

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 10

Artikel: Belastungsversuch an einer freitragenden Zylinderschale aus Holz
Autor: Bächtold, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83720>

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: 02.04.2025

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

gend weit entfernt ist; sie kann sicher gesteuert werden, nachdem sie wieder in die Leitlinie eingefangen worden ist.

Die soeben geschilderten technischen Probleme sind erst der Beginn eines überaus interessanten Fragenkomplexes, der gerade bei der Beherrschung grösserer Entfernungen und Geschwindigkeiten noch viele Neuerungen beachtlicher Tragweite bringen wird.

H. Stöelzel

Ein Baugrunderkater von Luzern

Im Grossen Stadtrat von Luzern reichte Dr. L. Bendel eine Interpellation ein, es solle das seit 1930 von privater Seite geführte Baugrunderkater (vgl. Bendel: Die ingenieur-geologischen Untersuchungen im Feld, E.T.H.-Erdbaukurs 1938, Bericht 19) von der Stadt übernommen und zu einem Baugrunderkater ausgebaut werden. Baudirektor Ing. L. Schwegler begrüsst die Anregung. Luzern erhält demnach ein Baugrunderkater, in das die geologischen, technischen und biologischen Eigenschaften des Untergrundes systematisch aufgezeichnet werden. Von Zeit zu Zeit soll das Material gesamthaft systematisch verarbeitet werden.

Der Untergrund von Luzern, soweit er bis jetzt erforscht ist, geht aus untenstehender Abbildung hervor. Darin bedeuten:

- S = Spundwand
- A = Wirksamer Auftrieb, $A = mF_1$; $m = 0,8$ bis $1,0$
- F = Flachfundation, bestehend aus einem Eisenbetonboden
- C = Caissons der Seebücke
- G = Sandlinsen mit Grundbruchgefahr
- o = Tiefste Stellen von Tiefbohrungen
- — — Mittlerer Grundwasserstand, artesisch entspannt
- K bedeutet spez. Zusammendrückung in der Setzungsformel¹⁾

$$s = K \log \left(\frac{\sigma_a + \sigma}{\sigma_a} \right) \dots \dots \dots (1)$$

s = Setzung in %; $\sigma_a \cong \gamma_e t$; γ_e = Raumbgewicht in kg/dm³
 σ = Bodenbelastung in kg/cm²; t = betrachtete Tiefe unterhalb der Erdoberfläche. Man kann Formel (1) auch schreiben:

