Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 16

Artikel: Neue Wege zur Behandlung schiefer Türme
Autor: Haefeli, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67481

durch kein Seitenverhältnis h/b verletzt, wenn der Wurzelwert durch eins ersetzt wird. Schliesslich liegt für alle Materialien ν zwischen null und 0,5, so dass im ungünstigsten Falle der erste Wurzelwert $= \sqrt{2}$ sein kann. Wären dicke, rechteckige Vollquerschnitte zugelassen, so würde sich das Verhältnis GK/EI leicht verkleinern.

Somit lässt sich aussagen, dass sowohl für den rechteckigen Voll- als auch Hohlquerschnitt die durch Lagerschiefstellung verursachte Schubspannung unter keiner Laststellung, bei beliebigen Spannweitenverhältnissen und freier Wahl des Baumaterials, den $\sqrt{2}/4$-fachen Wert der Biegespannung überschreitet

(47) $\qquad \tau_{0pt} \leqq 0{,}354\, \sigma_{extr}$

Zusammenfassung

Bei schiefen Brücken sind zwei Sätze von Verträglichkeitsbedingungen notwendig: eine Bedingung für jedes *Feld,* die verlangt, dass die Gesamtverdrehung des Stabfeldes verschwinden muss, damit es verträglich mit den horizontalen Lagerkanten sein kann, und eine Bedingung für jede *Zwischenstütze,* die bewirkt, dass die Stabaxe kontinuierlich ist. Diese beiden Bedingungen sind in den Gl. (1) und (8) formuliert. Sie entkoppeln sich nur für normale Lagerung des Durchlaufträgers, d. h. wenn $\operatorname{tg} \delta_k = \operatorname{tg} \delta_{k+1} = 0$ ist.

Als überzählige Grössen werden beim durchlaufenden Träger üblicherweise die Stützmomente eingeführt. Bei schiefer Lagerung sind aber zwei Stützmomente pro Lager k vorhanden, $M_{k\ i-1}$ und M_{ki}, und je ein Torsionsmoment T_i pro Feld. Die Zahl der Unbekannten ist daher gleich der dreifachen Felderzahl. Würden diese Unbekannten benützt, so müssten die erwähnten beiden Sätze von Elastizitätsgleichungen noch durch je eine Momentengleichgewichtsbedingung pro Stütze ergänzt werden.

(48) $\qquad M_{ki} - M_{ki-1} - (T_i - T_{i-1}) \operatorname{tg} \delta = 0$

Trotzdem ist es gelungen, ein Berechnungsverfahren herzuleiten, bei dem die Zahl der überzähligen Grössen auf diejenige des Normalfalles beschränkt ist, ohne dabei eine grössere Verkettung der Elastizitäts-Gleichungen zu erhalten als bei den Clapeyronschen Dreimomentengleichungen. Die zwei wesentlichsten Punkte, Wahl des Grundsystems und der überzähligen Grössen, seien nochmals kurz beleuchtet.

Zur Herleitung des Berechnungsverfahrens wurde eine Serie einfeldiger, aber bereits mit der schiefen Lagerung verträglicher Balken als statisch unbestimmtes Grundsystem benutzt. Durch Auflösen der simultanen Gleichungen (6) ist ein für alle Mal ein zweigliederiges Gleichungssystem gelöst worden, das für jedes Feld des Trägers Gültigkeit hat und daher die Zahl der überzähligen Grössen um gleichviel zu reduzieren vermag, wie Stabfelder vorhanden sind. Als verbleibende überzählige Grössen wurden auch nicht die effektiv vorkommenden Stützmomente gewählt — man müsste sich dabei für die linken oder die rechten entscheiden — sondern ideelle Uebertragungsmomente M_k. Diese sind zwar keine am Bauwerk feststellbaren Grössen mehr, vermögen aber die Berechnung noch weiter zu vereinfachen und formal derjenigen des normalgelagerten Durchlaufträgers anzugleichen.

