

INHALT: An die Leser der Schweizerischen Bauzeitung. — Das „Z-Haus“ in Zürich, ein Geschäfts- und Wohnbau mit Kino und Garage. — Der Einfluss hoher Umfangsgeschwindigkeiten auf den Wirkungsgrad von Luftschrauben. — Weiteres zum Kapitel Berufsmoral. — Mitteilungen: Betriebsunfall an der Schauinsland-

Schwebbahn. „Der internationale Rhein.“ Eidgenössische Technische Hochschule. Turbinenlokomotive ohne Kondensation. Von den oberitalienischen „Autostrade“. — Wettbewerbe: Ausgestaltung der Seeufer in Rorschach. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 101

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 1

## An die Leser der Schweizerischen Bauzeitung.

In der Absicht, zur Erhaltung der Kontinuität in der Leitung der S. B. Z. nach den Grundsätzen ihres Gründers bei Zeiten das Nötige vorzukehren, habe ich meinen ältesten Sohn, **Werner Jegher**, dipl. Bauingenieur der E. T. H., der seit Jahresfrist als ständiger Mitarbeiter Gelegenheit hatte sowohl sich mit der Art unserer Arbeit vertraut zu machen als auch seine Eignung zu erweisen, in die Redaktion aufgenommen, wovon ich die Leserschaft bitte Kenntnis nehmen zu wollen.

Unser neuer Mitredaktor hat, mit Unterbrechungen durch Praxis und Militärdienst, von 1919 bis 1925 an der E. T. H. studiert, im Brückenbau diplomiert, hernach hauptsächlich in Frankreich praktisch gearbeitet, zuerst im Eisen- und Eisenbeton-Hochbau, dann im Wasserbau in Marseille und Toulon, schliesslich im Hauptbureau der A.-G. Conrad Zschokke in Genf, in deren Auftrag er u. a. die Widerlager und Flusspfeiler am Rheinsteg des Kraftwerks Albruck-Dogern als örtlicher Bauleiter ausführte. Er ist zahlreichen, namentlich den jüngern Kollegen in G. E. P. und S. I. A. persönlich bekannt; es ist dies deshalb von besonderem Wert, weil wir uns stets bewusst bleiben, dass wir unsere Aufgabe an der Leitung des Vereinsorgans nur in engem Kontakt nicht bloss mit den Professoren der E. T. H., sondern ebenso sehr mit unsern Kollegen der Praxis und mit ihrer tatkräftigen Unterstützung und Mitarbeit richtig erfüllen können. Dies ist und bleibt auch weiterhin das Bestreben der verstärkten und verjüngten Redaktion, und in diesem Sinne bitte ich, unserem Kollegen bezeugen zu wollen.

Zürich, den 1. Januar 1933.

Der Herausgeber der Schweizer. Bauzeitung  
**Carl Jegher.**

### Das „Z-Haus“ in Zürich, ein Geschäfts- und Wohnbau mit Kino und Garage.

Von Dipl. Ing. CARL HUBACHER und Dipl. Arch. RUD. STEIGER, Mitarbeiter Dipl. Arch. ROBERT WINKLER, Zürich.

**Situation:** Die Hauptschwierigkeiten für eine systematische Planung des Gebäudekomplexes lagen in den sehr komplizierten Parzellengrenzen und in einer ursprünglich schematischen Führung der Baulinie, die keine Rücksicht auf eine rationelle Aufschliessung der zwischen den Strassen liegenden Baugrenze nahm. Im Verlaufe der Projektierung konnten die Verhältnisse dadurch etwas verbessert werden, dass ein Gesuch um Ausrundung der Bauflucht am stumpfen Winkel Badener-Bäckerstrasse bewilligt wurde (Abb. 1). Die bekannten Nachteile einer Randblock-Bebauung wurden dadurch vermieden, dass man an der Badener-Bäckerstrasse einen einfachen Bureau-trakt mit sechs Geschossen, auf dem übrigen Teil des Grundstückes einen niedrigen Saalbau und an der Ecke Rebasse-Müllerstrasse ein wiederum unabhängiges vierstöckiges Gebäude errichtete; als Kompensation gestattete die Baupolizei eine etwas intensivere Hofbebauung.

**Organisation:** Die drei, mehr oder weniger selbstständigen Gebäudekörper sind wie folgt organisiert: Bureauhaus mit Läden im Parterre und Kleinwohnungen im Dachgeschoss. — Kinosaal mit Nebenräumen; unter dem Kinosaal eine Garage für 35 Wagen. — Restaurant mit Kleinwohnungen und Ateliers.

#### DAS GESCHÄFTSHAUS.

Massgebend für die Organisation dieses Gebäudeteiles war der Säulenabstand von 6,75 m. Dieses Mass ergibt sowohl eine günstige Breite für Verkaufsläden, sowie auch eine gute Einheit für die Wohnungen im Dachgeschoss. Nach Süden können Bureaux von einer halben Axe abgeteilt werden, das heisst mit einer Breite von 3,37 m (2 Arbeitsplätze am Fenster), nach Norden Drittel-Axen von 2,20 m Breite (1 Arbeitsplatz am Fenster). Es entsteht dadurch eine grosse Beweglichkeit in der Unterteilung der Bureaufläche. Die halbe Axe ergibt ein Fenster von 3,0 m, was für ein seitliches Schiebefenster mit zwei festen und zwei beweglichen Teilen ein Maximum bedeutet (Armlänge für Reinigung!).

Zur bessern Ausnützung der für den Kinosaal zur Verfügung stehenden Fläche, zur direkten Abfangung des Dachgeschosses und um möglichst viel Licht in die Arbeitsräume zu erhalten, wurden die Säulen hinter die Front zurückgesetzt. Die Auskragung wurde so gewählt, dass statisch günstige Verhältnisse entstehen und dass auch die Möblierung des Raumes nicht beeinträchtigt wird (Schreibtisch zwischen Brüstung und Pfeiler).

Das Ladengeschoss ist 7 m hoch (abhängig von der Höhe des Kinosaales) und mit einer Schaufenster- und einer Ladengalerie unterteilt (Abb. 2 bis 4). Die Wohnungen im Dachgeschoss liegen an einem gedeckten Aussengang, der die vorgeschriebene Rückstaffelung des sechsten Geschosses ausnützt; die nach dem Aussengang gelegenen Zimmer sind über dessen Dach direkt entlüftet. Die Wohnungen haben teilweise Kochnischen, ebenfalls mit Entlüftung über dem Dach, nach der Südseite hin eine 2 m breite Terrasse (Abb. 19 bis 21, S. 5). Auf dem Dach des Bureauhauses

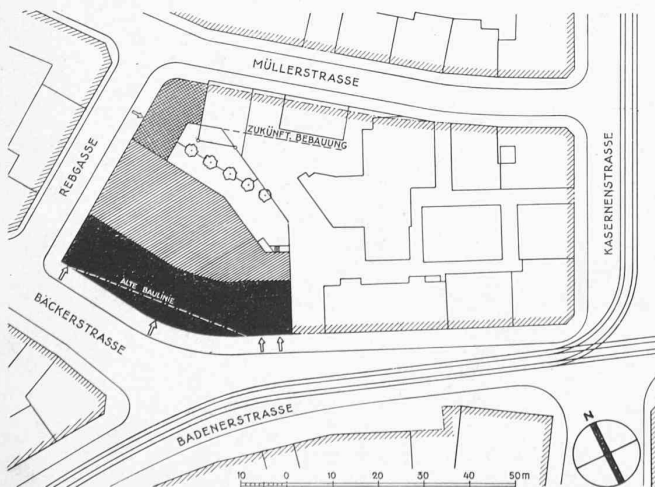
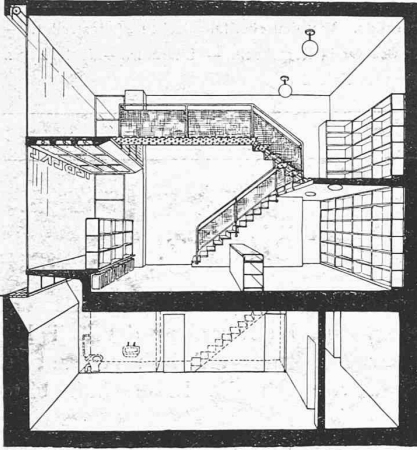


Abb. 1. Lageplan 1:1500. — Schwarz Geschäftshaus, einfach schraffiert Kino.

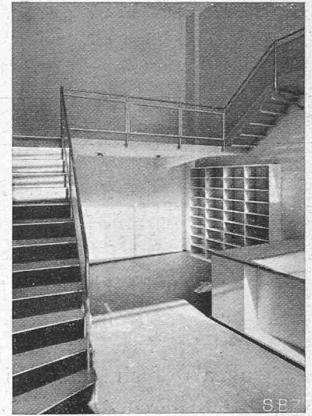
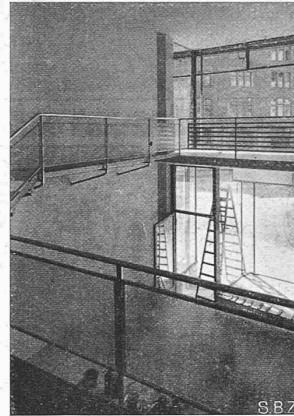


### DAS „Z-HAUS“ IN ZÜRICH.

Hubacher & Steiger,  
Ingenieur- und  
Architekturbureau  
Zürich.

Abb. 3 und 4 (rechts).  
Ladenraum gegen  
aussen und gegen  
innen gesehen.

Abb. 2. Schnitt und  
Perspektive eines Ladens  
mit zugehörigem Keller.



liegt, vom mittlern Treppenhaus aus zugänglich, ein Dachgarten mit Wasserbassin, Douche und Garderobe, eine Einrichtung, die sich im vergangenen Sommer als Aufenthaltsort für Angestellte in der Mittagspause bereits gut bewährt hat (Abb. 22).

#### DAS KINOGEBAUDE „ROXY-KINO“.

**Eingang:** In der Breite einer Ladenaxe von der verkehrsreichen Badenerstrasse her; die Kasse liegt in der Mitte des Besucherstromes (Abb. 16, S. 4). Die Garderobe trennt die beiden Eingänge in den Kinosaal, der etwas über 1000 Personen fasst. Durch Verzicht auf eine Galerie werden unerwünschte Verkehrstauungen auf den Galerietreppen vermieden, ferner wird dadurch der Einfallswinkel des Projektionsstrahles günstig und der relativ niedrige Raum erhält angenehmere Proportionen (Abb. 17 und 18, S. 5). Dies zeigt sich vor allem in den guten akustischen Verhältnissen.

Ueber *Bühne*, Hinterbühne, Garderobenräume usw. orientiert der perspektivische Schnitt Abb. 11 sowie Abb. 12 und 13 auf S. 4.