$$s = K' + k \log (\sigma_a + \sigma) \dots \dots \dots (2)$$

In Analogie zur Setzungsformel erhält man die Schubkraftformel

$$\tau = k' + k (\sigma_a + \sigma) \dots \dots \dots (3)$$

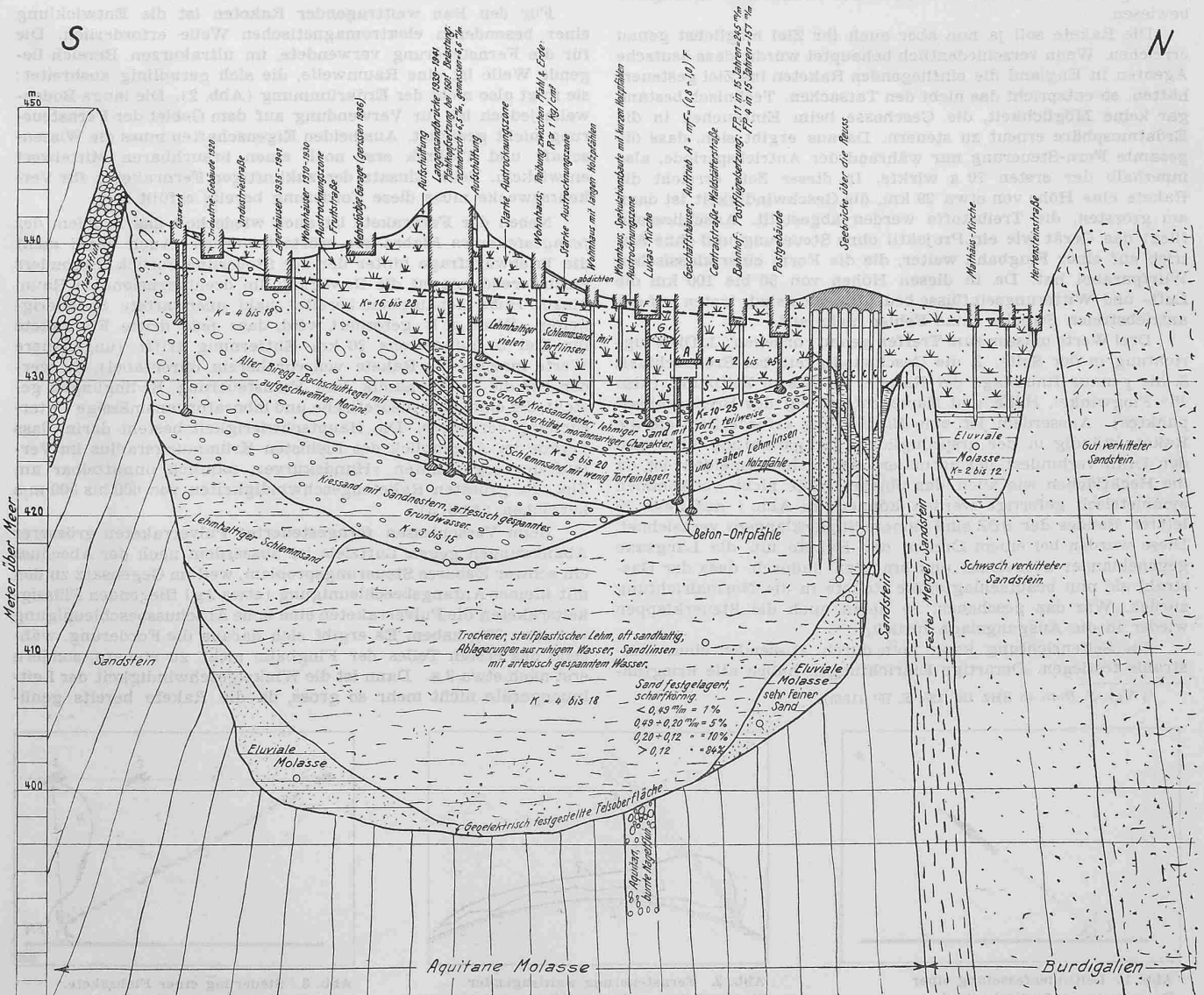
- τ = Schubspannung in kg/cm²
- k' = Kohäsion in kg/cm²
- k = Tangens des Winkels φ der inneren Reibung (Vergleiche Handbuch der Ingenieurgeologie, Springer-Verlag 1944, S. 400).

Belastungsversuch an einer freitragenden Zylinderschale aus Holz

Von Dipl. Ing. J. BÄCHTOLD, Bern

Die grossen konstruktiven Möglichkeiten, weite Räume stützenlos und gleichzeitig mit minimalem Materialaufwand zu überspannen, sichern der Schalenbauweise wachsende Verbreitung. Die Anwendung von Schalen ermöglicht zudem die Erzielung eines im Verhältnis zur Fensterfläche grossen Tageslichtquotienten bei günstigster Lichtverteilung. Leider ist die Forderung nach guter Belichtung der Arbeitsstätten noch nicht allgemein als selbstverständliches hygienisches Erfordernis anerkannt, obwohl bei guter Beleuchtung die Ermüdungserscheinungen...

¹⁾ Vgl. Bendel: Das Druckverformungsgesetz in der Erdbaumechanik, SBZ Bd. 124, S. 41* (22. Juli 1944).



