armaturen aufgewogen, dagegen kann in geringem Umfang ein sehr guter Beton Fehler in der Armatur überbrücken.

Betonieren bei Frost verlangt besondere Vorsicht, wie Verwendung nicht gefrorener, am besten vorgewärmter Materialien, Kies, Sand, Wasser, Schutz des frischen Beton gegen Frost und Wind. Die Verwendung von Frostschutzmitteln und Salz ist nicht zu empfehlen, weil sie sowohl die Festigkeit herabsetzen, als auch auf die Dauer für die Eisen schädlich sind. Der Zusatz von 5 % Salz zum Anmachwasser vermindert die Festigkeit um 30 %, setzt aber die Gefrieretemperatur nur um 3 Grad herunter.

4. *Das Einbringen des Beton.* Grösste Dichtigkeit und vollständiges Einhüllen der Eisen namentlich als Rostschutz sind Grundbedingungen. Materialtrennungen müssen vermieden werden. Zu lange Betonierungsunterbrüche zwischen Trägern und Platten, sowie falsche Anordnung in den Rippen selbst, sind an der Tagesordnung, auch dort, wo nicht reichliche Bügel und Eiseneinlagen die Stellen maximaler Schubbeanspruchung überbrücken. Nachbehandlung durch reichliches Feuchthalten zur Erhöhung der Festigkeit und Verminderung des Schwindens wird oft zu wenig gründlich durchgeführt, oft sogar ganz unterlassen.

5. *Das Ausschalen.* Der Moment des Ausschalens ist vielleicht der kritischste Moment für das Bauwerk, denn es ist dabei am empfindlichsten gegen Ueberlastung. Gerade hier bewirkt die Hast des heutigen Bauens grösste Fehler und daraus folgend hohe Reparaturkosten und mehr oder weniger schwere Einstürze. Die Verwendung von Spezialzement schützt nicht gegen Verwässerung des Beton und schlechte Zusammensetzung des Kiessandes; deswegen schützt auch seine Verwendung allein nicht gegen Ueberlastungen beim Ausschalen. Die Vorschriften für das Ausschalen enthalten den nötigen Spielraum für den Fall, dass zufälligerweise einmal eine etwas geringere Festigkeit als 150 kg/cm² vorhanden ist. Niedrigere Festigkeiten, als dort vorgesehen, kommen sehr häufig vor, hauptsächlich im Hochbau wegen Verwässerung. Hier werden sie bei den geringen Abmessungen viel gefährlicher, und gerade hier haben wir das unverantwortliche Drängen auf die kurzen Baetermine.

Hierher gehört auch die Erwähnung der Unsitte, frisch ausgeschaltete Decken mit allen möglichen Baumaterialien zu belasten. Die gewöhnliche Ausrede, die Belastung den Wänden entlang schade nichts, ist falsch, weil sie nicht berücksichtigt, dass bei dieser Belastung gerade die Schubspannungen in den kleinen Rippenquerschnitten gefährlich werden.

6. *Belastungsproben.* Die gewöhnlich ausgeführten Probelastungen sind zwecklos und gleichen einer Komödie, die nur den Zweck hat, zu beweisen, dass der belastete Bauteil unter dieser Belastung nicht zusammenbricht, oder dass die gemessene Einsenkung geringer ist als die berechnete; beide Beweise lassen keinen Schluss zu auf die effektiv vorhandene Sicherheit, weil sie keinen Einblick geben in das elastische Verhalten der Konstruktion. Mit einigen Durchbiegungsmessungen ist das Kräftespiel nicht zu erfassen, da damit die Lastverteilungen, die Einflüsse der Einspannung, der variablen Trägheitsmomente und der variablen Elastizitätszahl nicht berücksichtigt werden können. Gerade oft vorhandene, gefährliche Schubrisse in den schmalen Rippen der Rippendecken können dabei nicht festgestellt werden. Nur genaue Messungen können

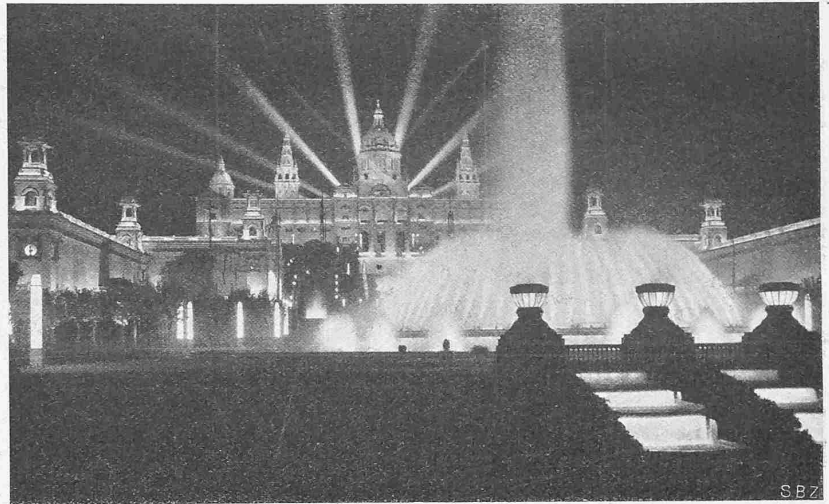


Abb. 1. Der spanische Nationalpalast in Barcelona bei Nacht.