**Der Vorführungsraum** erstreckt sich über die ganze Breite des Saales und hat einen direkten, separaten Zugang von aussen (Abb. 12 und 15, S. 4). Ein moderner Vorführungsraum ist kaum mehr zu vergleichen mit den früheren Operateurräumen, sondern kann eher einem Maschinenraum gleichgestellt werden. In seiner Einrichtung muss zwischen zwei Gruppen von Apparaten unterschieden werden: Stromlieferungs- und Umformerapparate (Umformer, Transformer, Akkumulatorenbatterie, Widerstände, Zentralschalttafel) und eigentliche Vorführungsapparatur, bestehend aus den beiden Filmprojektionsapparaten mit den Tonfilmansätzen, zwei Bühnenscheinwerfern, einem Verfolgungsscheinwerfer, einem Reklamediapositivapparat, einem Apparat zur Uebertragung von Schallplattenmusik, der Verstärkeranlage für die Tonfilmanlage, dem Regler für die Saalbeleuchtung und sämtlichen Schutz- und Signalvorrichtungen. Die Vorführungsapparatur ist so mit der Stromlieferung verbunden, dass bei Stromunterbruch im städtischen Netz vollauto-

matisch die Weiterführung des Betriebes während über vier Stunden erfolgt. Der Kinokabine wurde ausserdem noch ein *Besprechungsraum* (Studio) angefügt, von dem aus Vorträge, Originalmusikdarbietungen usw. auf die Lautsprecher übertragen werden können. — Als kinotechnischer Berater für Kabine und Bühne stand der Bauleitung Herr F. Oberhollenzer zur Seite.

Für die *Raumakustik* des Saales kommen als Hauptschallquelle die Lautsprecher, die auf die Rückseite der Bildleinwand aufmontiert sind, in Betracht; in zweiter Linie sind die zur Wiedergabe von Schallplattenmusik und Uebertragung aus dem Sprechraum bestimmten seitlichen Lautsprecher zu berücksichtigen. Der Berater für die Raumakustik, Ing. F. M. Osswald, ordnete auf Grund seiner Berech-

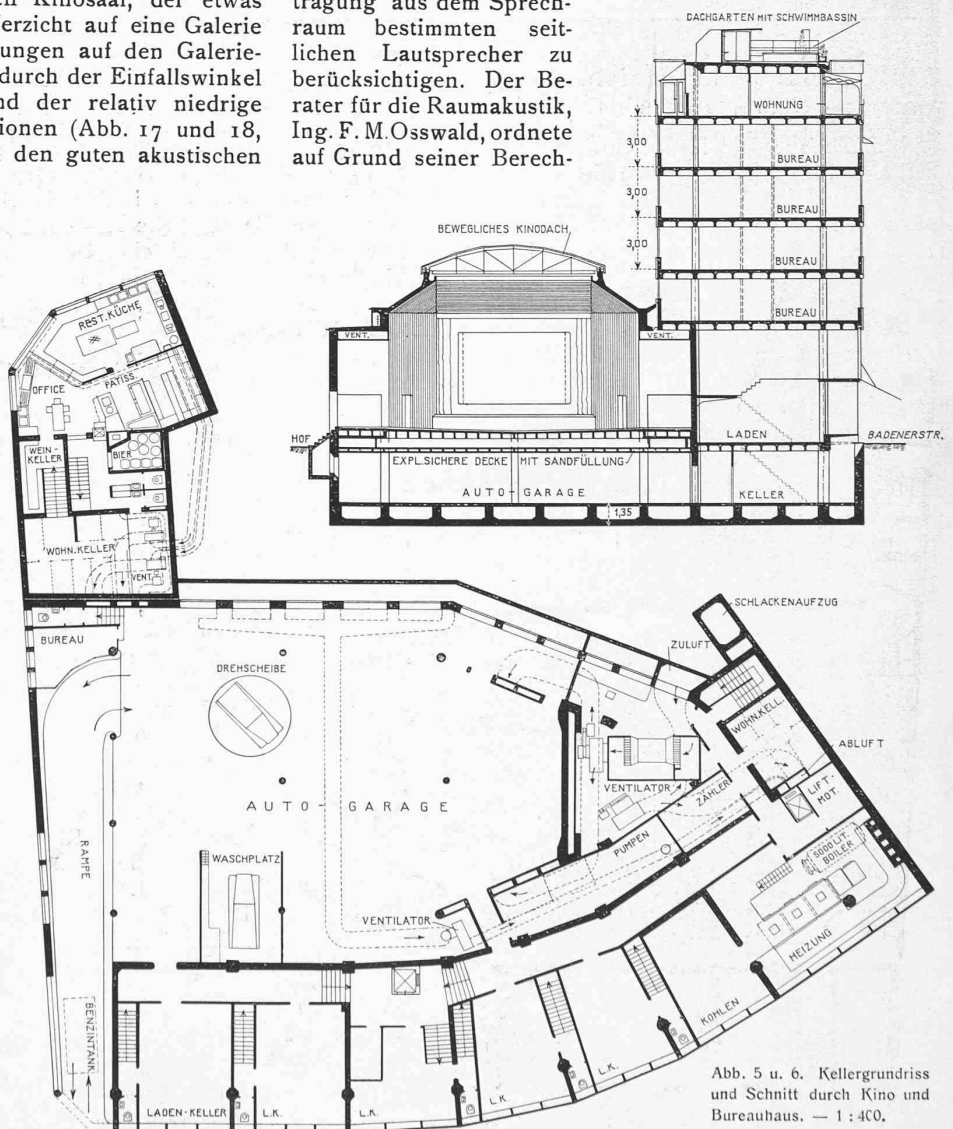


Abb. 5 u. 6. Kellergrundriss  
und Schnitt durch Kino und  
Bureauhaus. — 1:400.





Abb. 8. Ecke Müllerstrasse-Rebgasse.

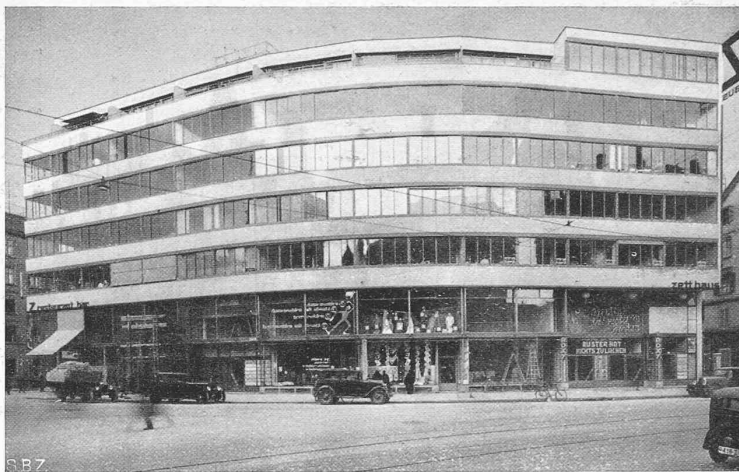


Abb. 7. Hauptfront gegen Bäcker- und Badenerstrasse, rechts der Kino-Eingang.



Abb. 10. Eingang zum Roxy-Kino.

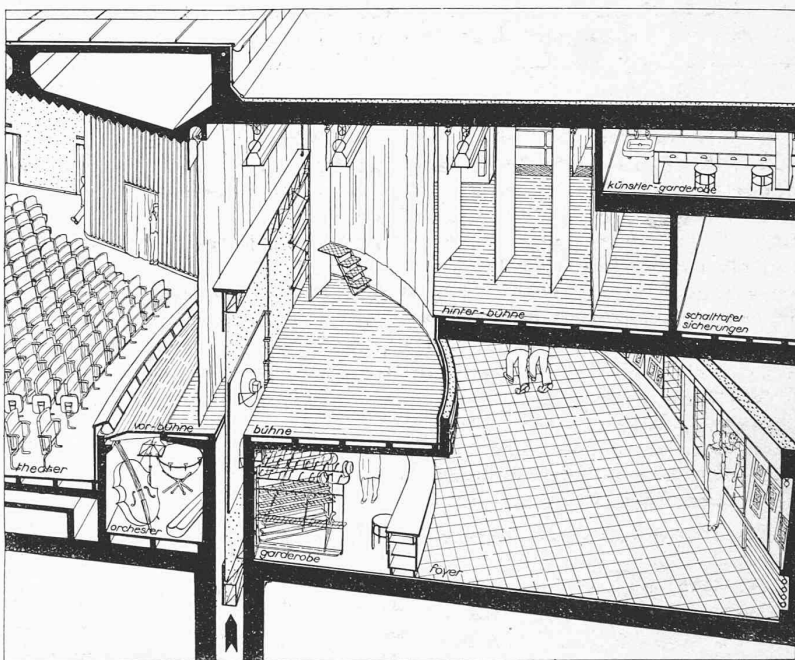


Abb. 11. Perspektivischer Schnitt durch Kino-Bühne und Foyer.

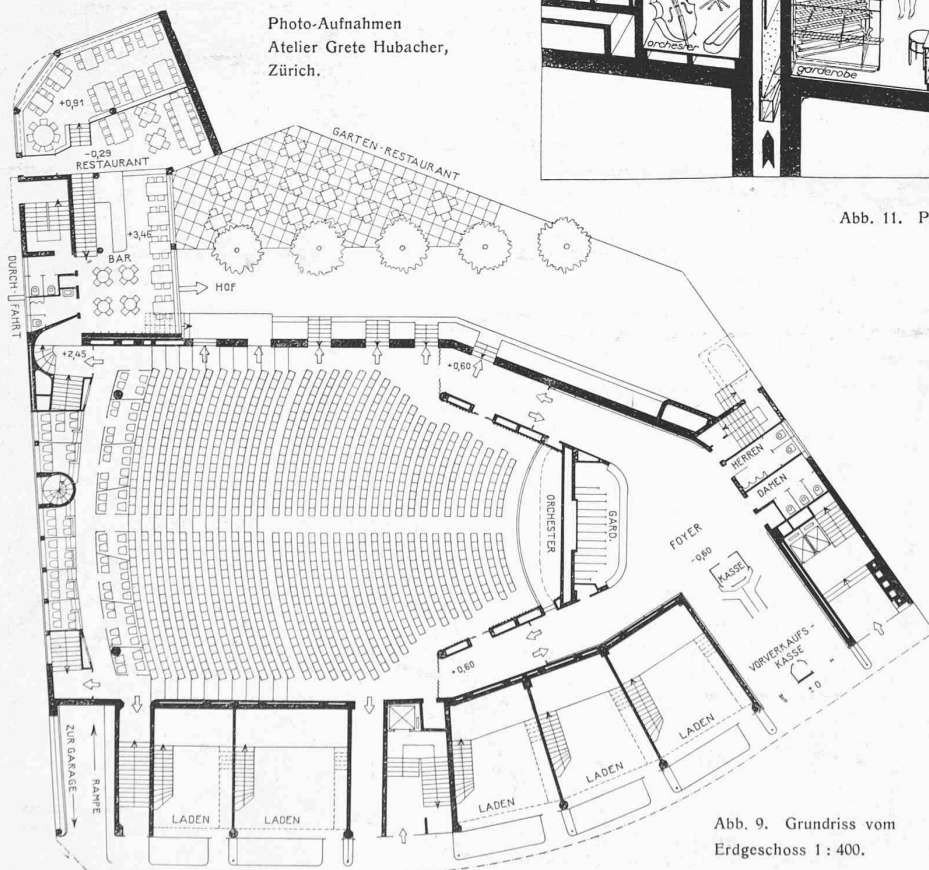


Abb. 9. Grundriss vom Erdgeschoss 1 : 400.

