

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 69 (1951)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Statische Modellversuche zu Gewölbestaumauern  
**Autor:** Tschsch, E. / Jaburek, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-58848>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

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

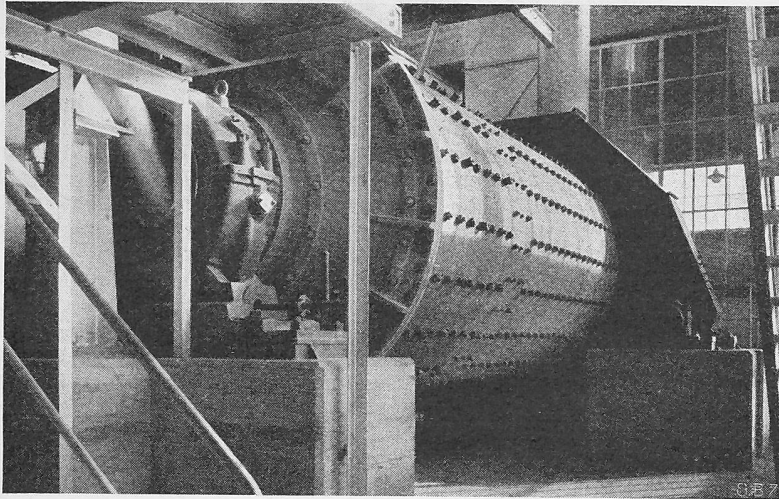


Bild 9. Kugelmühle

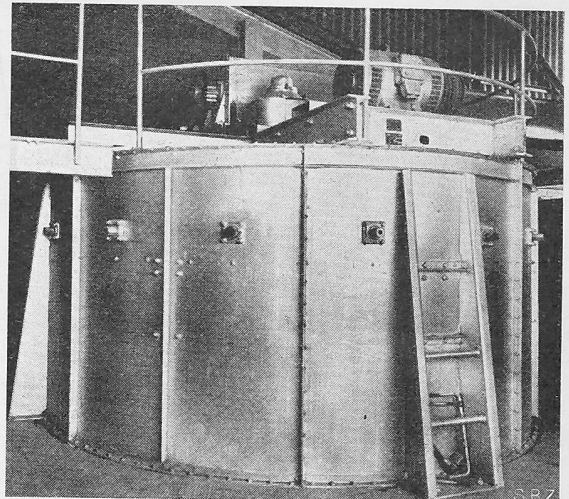


Bild 10. Streusichter

die Schnecke 9 in den Sichter 10. Hier wird das genügend feine Gut von den Griessen getrennt und strömt dem Zementsilo zu, während die Griesse wiederum der Mühle zurückgegeben werden und dort zusammen mit dem neu aufgegebenen Klinker den Kreislauf von vorne beginnen. Bild 10 zeigt einen Streusichter. Das Gut wird von oben auf eine horizontale Scheibe aufgegeben, die mit grosser Geschwindigkeit um eine vertikale Achse rotiert und mit Schaufeln versehen ist, die eine intensive Luftströmung erzeugen. Die gröberen Teile werden dabei nach aussen geschleudert, während die feineren mit dem Luftstrom abziehen.

Bei diesem Verfahren bleibt das Mahlgut nur während verhältnismässig kurzer Zeit in der Mühle. Diese wird dank der fortwährenden Ausscheidung von Zement im Streusichter entlastet. Sie wird in üblicher Weise durch Zirkulationsluft entstaubt, die im Schlauchfilter 12 gereinigt und durch den Ventilator 13 ins Freie ausgestossen wird. Die Transportschnecke 14 fördert den ausgeschiedenen Staub in den Zementsilo.