Diese Ueberlegungen braucht der Konstrukteur nicht für jeden schief gelagerten Träger neu herzuleiten, denn das verbleibende Gleichungssystem wie auch die zu ermittelnden Schnittmomente sind in vertrauten Verschiebungsgrössen ausgedrückt, die sich am *normal gelagerten, einfachen Balken* bestimmen lassen. Die Anleitung für eine solche Berechnung lautet einfach:

Alternierend sind Auflager und Feld durchzunumerieren, so dass den Lagern die ungeraden Zahlen k und den Feldern die geraden Zahlen i zugeordnet sind. Für jedes Feld sind — wie beim normal gelagerten Durchlaufträger — die Belastungsglieder zu ermitteln. Ferner sind für jedes Feld die Stabkonstanten C und D entsprechend Tabelle 2 bereitzustellen. Anschliessend können die Dreimomentengleichungen angeschrieben werden, wobei je nach Kompliziertheit des Falles die Formen (12), (11), (10) oder (9) angewendet werden dürfen. Nach deren Auflösung muss als erste Schnittgrösse das Torsionsmoment in jedem Feld angeschrieben werden. Dies geschieht mit den Formeln (15b), bzw. (14) oder (13) je nach der Schwierigkeit des Falles. Unter Mitbenützung dieser ersten Schnittmomente lassen sich die Stützmomente berechnen aus den Gleichungen (17) und damit, wie üblich, die Biegemomente an jeder anderen Stabstelle, (18), die Querkräfte, (19), und die resultierenden Auflagerdrücke, (20). Zu den letzteren gesellt sich noch je eine Angabe über die Lage ihrer Wirkungslinien (21).

Im Falle einer exzentrischen Belastung wird diese zerlegt in eine zentrische und in ein angreifendes Drehmoment. Mit dem ersten Belastungsanteil wird wie oben verfahren, aber auch mit dem zweiten können dieselben Dreimomentengleichungen verwendet werden, falls die Belastungsglieder nach Gl. (28) eingesetzt werden.

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. *Konrad Basler,* Südstrasse 1090, Egg bei Zürich

Neue Wege zur Behandlung schiefer Türme

DK 624.159.2

Von Prof. Dr. **R. Haefeli,** Zürich

Die Schiefstellung von Türmen ist ein schleichender, sich oft über Jahrhunderte erstreckender Vorgang, wobei die Exzentrität der Resultierenden immer grösser wird. Bodenmechanisch betrachtet handelt es sich dabei um eine stetig fortschreitende Verformung des Untergrundes unter der Wirkung äusserer Kräfte (Auflagerkräfte des Turmes), d. h. um einen *Kriechprozess,* welcher die Nachsetzung mit umfasst. Es liegt daher nahe, die gleiche Eigenschaft des Bodens, nämlich seine Kriechfähigkeit, zu verwenden, um die Schiefstellung des zu behandelnden Objektes zu korrigieren bzw. zu beeinflussen.

Um einen schiefen Turm wieder aufzurichten oder in einer bestimmten Lage zu stabilisieren, können künstlich regulierbare Kriechprozesse eingeleitet werden, die der Schiefstellung in der gewünschten Weise entgegen wirken. Nach diesem Verfahren wurde in den Jahren 1955—1956 ein 30 m hoher, im kriechenden Bergschutt fundierter Pfeiler des Castieler Viadukts[1]) der Rhätischen Bahn durch einen regulierbaren Seilzug mit Erfolg behandelt. Dabei zeigte es sich, dass bei einer geeigneten Disposition die äusserlich aufgebrachten Zusatzkräfte so reguliert werden können, dass nach gegebener Zeit eine vorgeschriebene Neigung des schiefen Objektes erzielt wird. In ähnlicher Weise wurde schon in den 20er Jahren der äusserste Pfeiler des linksseitigen Anschlussviaduktes der Eisenbahnbrücke bei Eglisau[2]), der sich durch den einseitigen Gewölbeschub gegen den Fluss geneigt hatte, dadurch korrigiert, dass man auf den Pfeilerkopf einen konstanten, vom eisernen Ueberbau aufgenommenen Horizontaldruck — als Ersatz für den fehlenden Gewölbeschub — wirken liess.

In gewissen Fällen, insbesondere bei berühmten Baudenkmälern, wie z. B. beim schiefen Turm von Pisa, besteht die Aufgabe bekanntlich darin, den Turm — wenn überhaupt — nur soweit aufzurichten, als dies vom Standpunkt der Sicherheit aus notwendig ist. Er muss also in einer gerade noch stabilen Lage erhalten bzw. fixiert werden, d. h. mit einer «zulässigen Schiefstellung», die seinem Weltruf als der «schiefe Turm» angemessen ist.