Ingenieur-geologischer Querschnitt durch Luzern (Gaswerk-Langensandbrücke-Bahnhof-Seebücke-Hertensteinstrasse) nach Aufnahmen von L. Bendel 1930/44. Längen 1 : 11000, Höhen 1 : 440

nungen später und in geringerem Masse auftreten als bei schlechtem Licht, ganz abgesehen vom Einfluss der hellen, freundlichen oder der dunkeln, trostlosen Umgebung auf den seelischen Zustand des Arbeitenden.

Als Folge der kriegsbedingten ungenügenden Produktion von Eisen und Zement wird die Möglichkeit, massive Schalen auszuführen, stark eingeschränkt. Es liegt deshalb nahe, unter Wahrung der erwähnten Vorteile der Schalen eine Ausweichmöglichkeit im Baustoff Holz zu suchen. Ausgehend vom genagelten Vollwandträger, der, obschon als Fachwerk berechnet, doch weitgehend als Flächentragwerk wirkt, schien uns die Anwendung dieses Konstruktionsprinzips auf gekrümmte Flächen möglich. Wir erstellten daher im Werkhof der Firma H. & F. Pulfer in Bern eine Kreiszyinderschale mit einem Krümmungsradius von 3 m, einem Oeffnungswinkel von 53° und einer Spannweite zwischen den Endscheiben von 7 m (Abb. 1). Die gekrümmte Fläche bestand aus vier Lagen Bretter von je 10 mm Stärke, nämlich eine untere parallel zu den Mantellinien, zwei mittlere, gekreuzt und unter 45° verlaufende und eine obere wieder parallel zu den Mantellinien. Die untere und die obere Lage waren für die Aufnahme der Längsspannungen, somit für das Balkenbiegungsmoment berechnet, während die Diagonalbretter zur Uebertragung der Schubkräfte bestimmt waren. In der Umgebung der beiden neutralen Zonen wurde unten und oben jedes zweite Längsbrett weggelassen, in erster Linie weil die Längskräfte dort klein sind, und dann um die Spannungsmesser direkt auf den Diagonalbrettern anbringen zu können. In den äussersten Zugzonen des Längsspannungsdiagramms sind die Längsbretter 30 statt 10 mm stark gewählt worden. Die Rinne bestand aus 50 mm starken Bohlen. Als Verbindungsmittel sind ausschliesslich Nägel verwendet worden, nach Anzahl und Grösse äusserst sparsam bemessen.

Ing. A. Meyer, Sektionschef bei der Generaldirektion der SBB, hat uns durch seine freundliche Mitwirkung die gründliche Auswertung des Modellversuches in statischer und festigkeitstechnischer Hinsicht ermöglicht. Er hat uns auch die notwendigen Spannungs- und Durchbiegungsmesser zur Verfügung gestellt.

Zunächst wurde eine Belastung von 3500 kg in Form von kleinen regelmässigen Granitquadern (siehe Abb. 2) gleichmässig verteilt aufgebracht, das Verhalten der Schale beobachtet und diese hernach wieder entlastet. Erst jetzt brachte man die Instrumente an (Abb. 1) und zwar wie folgt:

1. Im Meridianschnitt A-A längs der Endscheibe innen und aussen je 4 Spannungsmesser in Diagonalrichtung ausschliesslich auf den Diagonalbrettern, ferner 2 an der Endscheibe. 2. Im Meridianschnitt B im Viertel der Spannweite innen und aussen je 2 Spannungsmesser auf den Diagonalen, je 4 auf den Längsbrettern und 1 auf dem Stirnbrett. Am oberen und unteren Schalenrand je 1 Durchbiegungsmesser. 3. Im mittlern Meridianschnitt C 1 Spannungsmesser am Stirnbrett, je 5 innen und aussen an der Schale, 1 in Rinne mitte oben und 1 am oberen Rinne rand. Am oberen und unteren Schalenrand 1 Durchbiegungsmesser. 4. Zur Kontrolle je 1 Spannungsmesser innen und aussen im dritten Viertel der Spannweite in Meridianmitte.