nungen an den schrägen Deckenteilen eine Verkleidung mit gelochten Celotexplatten an. Zusammen mit der gepolsterten Kinobestuhlung, den Vorhängen und den mit Stoff bespannten Logenwänden ergab sich eine sehr günstige Nachhalldauer. Die Akustik des Saales kann als einwandfrei bezeichnet werden, und zwar bei geschlossener, wie bei offener Dachöffnung. Dieses gute Resultat ist vor allem auf die günstigen räumlichen Verhältnisse zurückzuführen; vorteilhaft ist auch die prismatisch gebrochene Glasunterseite des Schiebedaches und die kleine Riffelung der Trichterwände seitlich der Bildleinwand. Diese Riffelung wurde allerdings nicht aus akustischen Gründen vorgesehen, sondern um die Reflexwirkungen des hellen Saales auf das

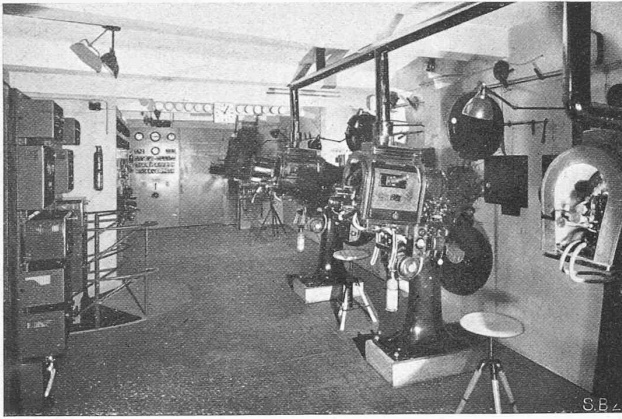


Abb. 15. Vortührungsraum (Operateur-Kabine) des Roxy-Kino.



Abb. 16. Eingangshalle und Kasse des Roxy-Kino.

Bild zu vermeiden. Die gegen das Bild gewandte Seite der Riffelung ist schwarz gestrichen.

Die *Ventilation* erfolgt durch zwei Vorrichtungen:

1. Die mechanische Lüftungs- und Luftkonditionierungsanlage, System Carrier (durch Delva A.-G. ausgeführt). Die Wirkungsweise dieser ersten Anlage ihrer Art in der Schweiz besteht darin, dass durch eine grosse Anzahl Düsen an der Rückwand des Saales die konditionierte Luft mit rd. 12 m/sec Geschwindigkeit eingeblasen wird. Der Luftstrom reisst injektorartig die Luft des Saales mit, verliert seine Geschwindigkeit, fällt vorn vor dem Bühnenvorhang nach unten und kommt als schwacher Luftstrom von etwa 0,5 m/sec den Insassen des Saales entgegen, um schliesslich hinten im Saale durch Abzugsöffnungen unter den Sitzreihen abgesogen zu werden. Diese Art der Ventilation hat den grossen Vorteil, dass eine intensive

Mischung der in den Saal geblasenen frischen Luft mit der Saalluft entsteht; dies ist besonders wichtig bei Kühlung des Saales. Bei Lüftungen mit kleiner Austrittsgeschwindigkeit kommt es leicht vor, dass die kühle Luft von Austrittsöffnungen lokal auf die darunter befindlichen Sitzreihen herunterfällt und dadurch zu Zugbelästigung Anlass gibt. Da man ausserdem einen von vorn auftreffenden Luftstrom bedeutend weniger als Zugscheinung empfindet, als einen seitlich auftreffenden, so kann die Ventilation als zugfrei angesprochen werden. Die Luftkonditionierung geschieht vollautomatisch durch Thermometer mit Druckluftsteuerung auf Frischluft- und Umluftklappen. Durch Aufwärmung oder Abkühlung vor oder nach der Berieselung wird auch der Feuchtigkeitsgehalt automatisch konstant gehalten.

2. Die bewegliche Dachöffnung. Die Ueberdachung eines mittlern Feldes von  $8 \times 15$  m kann seitlich wegge-

Abb. 12. Bureau-Geschoss, Grundriss.  
Masstab 1 : 400.

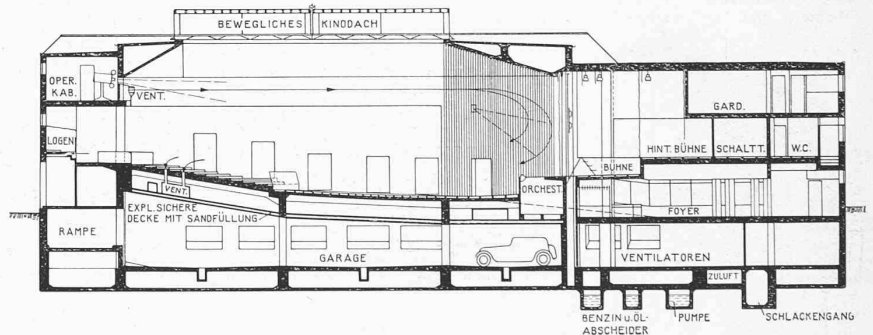
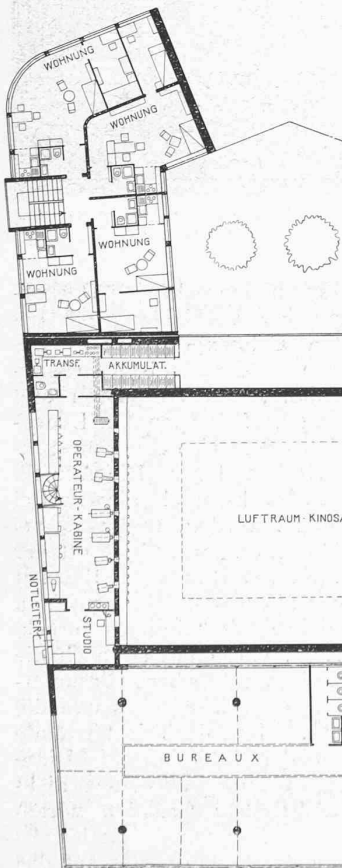


Abb. 13. Roxy-Kino-Längsschnitt 1 : 400.



Abb. 14. Das „Z-Restaurant“ (gegen den Hof).



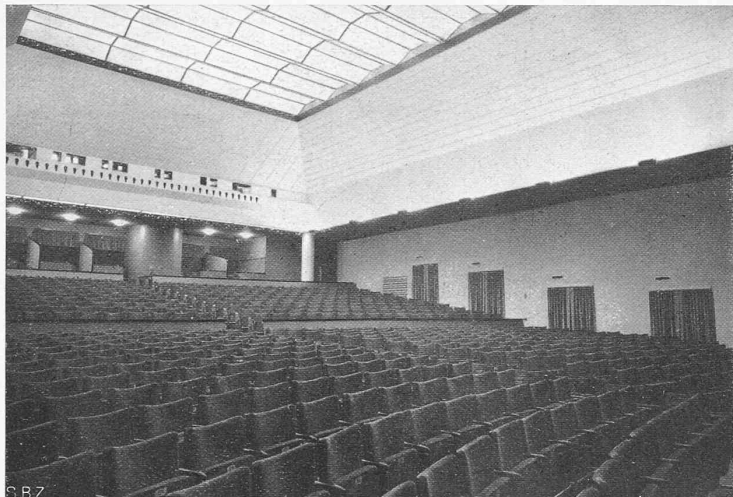


Abb. 17. Zuschauerraum des Roxy-Kino im Z-Haus, gegen hinten gesehen.

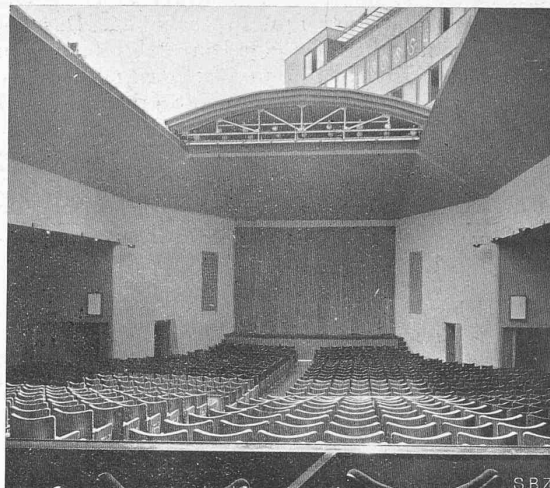


Abb. 18. Blick gegen die Bühne, bei offenem Dach.

schofen werden. Dies ermöglicht an Sommerabenden Vorstellungen unter freiem Himmel. Die Lüftung ist auch an heissen Tagen ausserordentlich kräftig. Durch Arretierung in beliebiger Stellung kann jede Intensität dieser Lüftung erreicht werden. Im Winter wird die mechanische Ventilation durch kurze, kräftige Lufterneuerung durch Oeffnen des Daches in den Pausen sehr angenehm unterstützt.

**Bestuhlung.** Es wurde mit der Möbelfabrik Horgen-Glarus ein Stuhlmodell in Stahl ausgearbeitet, das ausser dem aufklappbaren Sitz auch eine aufklappbare Rücklehne

besitzt. Dadurch entsteht bei nicht besetzten Stühlen eine Durchgangsbreite von über 50 cm, was sich für die rasche Entleerung und auch bei den täglichen Reinigungsarbeiten als sehr angenehm erweist.

#### RESTAURANT-GEBÄUDE.

Die relativ ungünstige Form der Eckparzelle, deren Ueberbauung zur Bedingung der Baubewilligung des Kino-gebäudes gemacht worden war, zwang zur äussersten Aus-nutzung des zur Verfügung stehenden Raumes. Durch die

#### DAS Z-HAUS IN ZÜRICH MIT ROXY-KINO.

Arch. R. Steiger, Ing. C. Hubacher,  
Mitarbeiter Arch. R. Winkler.