#### c) Konstruktion der Mühlen

Bei den beiden oben beschriebenen Verfahren verwendet man verhältnismässig kurz gebaute Kugelmühlen mit zwei Kammern, wie sie auf den Bildern 8 und 9 dargestellt sind. Zwei kräftige Lager mit kugelig abgestützten Lagerschalen, die mit Weissmetall ausgegossen sind, tragen die Trommel. Diese ist inwendig mit Mahlplatten ausgekleidet und mit Kugeln verschiedener Grösse aus Stahl (in der ersten Kammer) bzw. Hartguss (in der zweiten Kammer) gefüllt. Die Mahlplatten (Rauten- bzw. Wulstplatten) heben die Kugeln und das Mahlgut bei der Drehung hoch und lassen beides wieder nach unten fallen, wodurch die Zerkleinerung zustande kommt.

Die Trommel ist vollständig elektrisch geschweisst und nachher als Ganzes im Ofen spannungsfrei gegläht. Diese neuartige Konstruktion ermöglicht eine einwandfreie Verstärkung der Mannlochöffnungen, und die allseitig glatte Oberfläche erleichtert beträchtlich die Befestigung der Mahlplatten und der übrigen Einbauten. Die Betriebszeiten sind allerdings noch zu kurz, als dass ein abschliessendes Urteil über geschweisste Mühlen abgegeben werden könnte.

Der Bau von Zementmaschinen hat sich seit der Aufnahme dieser Spezialität überaus erfreulich entwickelt, und es konnte eine grosse Anzahl von Maschinen der verschiedensten Art geliefert werden. Die bis jetzt gemachten Erfahrungen sind sehr günstig und lassen für die Zukunft eine vielversprechende Entwicklung erwarten. Durch eine interessante Zusammenarbeit mit ausländischen Firmen wurde die Möglichkeit geschaffen, Zementmaschinen und die mechanische Ausrüstung für ganze Zementfabriken nach Uebersee zu liefern. Eine erste solche Anlage für Afrika befindet sich schon im Bau.

#### Statische Modellversuche zu Gewölbbestaumauern

Von Prof. Dr. sc. techn. E. TSCHÉCH und Dr. sc. techn. F. JABUREK, Versuchsanstalt der Techn. Hochschule Graz DK 627.821.4.00157 (Schluss von S. 219)

#### II. Modell der Hierzmansperre

Die Hierzmansperre, die im Jahre 1950 vollendet wurde, ist eine 55 m hohe Gewölbemauer (Bild 14) mit ähnlicher Profilgestaltung wie die Salzamauer. Die Kronenstärke beträgt hier 2,7 m, die Kronenlänge 180 m; der Fuss ist 18 m stark. Sie ist in Kreisbogen gleicher Stärke ausgeführt und leicht gegen die Wasserseite vertikal gewölbt. Diese Staumauer musste infolge der Talform stark unsymmetrisch ausgeführt werden. Ihr Speicherraum bei Vollstau hat 7,2 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt.