Abb. 2. Die grosse Leuchtfontaine vor dem Nationalpalast.

Erfolg haben, und diese Messungen müssen durch Spezialisten, die in der Handhabung der Apparate und die Messmethoden bewandert sind und genügende Messerfahren besitzen, einwandfrei ausgeführt werden.

Wir alle kennen die grossen inneren Sicherheiten, die der Eisenbeton besitzt, wenn er durch Spezialisten einwandfrei projektiert und ausgeführt ist. Unser Kampf hat allen denen zu gelten, die den Eisenbeton kompromittieren, sei es durch Mangel an Kenntnissen, sei es durch schlechte Ausführung. Bauherren und ihre fachmännischen Berater, die Architekten, müssen die Auswahl unter den Unternehmern nach diesen Gesichtspunkten vollziehen. Unternehmer, die nicht selbst dazu fähig sind, haben sich durch erfahrene Ingenieure bei der Projektierung beraten zu lassen, und die Ausführung unter deren Aufsicht zu stellen. Dazu gehört auch die allseitige Unterstützung im Kampf gegen die Schmutzkonzurrenz und im Kampf gegen die — es sei nochmals betont — widersinnige Abkürzung der Baetermine.

Auch an den Unternehmern ist es, den guten Willen zu zeigen, die Betonqualität zu verbessern, und sich den notwendigen Baukontrollen, die im übrigen auf das absolut notwendige Mass herabgesetzt werden sollen, zu unterziehen.

Vom Schweizerischen Baumeisterverband sollte zusammen mit dem S. I. A. eine gemeinsame Vertrauensstelle geschaffen werden, die alles Material von Bauunfällen und Misserfolgen in der Ausführung von Eisenbetonarbeiten sammelt, verarbeitet und der Allgemeinheit, selbstverständlich unter Wahrung voller Diskretion, zur Verfügung stellt. Für Unternehmer und Ingenieure wichtige Mitteilungen der gesamten Fachzeitschriften sollten ebenfalls von einer Zentralstelle gesammelt, verarbeitet und den Interessenten zur



Abb. 3. Der anlässlich der Weltausstellung in Barcelona erbaute Nationalpalast. Architekten Cendoya und Catà.

Kenntnis gebracht werden. Ausserdem müssen genaue Messungen an ausgeführten Bauwerken in erhöhtem Masse zur Durchführung kommen.

Dringend ist sodann die Mitwirkung der Bauherren und Architekten, die von der Ueberzeugung ausgehen muss, dass die Ausführung von Eisenbetonarbeiten eine Vertrauenssache ist. Die Architekten machen sich keinen Begriff von den Schwierigkeiten, die „die (sogenannt! Red.) moderne Architektur-Akrobatik mit ihren aufgelösten Grundrissen, grossen Ausladungen, Wand- und Pfeilerübersetzungen usw. bringen, und selbst harmlose Bauwerke häufig zu heiklen Konstruktionsgebilden machen, die umfangreiche statische Untersuchungen erfordern“ (Schmidtman, Stuttgart). Hierher gehört auch die Erwähnung der oft vom Architekten verlangten zu geringen Konstruktionshöhen. Diese Höhen sind bestimmt durch die Eigenschaften des Baustoffes und statische Rücksichten, und sind einzig und allein durch den Ingenieur festzulegen. Die Ausarbeitung der statischen Berechnungen und die Aufstellung der Detailprojekte benötigt bei Eisenbetonbauten eine ungleich grössere Summe von Arbeit, insbesondere wenn die wirtschaftlich günstigsten Abmessungen bestimmt werden müssen. Deshalb bringen die ewigen Aenderungen, die dem Ingenieur vom Architekten zugemutet werden, nicht nur eine bedeutende Mehrarbeit, sondern auch eine Unstetigkeit und Unsicherheit in den Baubetrieb, die vermieden werden kann und muss.

Nur durch verantwortungsbewusstes *Zusammenarbeiten* von Bauherr, Architekt, Ingenieur und Unternehmer, kann der Eisenbetonbau einer weitem Entwicklung ohne Rückschläge entgegengehen.