Nach Vornahme der Ausgangsablesung der Instrumente belasteten wir die Schale mit einer verteilten Last von rd. 100 kg/m² der Grundfläche und machten eine Instrumentenablesung. Hierauf steigerten wir die Last auf rd. 170 kg/m², ergebend eine Gesamtlast von 3500 kg. Die Umrechnung der gemessenen Dehnungen auf Spannungen erfolgte mit $E = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$; Parallelversuche zur Bestimmung des E ergaben 80 bis 110 000 kg/cm² je nach Holzqualität. Das Ergebnis der Spannungsmessungen für 3,5 t Belastung ist in Abb. 3 aufgetragen.

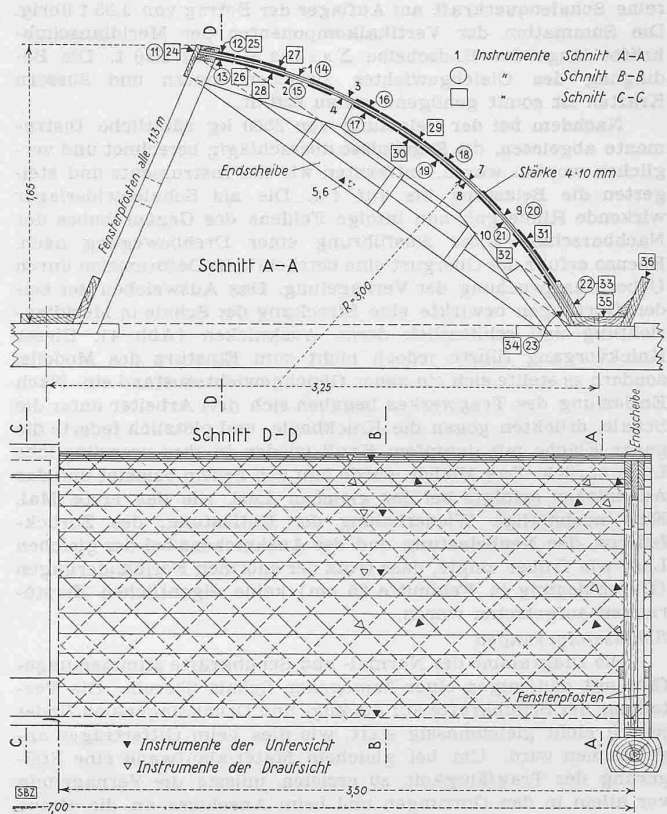


Abb. 1. Freitragende Zylinderschale aus Holz. Schnitt D-D (halbe Schalenlänge), darüber Schnitt A-A mit Eintragung der Instrumentenstellungen in allen Schnitten. — Masstab 1 : 40

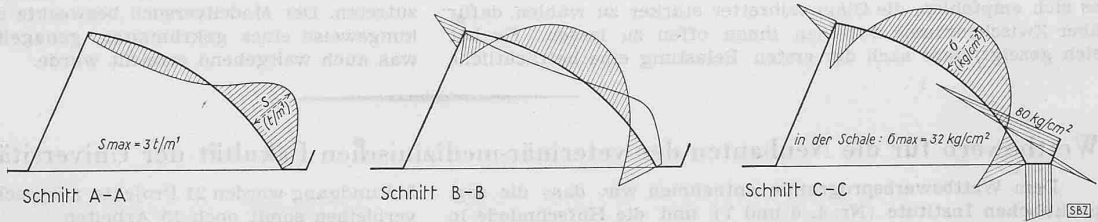


Abb. 3. Schubkräfte s (Schnitt A und B) und Normalspannungen σ (Schnitt B und C). Längenmasstab 1 : 80, Kräftemasstab für s 1 mm = 0,4 t/m, für σ 1 mm = 4 kg/cm²

Das innere Moment, berechnet aus dem Längsspannungsdiagramm, soll gleich dem äusseren Balkenmoment sein. Für den mittleren Meridianschnitt ergibt die Summation $\sum \sigma \Delta F y = 3,04 \text{ mt}$. Das Balkenmoment in Feldmitte ist für 3500 kg Belastung $\frac{3,5 \times 7,0}{8} = 3,06 \text{ mt}$. Die Schubkräfte in Meridianrichtung wurden durch Zusammensetzen der Kräfte in den Diagonalbrettern ermittelt und in der Dimension t/m aufgetragen. Bringt man die den Biegemomenten in den Rinne- und Stirnbrettern entsprechenden Lastanteile in Abzug, so bleibt als