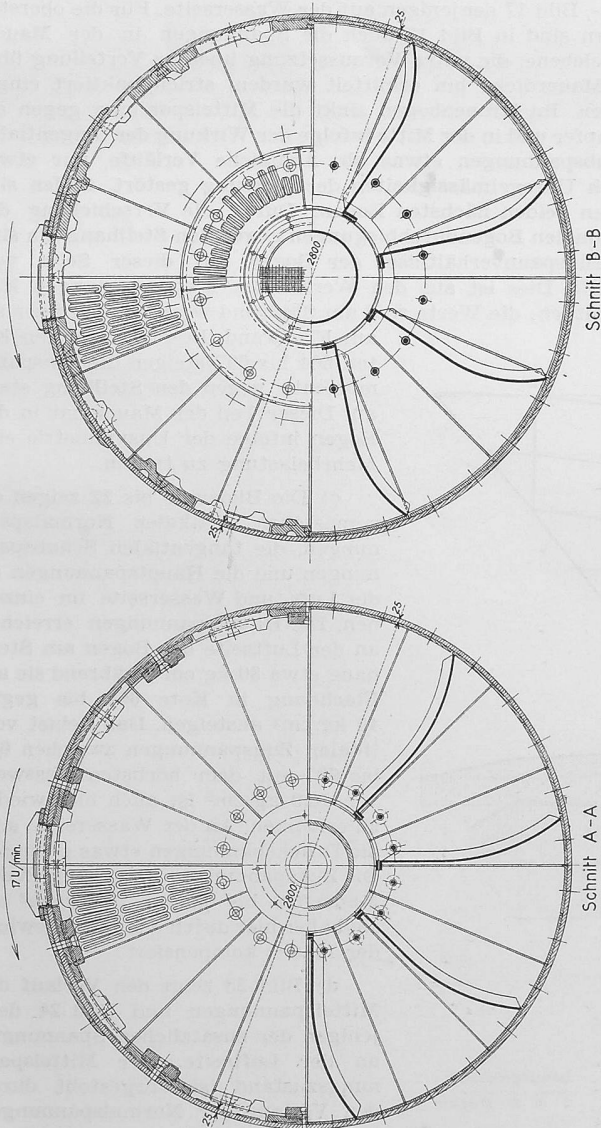


Bild 8. Kugelmühle. Querschnitte, Masstab 1:40

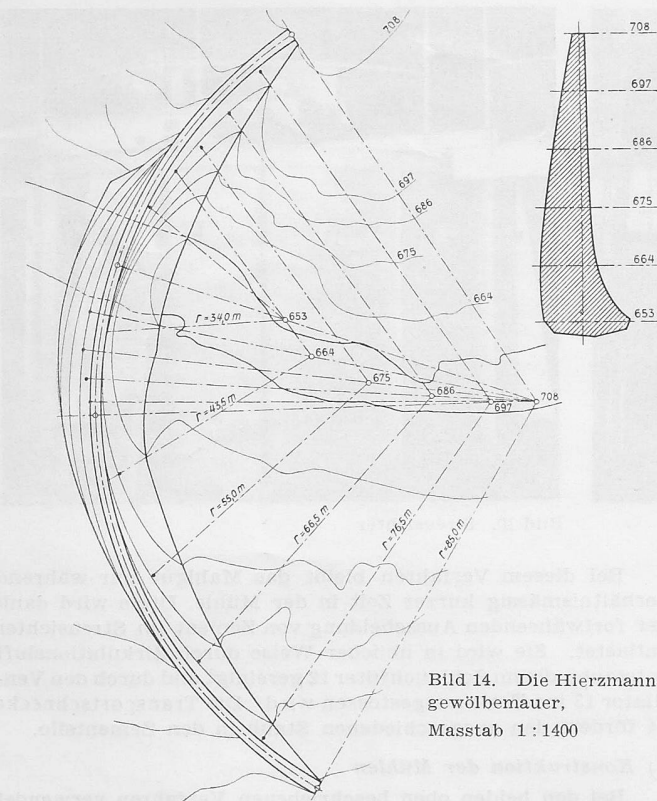


Bild 14. Die Hierzmännengewölbemauer,  
Masstab 1:1400

Die Versuchsergebnisse am Modell der Hierzmännisperre bezüglich des Verformungs- und Spannungszustandes unter dem Einfluss der Wasserlast sind in den Bildern 15 bis 26 niedergelegt.

a) Die radialen Verschiebungen der Mauer, die räumlich in Bild 15 dargestellt sind, haben ihren Grösstwert im Kronenbogen zwischen den Schnitten e und s. Wenn man den Verlauf der grössten Durchbiegung der Bogen über die Mauerhöhe hin verfolgt, so zeigt sich, dass diese Punkte durchwegs zwischen der Linie der Bogenscheitel s und dem grössten Träger d liegen. Die Bogen allein würden naturgemäss die grösste Durchbiegung in ihren Scheiteln annehmen, so dass sich ohne die Tragwirkung der Kragträger die Linie grösster Durchbiegungen nach der vom Punkt s der Krone aus ver-