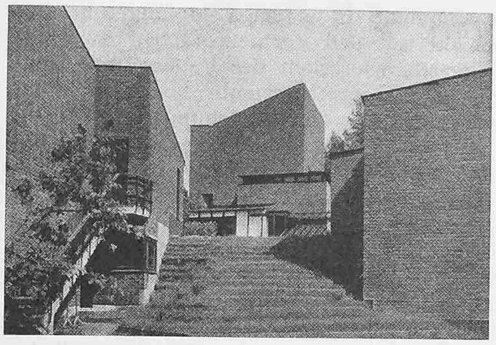
In diesem wie in allen andern ähnlich gelagerten Fällen wird die Aufgabe dadurch wesentlich erschwert, dass die korrigierenden Kräfte, die den stabilisierenden Kriechprozess bewirken, äusserlich nicht in Erscheinung treten sollen. Die letzte Bedingung kann dadurch erfüllt werden, dass man die Korrekturkräfte unter der Bodenoberfläche auf das betreffende Objekt bzw. dessen Fundamente angreifen lässt, was allerdings in der Regel mit einer gewissen Verteuerung der Sanierung verbunden ist. Trotzdem dürfte die genannte Methode, die nicht zuletzt auf den Fortschritten der Bodenmechanik und insbesondere auf den neuen Erkenntnissen

1) Vergleiche auch SBZ Bd. 124, S. 255 ff. (1944)

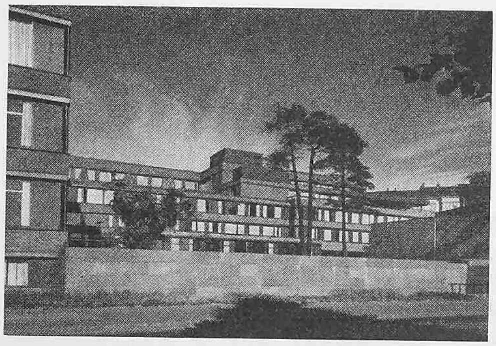
2) Siehe SBZ Bd. 79, S. 133 ff. (1922); ähnlich Sitter-Brücke der BT, SBZ Bd. 83, S. 287 ff. (1924).

über die rheologischen Eigenschaften der Böden beruht, den meisten anderen Verfahren, wie z. B. einer blossen Unterfangung, technisch und wirtschaftlich überlegen sein. Ob sie auch auf schief stehende Hochhäuser anwendbar ist, ist eine Frage, die sich nicht allgemein beantworten lässt, sondern von Fall zu Fall geprüft werden muss.

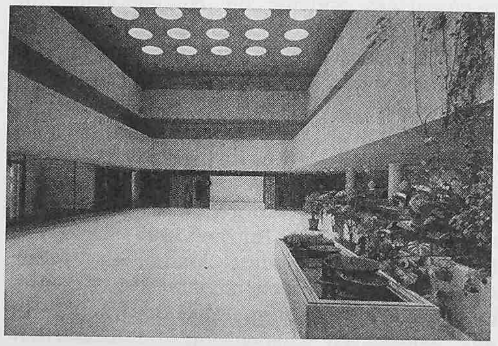
Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *R. Haefeli*, Susenbergstrasse 193, Zürich 7/44.



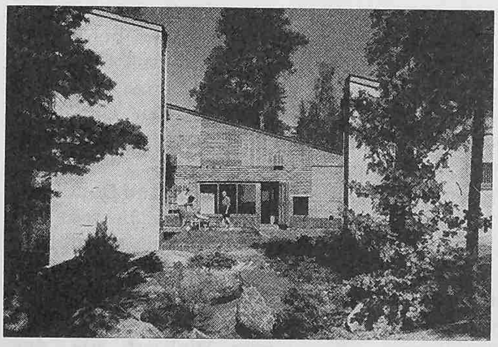
Rathaus Säynätsalo (1949). Treppenaufgang zum Innenhof mit Rathaussaal



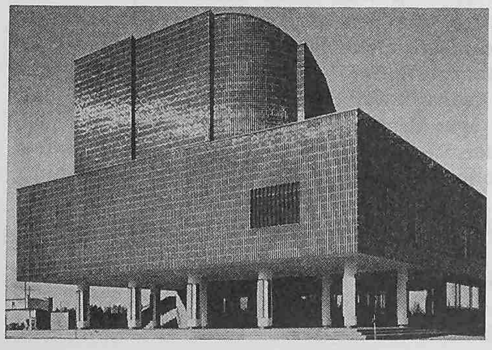
Verwaltungsgebäude Volkspensionsanstalt in Helsinki (1952/1956)



Halle im Bürohaus «Rautatalo» in Helsinki. Rechts hinter dem Wasserspiel die Cafeteria (1954)