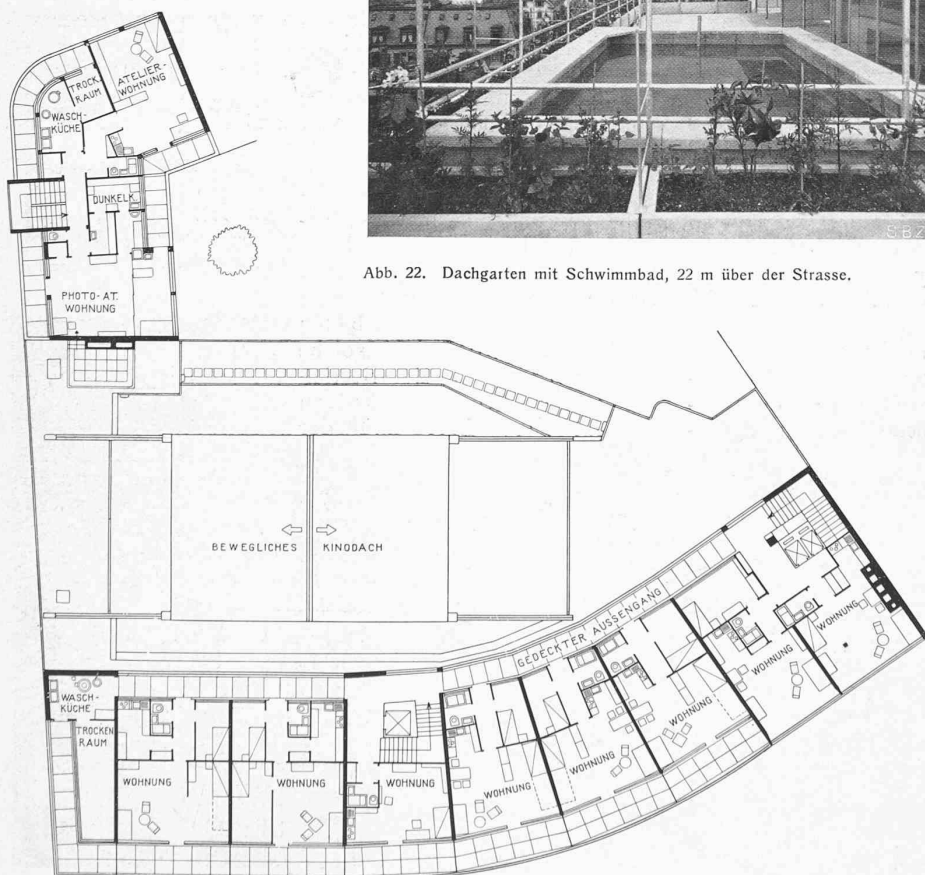


Abb. 19. Grundriss vom Wohnungs-Geschoss mit gedecktem Aussengang. — 1:400.

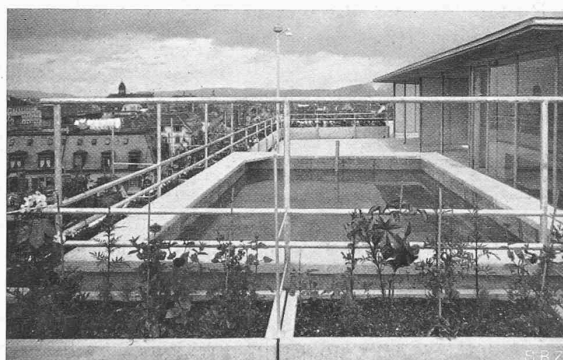


Abb. 22. Dachgarten mit Schwimmbad, 22 m über der Strasse.

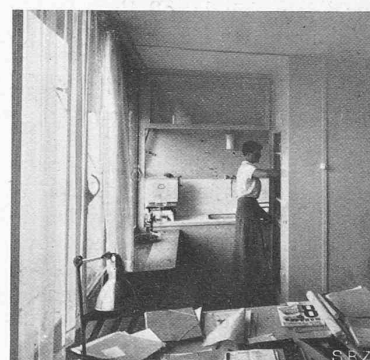


Abb. 21. Blick in eine Kochnische.

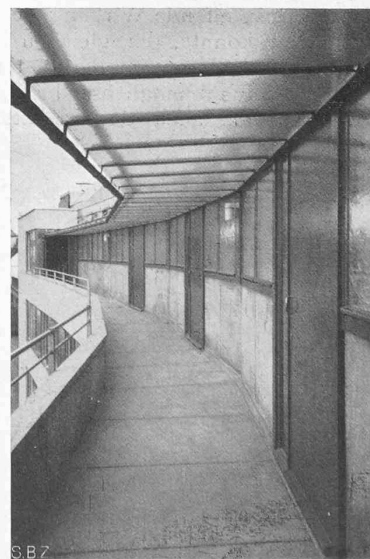


Abb. 20. Aussengang an der Hofseite.

Niveaushöhen im *Restaurant* war es möglich, mehr Sitzplätze (total rund 140) zu gewinnen. Das oberste der drei Niveaus steht über eine Durchfahrt hinweg in direkter Verbindung mit dem Kinosaal; das mittlere Niveau um etwa 1,00 m über der Strassenkote erhöht, ermöglicht eine gute Belüftung und Belichtung der darunter liegenden Küche.

Die *Küche* ist vollkommen elektrisch eingerichtet. Die Konzentration der Räume und Apparate dürfte kaum mehr weiter getrieben werden können, ohne den geordneten Wirtschaftsbetrieb zu beeinträchtigen. Die Ventilationsanlage des Restaurant ist vollkommen getrennt von der Ventilation des Kinos.

Ueber dem Restaurant befinden sich Ein- und Zweizimmer-Kleinwohnungen mit Kochnische und Douschenplatz, sowie zwei geräumige Atelier-Wohnungen.

#### KONSTRUKTION UND MATERIAL.

*Aussenwände* mit Ausnahme der Brandmauer in gehobelten Kunststeinplatten mit angegossener Korkisolation verkleidet. *Fenster* nach Süden und Westen mit Similigras einfach verglaste Eisenschleibfenster, System Jlli (Abb. 42); gegen Norden doppelverglaste, seitliche Holzschleibfenster System Klaus & Mettler. *Dach*: Drei Lagen Spezialpappe mit starker Bekiesung auf Korkisolation; Gefällsbeton durch Gefälle der Dachplatte vermieden. *Decken* in den Bureaux und Wohnungen in 11 mm Celotexpplatten.

#### DIE EFFEKTIVEN BAUKOSTEN.

Die Baukosten auf Grund der Abrechnung betragen pro m<sup>3</sup> umbauten Raum, ohne Anschlüsse, Gebühren, Umgebungsarbeiten und ohne die kinotechnische Einrichtung, Bühneneinrichtung und Restaurant-Inventar, jedoch einschliesslich beweglichem Dach, Kino- Beleuchtung, Schaukasten, Honorare: für Geschäftshaus 79 Fr./m<sup>3</sup>, für Kinogebäude 98 Fr./m<sup>3</sup>, für das Restaurant und die Wohnungen 79 Fr./m<sup>3</sup>.

R. St.

#### Die Durchbildung der Konstruktion.

*Systemwahl: Geschäftshausbau*: Die durch keine Pfeiler unterbrochenen Fensterreihen, die bis an die Unterkante der Decke reichen, bedingen ohne weiteres den Skelettbau mit Innenstützen für diesen Trakt. *Kinosaal*: Die Erfordernisse des Raumprogrammes für das „Tonfilmtheater“ mit seinen Durchdringungen der Verbindungsmöglichkeiten zwischen Eingang, Kasse, Bühnenraum, Artistengarderoben, Toiletten und Nebenräumen, die meistens auf ungleichen Koten liegen, der grosse, stützenlos vorgeschriebene Saal von 20,5 × 30 m mit uneben ansteigendem Boden und mit auf verschiedenen Höhen liegenden Ausgängen, ergaben eine wirtschaftliche Ueberlegenheit eines monolithischen Systems (auf vier Einzelstützen gestellte Eisenbetondachschale) als Tragkonstruktion, das die versteifende Wirkung der Zwischenanschlüsse voll ausnützen konnte. Im gleichen Sinne bestimmend waren sowohl die grossen wandernden Lasten des Dachabschlusses, die einen möglichst biegesteifen Unterbau erforderten, als auch das grösstmögliche Mass an Feuer-



Abb. 23. Atelier-Wohnung im Restaurant-Gebäude.

sicherheit des ganzen Gebäudes (Garage unter Kinosaal). Das *Restaurantgebäude* wurde als normaler Mauerwerksbau ausgeführt, da von Anfang an die Einteilung der Wohnungen festgelegt war.

*Trennung der Gebäudeteile*: Die Bureaux im Geschäftshaus trakt verlangten eine vollständige akustische Isolierung vom Tonfilmtheater mit Lautsprechern und Revuebetrieb. Die Ausdehnung und die gänzlich verschiedene Geschosshöhe der Gebäudeteile, die demnach an einzelnen Punkten wie 1 : 8 gegeneinanderstehenden spezifischen Bodendrücke unter ihnen, liessen überdies ungleichmässige Setzungen der einzelnen Bauteile erwarten. Daraus folgte das vollständige Heraustrennen des Theatergebäudes und seine Abstützung auf ein getrenntes und unabhängiges Fundament. Infolge des gegebenen Bauplatzes mit seiner relativ schmalen und unregelmässigen Form greift der Theatersaal auch in horizontalem Sinne in das Gebäude des Geschäftshaus traktes hinein. Dieses teilweise räumliche Ineingreifen schien zunächst der absoluten Trennung der beiden Gebäude gewisse Schwierigkeiten zu bereiten, die dank der getroffenen Systemwahl überwunden wurden.

Aus den gleichen, oben für das Geschäftshaus genannten Gründen ist das Restaurationsgebäude seinerseits vom Theatergebäude ebenso vollständig abgetrennt worden.

#### GESCHÄFTSHAUS TRAKT.

*Fundation*: Da eine durchgehende Fundamentplatte gleichzeitig mit einer günstigen Lastverteilung einen genügenden Schutz gegen von unten her eindringendes Wasser zu bieten versprach, wurde eine solche Platte vorgesehen. Zur Bestimmung der höchsten zulässigen konzentrierten Last und der

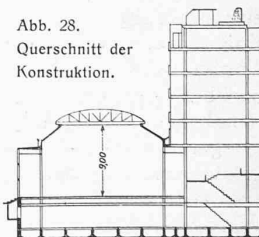


Abb. 28. Querschnitt der Konstruktion.