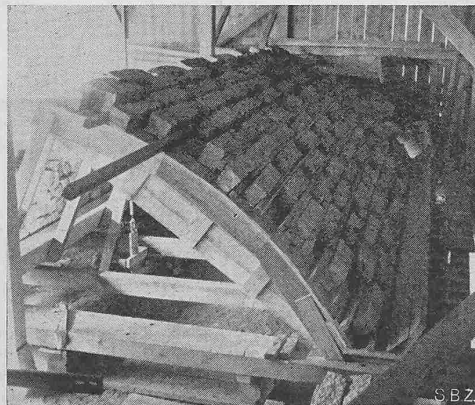


Abb. 2. Belastung mit Marchsteinen

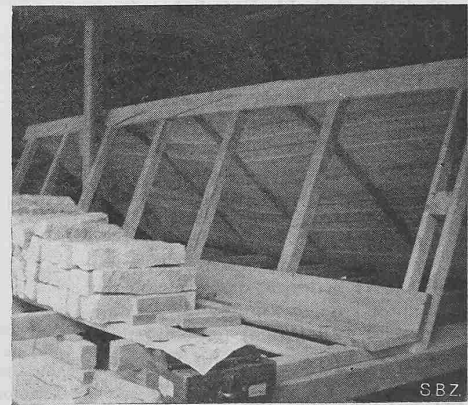


Abb. 4. Ausgeknickte Schale

reine Schalenquerkraft am Auflager der Betrag von 1,33 t übrig. Die Summation der Vertikalkomponenten der Meridianschubkräfte längs der Endscheibe $\Sigma s \cos \alpha$ ergibt 1,30 t. Die Bedingung des Gleichgewichtes zwischen innern und äussern Kräften ist somit genügend genau erfüllt.

Nachdem bei der Belastung von 3500 kg sämtliche Instrumente abgelesen, die Ergebnisse überschlägig berechnet und verglichen worden waren, entfernten wir die Instrumente und steigerten die Belastung bis auf 4 t. Die als Schalenwiderlager wirkende Rinne gab nun infolge Fehlens des Gegenschubes der Nachbarschale unter Ausführung einer Drehbewegung nach. Ebenso erfuhr der Obergurt eine beträchtliche Deformation durch Ueberbeanspruchung der Vernagelung. Das Ausweichen der beiden Gurtungen bewirkte eine Streckung der Schale in Meridianrichtung und schliesslich deren Ausknicken (Abb. 4). Dieser Knickvorgang führte jedoch nicht zum Einsturz des Modells, sondern es stellte sich ein neuer Gleichgewichtszustand ein. Nach Entlastung des Tragwerkes begaben sich drei Arbeiter unter die Schale, drückten gegen die Knickbeule, und plötzlich federte die ganze Fläche mit dumpfem Knall wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Das Modell wurde nun von neuem belastet und das Ausknicken erfolgte bei der gleichen Last wie das erste Mal. Eine nochmalige Wiederholung der Entlastung, des Zurückfederns, der Neubelastung und des Ausknickens bei der gleichen Last wie früher zeigte, dass trotz der enormen Formänderungen (Durchbiegung in Feldmitte 25 cm) keine eigentlichen Zerstörungen aufgetreten waren.