F. F.

Barcelona, die Stadt des Lichtes.

Seit Barcelona die Internationale Ausstellung eröffnet hat, die in einem bis heute nicht gesehenen Lichtaufwand auf weite Entfernung ihre strahlende Gegenwart ankündigt, ist der Titel „Ville Lumière“ auf die schöne Mittelmeerstadt übergegangen. Es dürfte die Leser der „S. B. Z.“ interessieren, etwas hinter die Kulissen blicken und anhand einiger technischer Angaben vernehmen zu können, wie diese leuchtenden Wasserspiele, wie diese feenhaft wirkende, indirekte Bestrahlung des Nationalpalastes eigentlich bewerkstelligt werden.

Die grosse Leuchtfontaine (Abb. 1 und 2) ist eine grosszügige Anwendung der elektrischen Fernbetätigung mittels Relais und Schützen, um möglichst viele Variationen

von Wasser-, Licht- und Farbenspielen zu erreichen. Die Fontaine ist in Eisenbeton hergestellt und besteht aus drei konzentrischen Becken in verschiedener Höhe. Die beiden innern Becken enthalten kreisförmige Röhren, die durch Düsen von verschiedener Form und Grösse das Wasser nach aussen spritzen. Im äussern Becken sind zwanzig einzelne Wasserspiele angeordnet. Die Fontaine ändert ihre äussere Form je nach der Zahl der speienden Düsen, dem Wasserdruck und der Einstellung der Regulierungsorgane. Praktisch ist die Zahl der möglichen Kombinationen eigentlich unbeschränkt. Durch 44 mit Fernsteuerung versehene Wasser-

ventile, von denen einige 0,5 m Durchmesser haben, wird die Aenderung der Wasserspiele bewirkt.

Der unterirdische Hohlraum ist für die Unterbringung der Pumpengruppen, Transformatoren, Schaltanlagen, Farbentrommeln nutzbar gemacht worden. Die Betätigung der Wasserspiele kann sowohl von diesem Raum aus als auch von einer entfernt und hochgelegenen Kommandostelle aus geschehen. Vier Pumpen von je 265 PS, entsprechend einer Fördermenge von je 500 l/sec bei 25 m Förderhöhe, und eine von 125 PS erzeugen den nötigen Druck. Durch Parallel- und Serieschaltung je zweier Pumpen kann eine Hubhöhe von 50 m bei einer Wassermenge von 1000 l/sec erzielt werden.

Die Bestrahlung des Wassers geschieht mittels 111 drehbaren fünfseitigen Trommeln, die mit farbigen Glas tafeln versehen sind. In jeder dieser Trommeln sind feste Reflektoren angebracht — insgesamt 756 — jeder von ihnen mit einer Lampe von 3000 Kerzen versehen. Es werden also in diesen Trommeln insgesamt über rund 2 1/4 Millionen Lichtkerzen verfügt, was eine Leistung von rund 1100 kW darstellt. Ausserdem gelangen zehn Reflektoren mit Bogenlicht von je 60 Amp. zur Verwendung, und für die Kaskaden von den obern Becken zum untern Becken 2225 Röhrenlampen von je 1000 Watt Verbrauch. Die Gesamtstärke aller Lichtquellen dieser Anlage beträgt, auf Parabolspiegelreflektoren bezogen, viele Millionen Kerzen. Jede Trommel wird durch einen besondern Motor bewegt, der durch Relais und Schütze betätigt wird. Im ganzen sind etwa 700 Relais und 180 Schützen eingebaut.

Ein derart kompliziertes System erforderte naturgemäss eine gewaltige Länge von Kabeln; für die Kommandoanlage sind etwa 32000 m verlegt worden.

Die Fassaden- und Kuppelbeleuchtung des Nationalpalastes, der gewissermassen die Ausstellung krönt (Abb. 1 und 3), lässt die gesamte Vorderfassade in wechselnden Farben erstrahlen. Durch die grossen Abmessungen des Palastes und die Lichtstärke der wechselnden Bestrahlung ist diese Anlage ohne Zweifel die bedeutendste der bisher ausgeführten. Diese gewaltige Arbeit wird von einer Batterie von nicht weniger als 904 Scheinwerfern verrichtet, die rund 232 kW bei weisser und gelber, 272 kW bei roter und 304 kW bei blauer Bestrahlung verbrauchen. Die Länge der erforderlichen Kabel beträgt 22000 m, an und auf dem Palast verlegt, was dem bauleitenden Architekten, der bei der Projektierung nicht mit diesen Extrabelastungen seiner Hauptgesimse gerechnet hatte, nicht wenig Kopferbrechen verursacht hat.