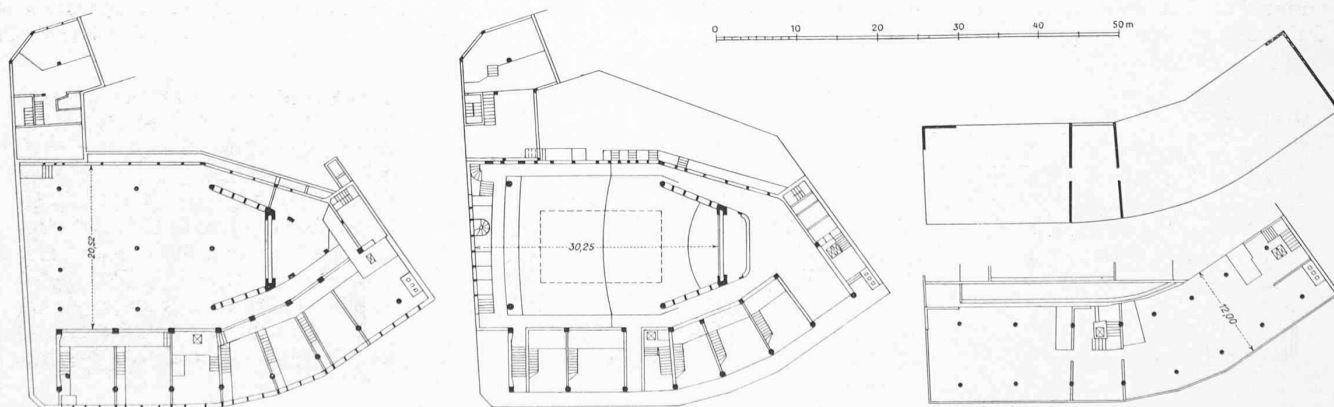


Abb. 24 bis 27. Schema der Konstruktion, Tragglieder schwarz. — 1 : 850. — Keller, Erdgeschoss und Obergeschoss; darüber Schema der Windverbände.



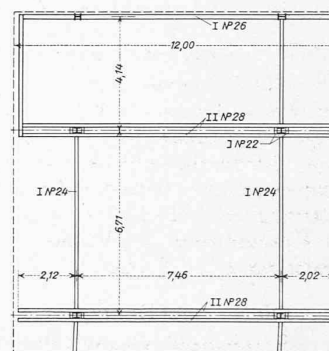
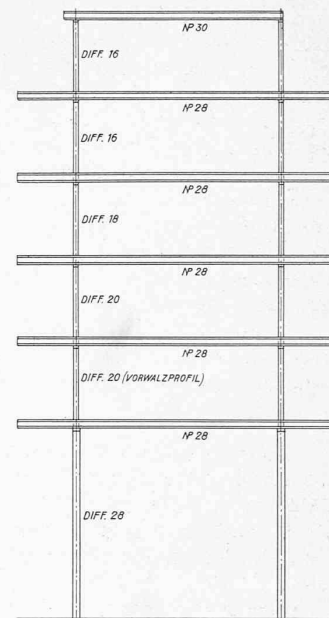
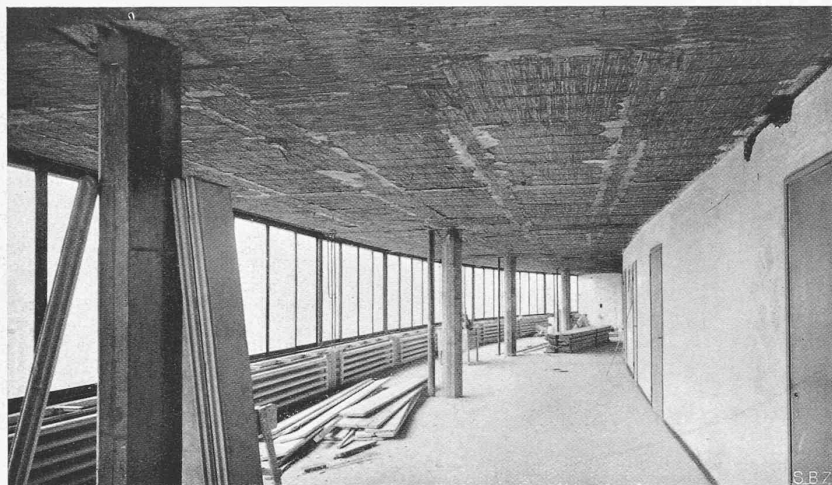


Abb. 34. Stahlskelett, 1 : 250.

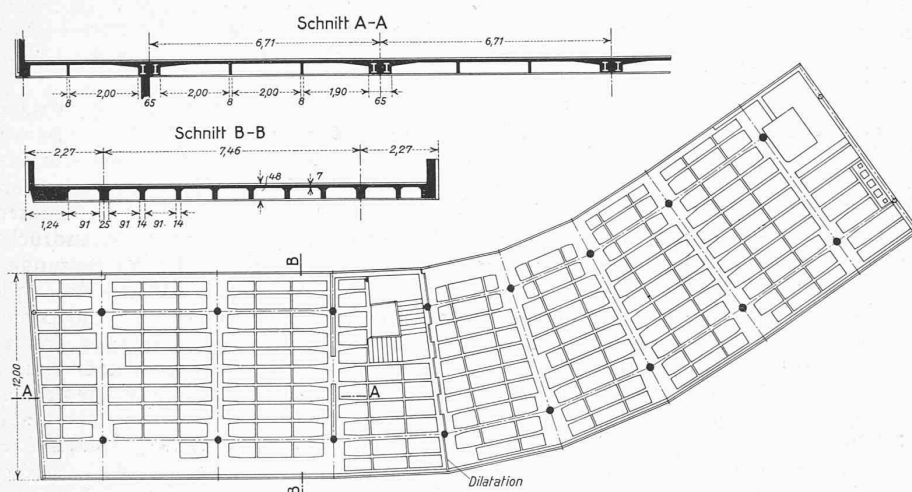


Abb. 32 (oben). Bureau-Geschoss, Innenbild. — Abb. 33. Decken-Grundriss 1 : 400, Schnitte 1 : 200.

dabei zu erwartenden Einsenkung nahm man vor Abbruch der alten Gebäude verschiedene Bodenproben, sowie Belastungsproben und Grundwasserspiegelbestimmungen vor.

Auf Skizze Abb. 29 ist die Lage des Trägerrostes eingezeichnet. Ueber die Oberkante der Fundamentträger sind Ottikerdecken (Eisenbeton-Fertigbalken als Stege mit Tonhohlkörpern dazwischen und armerter Betonplatte darüber gegossen) gelegt (Abb. 30/31; keine verlorene Schalung). Bei der lokal günstigen Tiefe des Grundwasserspiegels konnte von einer Isolierung des Kellerbodens gegen aufsteigendes Wasser abgesehen werden. Zur Ableitung von eventuell durch die Fundamentplatte durchsickerndem Wasser sind die einzelnen Kammern zwischen den Trägern auf der Höhe der Fundamentplatten-Oberkante durch ein Röhrensystem im Gefälle mit dem Pumpensumpf der Garage verbunden. Die durchgehenden Trennfugen zwischen den Gebäuden in den Fundamenten sind nicht gedichtet.

Zur Aufnahme des Erddruckes während der Bauausführung diente eine mit davor gestellten Eisenbahnschienen und DIP-Profilen ausgesteifte und nach hinten verankerte Trockenmauer. Die Trockenmauer diente als äussere Schalung für die endgültige Umfassungsmauer in Eisenbeton; die Vorhalteprofile bilden in dieser Wand, in der sie eingebettet liegen, einen Teil der definitiven Armierung, und sind als solche voll ausgenutzt.

**Hochbau:** Scharfe Trennung der Funktionen innerhalb des Skelettes ergibt die absolut kleinsten Dimensionen aller vertikalen Tragglieder, was unter anderem bei städtischen Bodenpreisen einem unmittelbaren Gewinn entspricht. Diese Trennung verlangt, dass die Stützen nur vertikale Lasten zu übernehmen haben; alle horizontalen Lasten, Windkräfte, werden deshalb durch ein eigenes, nicht zur Uebertragung der Vertikallasten herangezogenes Tragsystem in die Fundamente geleitet. Dieses System der Windverbände

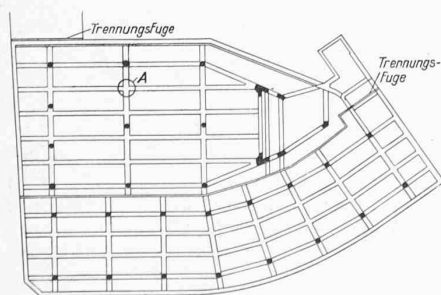


Abb. 29. Fundations-Trägerrost. — 1 : 850.

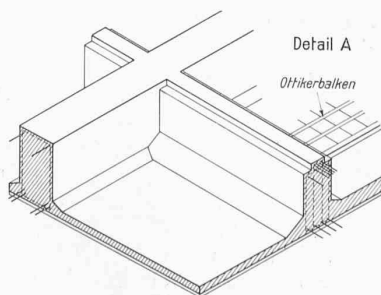
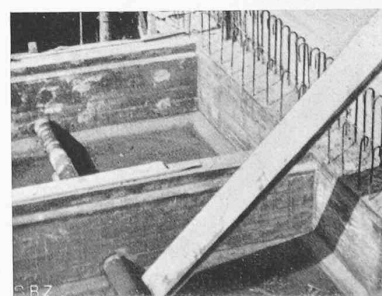


Abb. 30 und 31. Isometrie 1 : 125 und Ansicht von Einzelheiten des Fundations-Trägerrostes.



für das Geschäftshaus ist auf Abb. 27 dargestellt. Es besteht aus den diagonalarmierten Trennwänden des mittlern Treppenhauses und aus der Brandmauer gegen Osten. Dadurch, dass diese Wände unter sich nicht parallel sind, und durch die an sie rechtwinklig angeschlossenen Mauerlappen entsteht mit den Scheiben der Stockwerkdecken zusammen ein räumlich steifes System.

Um die Stützen biegsamfrei zu erhalten, müssen die Lasten nicht nur vertikal, sondern auch zentriert sein. Dies wurde dadurch erzielt, dass die Decken gelenkig auf den Säulenköpfen auflagern (Abb. 35). Massgebend für die Profilierung der Querträger (Hauptträger) mit zwei I NP 28 war neben der oben genannten Forderung: unterzugslose Decke, zwecks freier Raumeinteilung, also geringe Konstruktionshöhe der Hauptträger; Möglichkeit der Vorspannung der Eisen (bessere Ausnutzung derselben und Rissfreiheit des umhüllenden Betons); gradlinige Durchführung von Leitungen in der Hauptträgeraxe in der unmittelbaren Nähe der Stützen (Zwischenwände).

Durch die Grundrissdisposition (Einschieben des Kinosales in den Geschäftshausbau), war die Höhe des Ladengeschosses festgelegt (Abb. 28). Der zur Verfügung bleibende Raum bis zum Boden des zurückspringenden Geschosses ist innerhalb des zulässigen Profiles voll ausgenutzt und erlaubte zwischen den baupolizeilich als Mindestmass vorgeschriebenen lichten Höhen der Geschosse eine Konstruktionshöhe für die Hauptträger von nur 43 cm. Während aber diese Höhe für die Hauptquerträger die genannte spezielle Konstruktion (Zwillingsträger in Stahl, ummantelt) bedingte, ergab die selbe Konstruktionshöhe in Bezug auf die Sekundärrippen der Eisenbetondecke zwischen den Querträgern eine relativ hohe und steife, darum leichte und wirtschaftliche Decke. Den üblichen Hohlsteindecken mussten bei den vorliegenden Spannweiten (5 bis 6,7 m) und Deckenhöhen die Rohrzellen (Abb. 39; Schilfrohr-Gewebe mit Draht auf dünne, aufklappbare Holzrähmchen genäht) als Hohlkörper vorgezogen werden. Sie ergeben ein ausserordentlich geringes Gewicht der Decke und haben den Vorteil, beliebige Formgebung in jeder Richtung und damit Anpassung der Betonkonstruktion an die statischen Erfordernisse zu erlauben.