Schlussfolgerungen

Die Diagramme der Normal- und Schubkräfte stimmen ungefähr mit denjenigen einer homogenen Schale überein. Die Verteilung der Schubkräfte auf die Zug- und Druckdiagonalen findet jedoch nicht gleichmässig statt, wie dies beim Gitterträger angenommen wird. Um bei gleichem Materialaufwand eine Steigerung der Tragfähigkeit zu erzielen, müsste die Vernagelung vor allem in den Gurtungen und beim Anschluss an die Rinne kräftiger sein (wir haben nur etwa 10 kg Nägel pro m³ Holz verwendet). Der ganze Obergurt müsste etwas stärker dimensioniert werden. Um vor allem bei nicht ganz gleichmässig verteilter Belastung eine gewisse Quersteifigkeit zu erhalten, dürfte es sich empfehlen, die Diagonalbretter stärker zu wählen, dafür aber Zwischenräume zwischen ihnen offen zu lassen. Es hat sich gezeigt, dass nach der ersten Belastung eine beträchtliche

bleibende Durchbiegung, besonders der mittleren Mantellinie zurückblieb, die natürlich das Ausknicken der Schale stark begünstigte. Eine Ueberhöhung der gekrümmten Fläche gegenüber der theoretischen Form ist daher unbedingt notwendig.

Der Modellversuch hat gezeigt, dass Zylinderschalen auch in Holz ausgeführt werden können. Der Holzverbrauch beträgt je nach Spannweite etwa 0,06 bis 0,10 m³ pro m² Grundfläche und ist somit kleiner als für jede andere stützenlose Dachkonstruktion in Holz, die Verschalung eingerechnet. Die Kosten betragen etwa 60% derjenigen einer entsprechenden Eisenbetonschale, ohne Berücksichtigung der besseren Isolation und der leichteren Befestigungsmöglichkeit der Abdeckung.

Wenn auch eine Dachkonstruktion in Holz für Industriebauten oft als Provisorium betrachtet und nur unter dem Zwang der Verhältnisse in diesem Baustoff ausgeführt wird, so könnte man durch Wahl einer Holzschale doch die spätere Ueberführung in eine definitive, in diesem Fall in eine massive Konstruktion sehr erleichtern. Indem Stützen und Tragscheiben heute schon in Eisenbeton ausgeführt werden, kann später jederzeit auf die Holzschale eine Eisenbetonschale betoniert werden. Durch Wegfall der Schalung, die bei solchen Eisenbetonkonstruktionen einen wesentlichen Anteil an den Kosten hat, ferner durch Ausführung in einer günstigen Baukonjunktur ist es möglich, später zu einem Eisenbetondach zu kommen, das zusammen mit dem Provisorium in Holz nicht teurer zu stehen kommt, als wenn es heute, ohne Zwischenprovisorium, hätte ausgeführt werden können.

Doch gibt es auch Möglichkeiten, Holzschalendächer als definitive Konstruktionen auszuführen. Ich denke vor allem an Garagedächer, an Lagerhausdächer, sofern eine gute Belichtung erwünscht ist und an Ausstellungsräume in Barackenform oder in festen Gebäuden. Gerade für Ausstellungen fehlen oft richtig belichtete Räumlichkeiten, und es stellt sich die Frage, ob es nicht besser wäre, eigentliche Ausstellungsbaracken mit einwandfreier Belichtung zu schaffen, statt von Fall zu Fall teure ortgebundene und meist unbefriedigende Räume zu mieten. Für transportable Baracken liessen sich Schalen konstruieren, die als ganze Tragelemente versetzt werden könnten. Es würde jedoch zu weit führen, hier auf alle konstruktiven Möglichkeiten einzutreten. Der Modellversuch bezweckte die Abklärung der Wirkungsweise eines gekrümmten, genagelten Flächentragwerkes, was auch weitgehend erreicht wurde.

Wettbewerb für die Neubauten der veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Zürich

Dem Wettbewerbsprogramm entnehmen wir, dass die sog. praktischen Institute (Nr. 4, 6 und 7) und die Hufschmiede in viel engerer Beziehung zum Spital stehen, als die andern Institute; auf diese Zusammengehörigkeit mit den entsprechenden Kliniken war Rücksicht zu nehmen. Die sog. theoretischen Institute (Nr. 2, 3, 9, 10 und 11) haben mit dem Spitalbetrieb nicht unmittelbar zu tun. Laboratorien, Hörsäle und Sammlungen sollten für jedes einzelne Institut möglichst beisammen liegen.