Ferienhaus in Muuratsalo (1957) mit verschiedenartigen Backstein-, Terracotta- und Glasur-Mustern



Rathaus in Seinäjoki (1960), verkleidet mit blauglasierten, halbrunden Klinkern der Arabia

Alvar Aalto 1922-1962

DK 72.071.1

Bilde, Künstler! Rede nicht! (Goethe)

Vor ein paar Monaten ist das erste Aalto-Buch [1]) erschienen. Wer über es schreiben soll, begreift, warum das Werk eines der Pioniere und des wohl ursprünglichsten Künstlers der modernen Architektur erst jetzt in einem Buch herauskommt, begreift auch, warum es 10 Jahre gedauert hat, bis der Band fertig geworden ist: Wie nämlich ist das, was zum Namen «Aalto» gehört, zwischen zwei Buchdeckel zu bringen? Und wie soll man es benennen? Aaltos Architektur ist weder fotogen noch beschreibbar. Es scheint, als verlören auf der zweidimensionalen Abbildung seine Bauten ihr Wesentlichstes. Und was gibt es über einen zu schreiben, der keine Manifeste veröffentlicht, keine Theorien angeboten und keine Aufsätze geschrieben hat, der, nach seinen Prinzipien und Grundsätzen gefragt, nichts anderes antwortet als: «ich baue». — Was aber soll dieses etwas geheimnisvolle «ich baue» wohl heissen? — Auf diese Frage, die auf den Kern von Aaltos Wesen geht, erwartet man von dem Buch Aufschluss.

Vom finnischen Theater in Turku (1927/29) bis zum Plan des neuen Zentrums Helsinki präsentiert das Buch in chronologischer Reihenfolge alle wichtigeren Werke Aaltos. Dabei fällt einem auf: Kein Bau ist darauf angewiesen, dass er als Glied der Reihe sämtlicher Bauten genommen werde, sondern ein jeder ist etwas unverwechselbar Eigenes, hat sein Gesicht, seinen einmaligen Charakter. Kein Bau ist so nur Beispiel für eine gewisse, immer gleiche Art, wie Aalto bauen würde. Jeder ist ein Gesamtwerk für sich, steht da als neugeborenes Individuum, keiner Zuordnung, keiner Einreihung, keines Kommentars bedürftig.

Aalto gehört also zu keiner Richtung oder Bewegung. «Aalto», das ist etwas ganz Einmaliges. Und darum gibt es auch keine kunstgeschichtlichen Begriffe, mit denen Aalto zu haschen wäre. Wie der Meergott Proteus in der griechischen Mythologie verwandelt er sich, wenn man ihn anfasst, immer gleich in eine andere Gestalt. Aalto, heisst das, ist in keine Lehre zu zwängen; und er selber trägt auch keine vor. Seine Bauten demonstrieren nichts, sie sind nicht einmal kompromisslos; jeder Bau scheint nur das zu sagen, was Aalto am CIAM-Kongress 1933 auf die Frage, wer er sei, geantwortet haben soll: «Nun, das bin ich!»

Mehr ist tatsächlich auch nie zu sagen. Wenn Aalto selber eines seiner Projekte erläutern muss, so redet er nur von der Sache: von den Vor- und Nachteilen des Bauplatzes, den Bedingungen des Ortes, von der Organisation der Situation und der Grundrisse, vom Verkehr (vgl. Aaltos Erläuterungen zu seinem Zentrumsplan Helsinki, SBZ 1963, H. 38, S. 670 bis 672). Darum wirkt auch alles, was Aalto gebaut hat, so ungezwungen und natürlich, gleichsam gewachsen aus der Umgebung. Diese Architektur hat keine Pose, sie fordert nicht zum Grübeln und «Interpretieren» auf: «Nun, das bin ich!» Ein solcher Ausspruch ist weder bescheiden noch überheblich: Er ist das Einfachste und Aufrichtigste, was man von sich sagen kann.

Es ist die grosse Leistung dieses Buchs, dieses Einfache und doch Unfassliche von Aaltos Architektur fühlbar zu machen. Es bringt Aalto in kein Schema, es macht seine Bauten nicht auf, es bildet sie wohltuend effektlos, ohne photogra-

1) *Alvar Aalto 1922 bis 1962.* Redaktionelle Bearbeitung von *K. Fleig.* 272 S. mit rund 500 Abb., einige davon sind farbig. Zürich 1963, Verlag Girsberger. Preis 65 Fr.