**Stützen.** Durch die oben beschriebenen Anordnungen war die Zentrierung der Baulasten in Richtung der Querträger gewährleistet. In der Längsrichtung des Gebäudes betrug die maximale Exzentrizität infolge des in dieser Richtung grösseren Trägheitsmomentes der Profilträger im maximum  $\frac{1}{5}$  der Kernweite. Die Exzentrizität im definitiven Zustande, mit steif angeschlossener Decke, beträgt bei schachbrettartig angeordneter, gleichmässig verteilter Nutzlast von 250, bzw. 300 kg/m<sup>2</sup>,  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der zugehörigen Kernweite. Die Untersuchungen über Dimensionierung und Kosten der Säulen wurden ausgedehnt auf: reine Eisenbetonsäulen, spiralarmiert; reine Stahlsäulen, 3 cm mit Beton ummantelt (Feuerschutz); Säulen aus vergütetem Stahlguss, umhüllt mit Eternitröhren (Feuerschutz); Eisenbetonsäulen mit steifem Kernprofil, unter Mitwirkung des umhüllenden Betons.

Diese steifarmierten Eisenbetonsäulen ergaben bei sehr kleiner Dimensionierung ein wirtschaftlich günstiges Resultat. Das Profileisen ist hoch ausgenutzt, da es nicht nur mit der n-fachen Betondruckspannung, sondern durch teilweise Lastübertragung vor dem Betonieren im definitiven Zustande als Komposit-Querschnittsteil über 1200 kg/cm<sup>2</sup> belastet werden kann, ohne dass die Sicherheit des gesamten Baugliedes unter die übliche sinkt. Von einem anderen Gesichtspunkte aus gesehen: der Eisenquerschnitt kann so ausgenutzt werden, als ob die Knickgefahr für ihn ausgeschaltet wäre und überdies der umhüllende Beton auf Druck mitwirken würde. Es wurde auf diese Art möglich, Säulen zu konstruieren, die bei 7,1 m Knicklänge (=Systemlänge) und 289 t Druck bei einer Last-

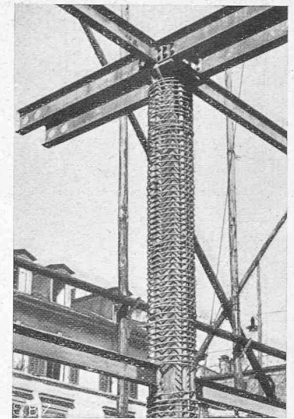
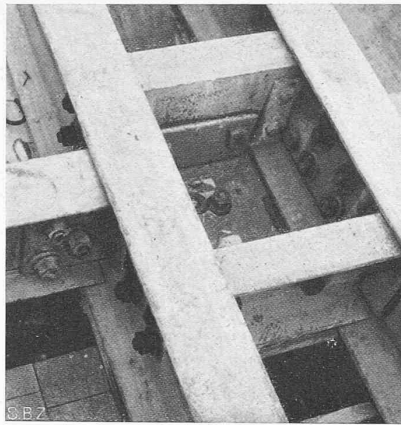


Abb. 36 und 38. Säulenkopf und fertig armierte Komposit-Säule im Stahlskelett.

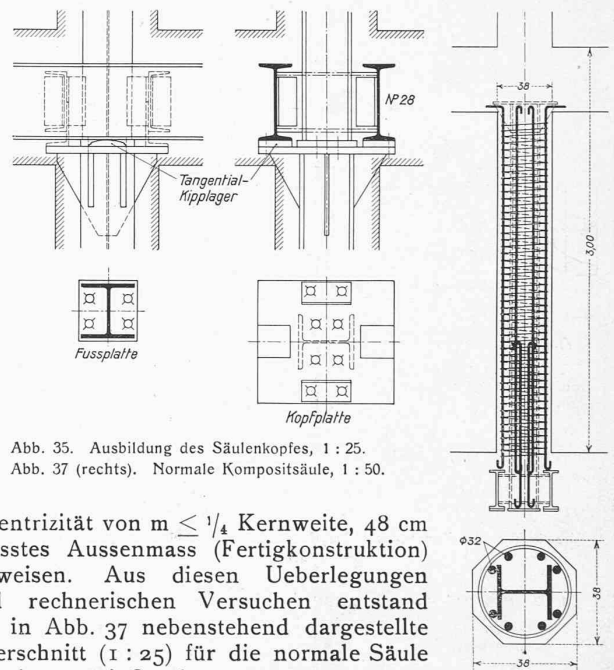


Abb. 35. Ausbildung des Säulenkopfes, 1: 25.

Abb. 37 (rechts). Normale Kompositsäule, 1: 50.

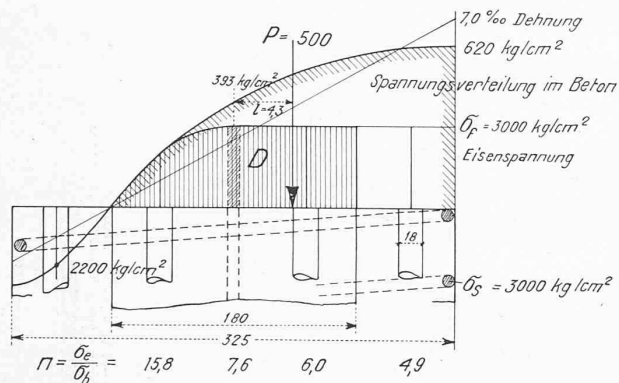
exzentrizität von  $m \leq \frac{1}{4}$  Kernweite, 48 cm grösstes Aussenmass (Fertigkonstruktion) aufweisen. Aus diesen Ueberlegungen und rechnerischen Versuchen entstand der in Abb. 37 nebenstehend dargestellte Querschnitt (1: 25) für die normale Säule zwischen zwei Geschossen.

Zur Erlangung von genaueren Kenntnissen über die Zusammenarbeit zwischen steifen Profilen, Längsarmierung, Spirale und Beton bei verschiedenen Laststufen und bei zunehmender Exzentrizität der Belastung wurden vier Säulen in Naturgrösse entsprechend dem Projekt ausgeführt und unter der 500 t Presse an der E. M. P. A. untersucht. Die Untersuchung hat interessante Resultate insbesondere in Bezug auf die Spirale erbracht (Abb. 40 u. 41). Es ist selbstverständlich, dass durch nur vier untersuchte Baukörper keine wissenschaftliche Versuchsreihe mit bündigen Resultaten geschaffen werden kann. Immerhin haben diese Versuche den wesentlichen Teil unserer Berechnungsgrundlagen bestätigt und einen Fingerzeig gegeben, in welcher Richtung weitere Konstruktionsmassnahmen zu gehen haben, um bei einer ausreichenden Masse von Sicherheit eine noch grössere Wirtschaftlichkeit zu erzielen.

Leider war bei den Versuchen an der E. M. P. A. das Betonieren der Säulen unter Vorspannung der Profile nicht möglich; umso wertvoller waren uns daher die Messungen im Bau selber. Zur Kontrolle des elastischen Verhaltens verschiedener Bauglieder wurden am Bau rd. 170 Messbolzen eingebaut, und zwar insbesondere an zwei verschiedenen Normalsäulen (Kompositsäulen), einer besonders schwer armierten quadratischen Kompositsäule und an einer runden spiralarmierten Eisenbetonsäule im Kinosaal. Es wurden bei den Säulen je drei Querschnitte untersucht: in möglichster Nähe des Kopfes, beim Fuss und in der



Abb. 39. Verlegte Rohrzellen.

Abb. 40. EMPA-Versuchssäule A<sub>2</sub>. Spannungsverteilung in Säulenmitte bei exzentrischer Belastung von 500 t. — Prismendruckfestigkeit 400 kg/cm<sup>2</sup>.

| Säule | Abmessung | Mit Schale     |                |        |      |                          |       | Ohne Schale    |                |      |        |                          |       |
|-------|-----------|----------------|----------------|--------|------|--------------------------|-------|----------------|----------------|------|--------|--------------------------|-------|
|       |           | F <sub>b</sub> | F <sub>e</sub> | μ      | J    | i = √(J/F <sub>e</sub> ) | l : i | F <sub>b</sub> | F <sub>e</sub> | μ    | J      | i = √(J/F <sub>e</sub> ) | l : i |
| A     | 987,58    | 86,16          | 8,7            | 125917 | 8,24 | 49,1                     | 46,9  | 620,70         | 86,16          | 12,2 | 73736  | 7,04                     | 33,0  |
|       |           |                |                |        |      |                          |       |                |                |      |        |                          |       |
| B     | 1001,34   | 195,02         | 19,5           | 221616 | 8,66 | 38,1                     | 41,9  | 608,23         | 195,02         | 32,0 | 159008 | 7,88                     | 33,0  |
|       |           |                |                |        |      |                          |       |                |                |      |        |                          |       |

Abb. 41. Querschnitte, Armierungen, Querschnitts-Festwerte, Schlankheitsgrade.

Säulenmitte. Jeder untersuchte Querschnitt umfasste je vier Messstrecken im Beton und ebenso viele am Stahlprofil. Die Messstrecke am Stahlprofil wurde durch Aufschneiden von Fingern von 10×10 mm Querschnitt, die isoliert durch den Beton durchgeführt wurden, geschaffen. Das Elastizitäts- und Schwindmass des Betons wurde durch Betonbälchen, die gleichzeitig mit den Säulen aus dem selben Beton gegossen und mit der selben Messstrecke versehen wurden, geprüft.

Die Auswertung der Resultate entsprach in genügender Annäherung den Berechnungsannahmen. Im allgemeinen ist zu sagen, dass die Versuche an der E. M. P. A. und die Nachprüfungen der Deformationen am Bau selbst ergeben haben, dass, gemessen mit den allgemein üblichen und zulässigen Sicherheiten eines Stahlbaues, die von uns zur Ausführung gebrachten Kompositssäulen noch überdimensioniert sind. Es besteht unseres Erachtens kein Grund, die Sicherheiten für einen Kompositbau wesentlich höher anzusetzen, als dies für einen Stahlbau üblich ist. Dem Unternehmer muss das geforderte Mehr an Präzision und Interesse für einen solchen Bau selbstverständlich auch vergütet werden; dieser Mehraufwand lohnt sich nach unserer Erfahrung aber auch für den Bauherrn und kommt überdies in einer höheren Qualität des Bauwerkes nach jeder Richtung hin zum Ausdruck.