Aus dem Bericht des Preisgerichts

Innert der angesetzten, wegen ausserordentlicher militärischer Einberufungen im Juni und September 1944 wiederholt verlängerten, am 26. Februar 1945 abgelaufenen Eingabefrist sind 54 Entwürfe eingegangen.

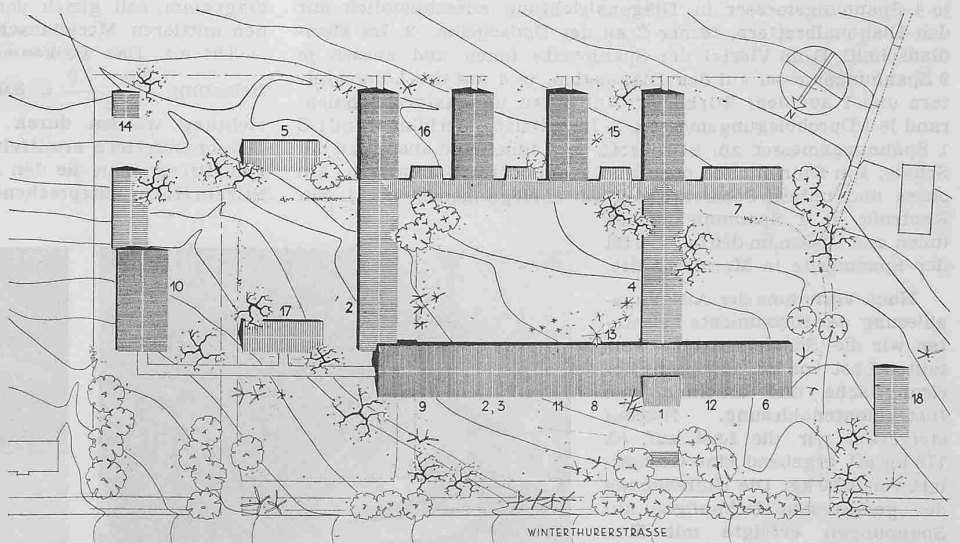
Das Preisgericht nimmt in erster Linie vom Bericht des kantonalen Hochbauamtes vom 28. März 1945 über die Vorprüfung der eingereichten Projekte Kenntnis.

Nach einem orientierenden Rundgang und einer erneuten Besichtigung des Bauareals (eine erste Besichtigung fand anlässlich der Programmgesprächung am 2. Februar 1944 statt) schreitet das Preisgericht zum 1. offiziellen Rundgang, bei dem wegen offensichtlich ungenügender Lösung der Aufgabe zehn Entwürfe ausgeschieden werden. Hierauf folgt der 2. Rundgang, der zur Ausscheidung von acht Arbeiten führt. Im

3. Rundgang werden 21 Projekte ausgeschieden. In engerer Wahl verbleiben somit noch 15 Arbeiten.

Bevor das Preisgericht auf die Besprechung dieser Projekte eintritt, hält es als Resultat der bisherigen eingehenden Besichtigung der eingereichten Arbeiten folgendes fest:

Dem Bauplatz, an der östlichen Peripherie der ehemaligen



1. Preis (W. STÜCHELI). Lageplan 1:2000. Legende: 1 Fakultät, 2 Vet. anatomisches Institut, 3 Vet. physiologisches Institut, 4 Vet. chirurgische Abteilung, 5 Hufschmiede, 6 Interne vet. medizinische Abteilung, 7 Kleintierklinik, 8 Vet. ambulante Klinik, 9 Vet. pathologisches Institut, 10 Vet. bakteriologisches Institut, 11 Institut für Tierzucht, 12 Pharmakologie, 13 Verwaltung, 14 Seuchenvavillon des kant. Veterinäramtes, 15 Stallungen für Pferdepatienten (Vorführungs- u. Behandlungsplatz), 16 Stallungen für Rinder, Kühe und kleine Haustiere, 17 Versuchstierstallungen, 18 Dienstwohnungen