Zur Profilierung der Verbundstützen wurden die Ergebnisse verschiedener Rechnungsgänge miteinander

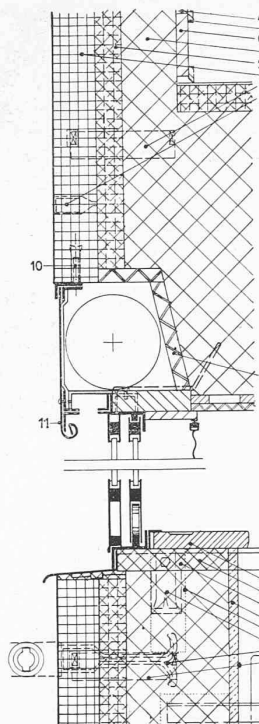


Abb. 42. Aussenwand mit Plattenverkleidung.

Legende: 1 Eisenbeton, 2 Kork, 3 Kunststeinplatte, 4 Putz, 5 Deckleiste, 6 Fussleiste, 7 Delle zur Befestigung der Platten, 8 Blitzgerüstdruckhülle, 9 Celotex, 10 Steinschraube, 11 galvanisiertes Eisenblech, 12 Holzsimse, 13 T-Konsolen, 14 Mörtel, 15 Aussparung Gurtroller, 16 Dollen für Konsolen, 17 Blitzgerüst-Zughülle.

verglichen. Für alle Rechnungen wurde gleichmässig berücksichtigt: eine vergleichsweise Betonwürfelstfestigkeit von minimum 380 kg/cm<sup>2</sup> nach 28 Tagen; eine Vorspannung der steifen Profile und daheriger Abzug dieser Vorspannungslast vom Verbundquerschnitt; die Beton-Knickbruchspannung in Abhängigkeit vom jeweiligen Schlankheitsgrad für jeden Fall; eine Lastexzentrizität von  $m \sim 1/2$  Kernweite in jeder Richtung (nicht für Rechnungsgang 3). Es wurde die Tragfähigkeit der projektierten Stützen verglichen:

1. nach der aus den Versuchen an der E. M. P. A. von ihr ausgearbeiteten Formel, in Anlehnung an diejenige in den neuen schweiz. Eisenbeton - Vorschriften (Entwurf 1932):

$$P_{zul} = \frac{p \tau \beta_d}{v_{Beton}} F_K + \frac{\sigma_r}{v_{Eisen}} n F_e + \frac{a}{2} n F_s \sigma_s$$

$a \sim 2$ ;  $n = 8,1$ ; Sicherheits-Koeffizienten:  $v_{Beton} = 4,3$   
 $v_{Eisen} = 2,5$

2. Bei Berücksichtigung der steifen und schlaffen Längsarmierung allein, also ohne Mitwirkung der Spirale und ohne die daraus resultierende Erhöhung der Betondruckfestigkeit, aber unter Hinzurechnung der Betonschale ausserhalb der Spirale:

Sicherheiten:  $v_{Beton} = 3,0$   
 $v_{Eisen} = 2,5$

3. Bei Einsetzen des Säulenquerschnittes als reine Betonfläche, also ohne jede Armierung, jedoch Annahme rein zentrischer Belastung:

Sicherheit:  $v_{Beton} = 2,2$

Die tatsächlich erhaltenen Festigkeiten des an Betonprismen 12×12×36 geprüften Säulenbeton waren durchschnittlich folgende:

nach 4 Tagen 14 Tagen 28 Tagen  
391 kg/cm<sup>2</sup> 480 kg/cm<sup>2</sup> 518 kg/cm<sup>2</sup> 627 kg/cm<sup>2</sup>

Die Dosierung schwankte zwischen 300 kg/m<sup>3</sup> und 400 kg/m<sup>3</sup> (Säulenkopf mehr) Spezialzement; die erzielten Festigkeiten können als aussergewöhnlich hohe bezeichnet werden. — Wir möchten auch an dieser Stelle der Firma Kieswerke Hardwald, die ein sehr sorgfältig granuliertes und jederzeit gleichmässiges Sand-Kiesgemisch lieferte, sodann vor allem der Firma Ed. Züblin & Co. und ihren Organen, Ing. K. Albrecht, Bauführer Messerschmid, sowie unserem Bauführer Ley, für ihre Sorgfalt und ihr Interesse danken.

Ausführung der Stützen. Die rechnermässige Vorspannung wurde in die Stahlprofile durch Baulast aufgebracht, indem die Geschossdecken vor Betonierung der Säulen ausgeführt und ausgeschalt wurden. Das Ausbetonieren der Säulenquerschnitte wurde so vorgenommen, dass die achteckigen Schalungen auf vier abwechselnden Seiten in vertikalem Abstand von je rund 50 cm mit verschliessbaren Fenstern von etwa 25 cm Höhe und der Breite = einer Seitenlänge, versehen wurden. Der Beton wurde schichtenweise eingebracht und schichtenweise mit dem Handfäustel gestampft, während man die Schalung von aussen durch intensives Hämmern erschütterte. Auf diese



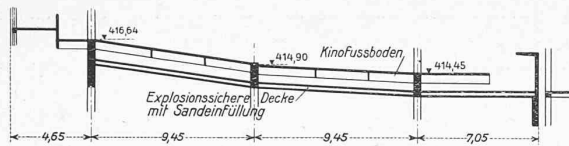


Abb. 43. Boden unter dem Kinosaal. — Masstab 1 : 400.

Weise wurde bis etwa 15 cm unter den Kopf betoniert; diesen selbst hat man dann nach Erhärten des Säulenschaftes für sich betonierte.

**Brüstungen** (Abb. 42). Als Schutz gegen Wasser dient aussen die gehobelte Kunststeinplatte. Für Wärmeisolierung sorgt eine Korschicht, die während der Fabrikation der Kunststeinplatte in ihre Schalung gelegt und mit dieser dadurch fest verbunden ist. Kunststein und Korkplatte werden als fertiges Bauelement gleichzeitig mit dem Armierungseisen auf die ebene Deckenschalung gestellt und dienen als äussere Schalung der dagegen betonierten, mit der Deckplatte monolithisch verbundenen Brüstungsplatte.

Damit ist der gesamte Eisenbeton des ganzen Gebäudes ohne Ausnahme in die Isolierung des Gebäudes eingeschlossen. Er untersteht also einem stabilen Wärme-regime; die Temperaturdifferenzen zwischen zwei Betonteilen des ganzen Gebäudes sind dadurch sehr klein. Wir halten diese konsequente Art der Wärmeisolierung der Tragkonstruktion und überhaupt jedes mit ihr starr verbundenen Betonteils für äusserst wichtig. Nur durch sie wird bei einer hochbeanspruchten, wirtschaftlichen Konstruktion ein wirkliches Zusammenarbeiten der einzelnen Teile und eine zufriedenstellende Sicherheit gegen Risse, auch bei variierender Aussentemperatur und wechselndem Heizungsgrad gewährleistet.

#### KINO-GEBÄUDE.

**Foundation** wie beim Geschäftshaus.

**Boden unter dem Kinosaal.** Die unter dem Kinosaal liegende Garage bedingte für diese, beide Räume trennende Deckenkonstruktion Explosionssicherheit (vom tragenden Fussboden unabhängige Decke, bestehend aus zwei Eisenbetonplatten von je 6 cm Dicke, dazwischen Längsrippen von 35 cm Höhe, mit Sandzwischenfüllung der einzelnen Felder), möglichst grossen Säulenabstand (Garagebetrieb, Bewegungsfreiheit; durch die Konstruktion der Rippen mit oberer und unterer Platte konnte bei der genannten geringen Konstruktionshöhe eine freie Spannweite von 9,5 m erreicht werden) und Unterzugslosigkeit (Ventilation, Beseitigung von Gasen leichter als Luft). Der eigentliche Kinofussboden ist eine normale Eisenbeton-Rippendecke (Rohrzellen) im lichten Abstand von rd. 80 cm von der Explosionsdecke. Der bekriechbare Zwischenraum ist zur Führung von Leitungen aller Art ausgenutzt (Abb. 43).

**Die Decke über dem Kinosaal** ist mitsamt der daranhängten Operateurkabine auf vier normale, runde, spiral-armierte Eisenbetonsäulen abgestellt. Die Rolle des Windverbandes übernehmen im nordwestlichen Teil die in Eisenbeton ausgeführte Zylinderwand der Wendeltreppe von aussen zur Operateurkabine, und im südöstlichen Teil die zu einander schrägen Vorbühnenwände mit den damit verbundenen Deckenlamellen. Die übrigen Zwischen- und Aussenwandteile sind als Füllmauerwerk ausgeführt. Zur Uebertragung der hauptsächlich Dachlast dienen zwei Hauptunterzüge Z-förmigen Querschnittes von rd. 19 m

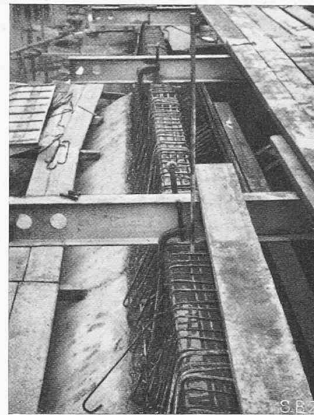


Abb. 46 und 47. Laufbahnträger, Einsenkungsmessung bei Vorbelastung.

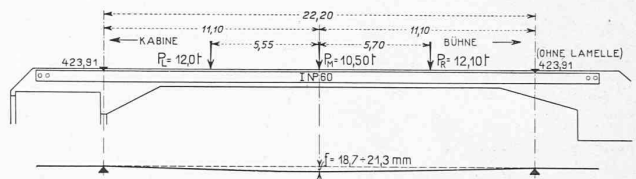


Abb. 45. Durchbiegung der Schiebedach-Laufbahnträger. 1 : 350.

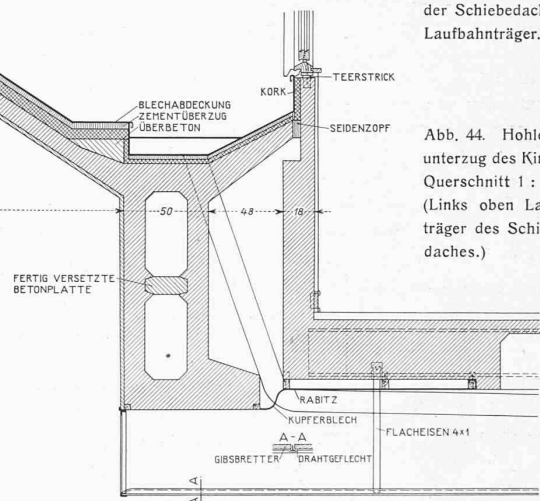


Abb. 44. Hohler Hauptunterzug des Kinodaches, Querschnitt 1 : 40. (Links oben Laufbahnträger des Schiebedaches.)

Spannweite. (Abb. 44). Infolge ihrer Unsymmetrie haben diese Träger Torsionsbeanspruchungen auszuhalten, ihre Breite sollte deshalb nicht zu gering ausfallen. Um dennoch ihr Gewicht zu reduzieren, wurden sie durch Einlagen von zwei, von einander mittels eines Betonsteiges getrennten Rohrzellen ausgehöhlt.

**Schiebedach.** Die Aufnahme der wandernden Lasten der beiden verschiebbaren Dachhälften erforderte spezielle Massnahmen. Um den Eindruck des wegnehmenden Daches vom Zuschauerraum aus nicht zu beeinträchtigen, durften die Wandträger, die die Dachöffnung seitlich begrenzen, nicht zu hoch ausfallen. So wurden diese Laufbahnträger durch einbetonierte I-Träger NP 60 mit je zwei aufgenieteten Lamellen gebildet (Abb. 44 u. 45). Gleichzeitig musste ein Maximum an Steifigkeit erreicht werden, um einerseits einwandfreies Funktionieren des Verschiebemechanismus und tadelloses Schliessen der Dachhälften zu gewährleisten, anderseits die Decke vor Rissen zu sichern. Da überdies bei dem Zusammenhang der Deckenplatte mit dem oben beschriebenen hohlen Hauptträger die Einsenkung des 22 m frei gespannten Laufbahnträgers den ersten mit zusätzlicher Torsion beansprucht hätte, musste diese Durchbiegung aus ständiger und aus rollender Last nach Möglichkeit beseitigt werden. Es ist dies dadurch erreicht worden, dass durch künstliche Vorbelastung des Stahlprofils vor

dessen Ummantelung mit Beton eine Durchbiegung in ihm erzeugt wurde, die dem Momentenverlauf in diesem Träger bei geschlossenem Dach entspricht. Der Beton im endgültigen Verbundquerschnitt ist nun bei geschlossenem Dache praktisch spannungslos, bei geöffneten Dachhälften auf seiner Unterseite auf rd. 65 kg/cm<sup>2</sup> Druck beansprucht; die Deckenunterseite wird demnach rissfrei bleiben.

Auch der Beton der gesamten Dachkonstruktion des Kinogebäudes liegt innerhalb der Wärmeisolierung durch Kork, bzw. Celotexplatten. Die Isolierung gegen Wasser geschieht durch Bleindeckung.

Die Vorbelastung der Laufbahnträger geschah wie folgt: Die Profilträger wurden auf die teilweise ausgeführte Unterkonstruktion versetzt, vernietet, mit der endgültigen Rundeisenarmierung umflochten und an ihren Widerlagern einbetoniert. Nach Erhärten dieses Betons, der den Profilträger auf seine Spannweite von 22 m frei

liess, wurde der Profilträger an vier Stellen durch Zugbänder nach den Fundamenten hinunter verankert. Durch Zwischenschalten von hydraulischen Pressen mit Messapparaten konnten auf diese Zugbänder bestimmbare Kräfte ausgeübt werden (Abb. 47). Die Vorbelastung wurde kontrolliert nach der aufgetragenen Last, nach der entstehenden Einsenkung (Abb. 46), und den Dehnungen (Spannungen).

Auch in diesen Laufbahnträgern, sowie in den genannten hohlen Dachunterzügen, haben wir zwecks späterer Deformationskontrolle Messpunkte eingebaut. Messungen nach einem halben Jahr Betrieb haben ergeben, dass die Dachlängsträger, und damit ein grosser Teil der Dachschale, von der Bewegung des Schiebedaches vollständig unbeeinflusst bleiben.

Wir glauben sagen zu dürfen, dass sich in diesem Bau die enge Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur ausserordentlich günstig ausgewirkt hat.

C. H.

## Der Einfluss hoher Umfangsgeschwindigkeiten auf den Wirkungsgrad von Luftschrauben.

Schon seit mehreren Jahren ist bekannt, dass die Luftschrauben bei Umfangsgeschwindigkeiten, die in der Nähe der Schallgeschwindigkeit liegen, unangenehme Wirkungsgradeinbussen erleiden, sodass es sich empfiehlt, hohe Umfangsgeschwindigkeiten zu vermeiden, auch wenn die Festigkeit der Schraube diese zuliesse. Doch war man über das Quantitative dieses Einflusses nicht unterrichtet. Nun liegen zum ersten Male umfassende Versuche an naturgrossen Schrauben vor<sup>1)</sup>, die eine sehr erwünschte Klärung bringen und interessante Uebertragungen auf gewisse maschinenbauliche Probleme gestatten. Es dürfte sich deshalb lohnen, sie an dieser Stelle kurz zu besprechen.

Die 2,75 m bzw. 2,90 m grossen zweiflügeligen Aluminium-Luftschrauben wurden im künstlichen Luftstrom von 6 m Durchmesser des Propeller-Windtunnels Langley-Field<sup>2)</sup> untersucht. Sie wurden durch einen 435 PS Benzinmotor getrieben und erreichten Spitzenumfangsgeschwindigkeiten bis 410 m/sec. Die grösste Kanal-Windgeschwindigkeit, entsprechend der Flugzeug-Geschwindigkeit im freien Flug, ist rd. 50 m/sec, ein für heutige Verhältnisse etwas

niedriger Wert, der dazu zwang, die Steigung der Flügelblätter entsprechend klein einzustellen. Das hat zur Folge, dass die Wirkungsgrade bei den Versuchen durchschnittlich niedriger sind als im Flug. Es ist somit nicht ganz sicher, ob die mit wachsender Umfangsgeschwindigkeit grösser werdenden Wirkungsgradabfälle in genau gleichem Verhältnis auch bei grösseren Steigungen vorhanden sind; sie dürften aber von den Versuchswerten kaum stark abweichen.

Insgesamt wurden zehn Propeller bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten untersucht. Sie unterscheiden sich einestheils durch verschiedene Verteilung der Blattbreiten über den Radius, andererseits wurden auch verschiedene Flügelschnitte verwendet, deren maximale Dicke abgestuft wurde. Das Versuchsmaterial ist in einheitlicher Weise verarbeitet. Abb. 1 gibt beispielsweise die Ergebnisse einer bestimmten Schraube (D=2,90 m, Profil Clark Y). Ueber dem sogen. Fortschrittsgrad = Vorwärtsgeschwindigkeit  $V$ : Spitzenumfangsgeschwindigkeit ist der Wirkungsgrad aufgetragen für verschiedene Drehzahlen. Zwischen 1000 und 1800 Uml/min ist fast keine Aenderung feststellbar, von 2000 Uml/min an aber ist der Abfall in  $\eta$  ausserordentlich schroff. Statt 72% bei mässiger Drehzahl ist  $\eta$  bei 2300 Uml/min nur 56%. Trägt man  $\eta_{\max}$ , den Gipfel einer einzelnen Wirkungsgradkurve, in Abhängigkeit von der sogen. Mach'schen Zahl  $M$  = Spitzenumfangsgeschwindigkeit : Schallgeschwindigkeit auf, so ergibt sich Abb. 2, die für einen festen Durchmesser und für einen bestimmten Flügelschnitt, aber mit verschiedenem Verhältnis Profildicke:Profiltiefe gilt.

Der Abfall beginnt ersichtlich schon etwas unterhalb der Schallgeschwindigkeit, ferner sind dünne Profile vorteilhafter in Bezug auf die Lage des Knickpunktes. Der Abfall ist rd. 10% für je 30 m/sec grössere Umfangsgeschwindigkeit. Wie stark beim Eintritt in die Schallgeschwindigkeit die Profileigenschaften verschlechtert werden, kommt besonders drastisch zum Vorschein, wenn man bedenkt, dass ja die innern Teile der Schraube auch nach Eintritt der Spitzengeschwindigkeit in das gefährliche Gebiet noch gut arbeiten, die äusseren Flügелеlemente also weit mehr an Wirkungsgrad nachlassen, als dies im mittleren Wirkungsgrad für die ganze Schraube zu Tage tritt. Die übrigen untersuchten Schrauben gaben überraschend wenig Unterschied in ihrem Verhalten, sodass man für die meist angewendeten dünnen Profile den relativen Abfall bezogen auf den Wirkungsgrad bei niedrigen Umfangsgeschwindigkeiten als universelle Kurve zeichnen kann (Abb. 3).

<sup>1)</sup> D. H. Wood. National Advisory Committee for Aeronautics. Washington 1931, Report 375.

<sup>2)</sup> Siehe S. 188\* letzten Bandes (1. Oktober 1932).

Red.

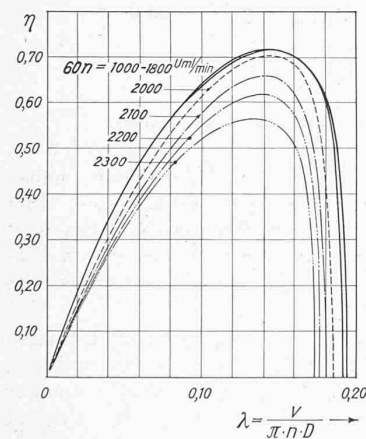


Abb. 1. Verlauf des Wirkungsgrades über dem Fortschrittsgrad bei verschiedenen Drehzahlen. Verminderung des Wirkungsgrades bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten.

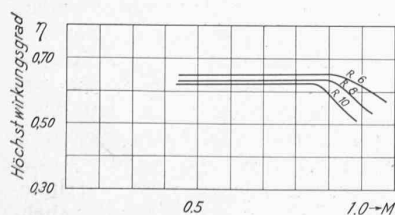


Abb. 2. Höchstwirkungsgrade bei verschiedenen Mach'schen Zahlen für Schrauben von gleicher Konstruktion mit Profilen von 6, 8, 10% Dicke.

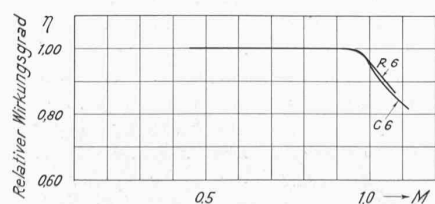


Abb. 3. Relative Wirkungsgrade zweier Schrauben gleicher Konstruktion mit verschiedenen Profilen (R bzw. C) von gleicher Dicke (6%).

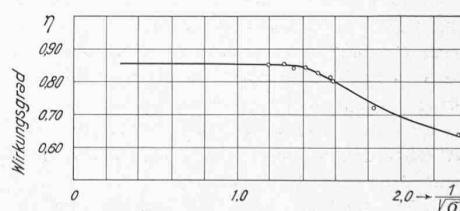


Abb. 4. Kavitationscharakteristik einer Wasser-Propeller-Turbine. Wirkungsgrad in Abhängigkeit von einer der Mach'schen Zahl analogen Kavitationszahl.