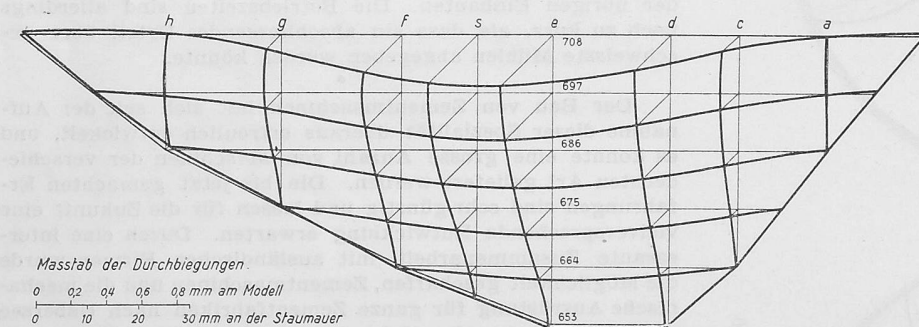


Bild 15. Radiale Verschiebungen

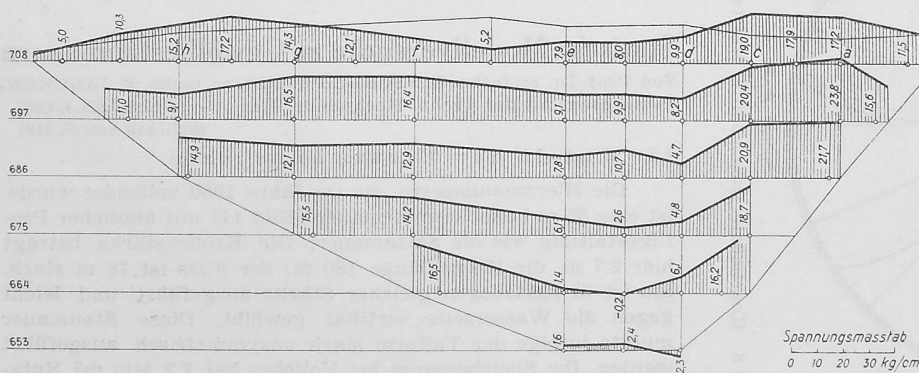


Bild 16. Verlauf der horizontalen Normalspannungen an der Luftseite

laufenden Scheitelkurve der Bogen ergeben müsste. Die wirkliche Linie der grössten Radialverschiebung in den einzelnen Horizontalschnitten, die im Wechselspiel der Lastaufteilung zwischen Kragträgern und Bogen zustande kommen, liegt zwischen der Bogenscheitelkurve und dem grössten Träger und verläuft von einem Punkt zwischen e und s der Krone gegen die flache Hangseite hin oben konvex und unten konkav gekrümmt bis zum Grundbogen. Diese Kurve gibt etwa die natürliche Teilung der Mauer in ihre rechte und linke Hälfte an, wobei die rechte Hälfte am Steilhang etwas kleiner ist und daher stärker gekrümmt wird.

Der Verlauf der radialen Verschiebungen über die Mauerhöhe hin zeigt ungefähr zwischen Schnitt d und f die Grösstwerte im Kronenbogen. Diese Verteilung rührt von der breiteren Talform im Zusammenhang mit dem gewölbten Mauerprofil her. Die oberen Bogen sind relativ schwach und weit gespannt. Die Mauer neigt sich in ihrem Mittelteil als Ganzes gegen die Luftseite hin. In den Vertikalschnitten c und g liegt die stärkste Durchbiegung schon etwas unter der Krone; vom Vertikalschnitt a nach rechts und h nach links schiebt sich die Mauer gegen die Wasserseite vor. Die letztgenannte Erscheinung ist für Bogenmauern charakteristisch; sie erklärt sich aus der Tatsache, dass die kurzen und steilen Kragträger nahe den Widerlagern ähnlich wie Pfeiler wirken, um die der Kronenbogen nach beiden Seiten schwenkt. Dieser Pfeiler ist naturgemäss beim flachen Hang weiter nach der Mitte zu gelegen als beim Steilhang.

Die Vertikalverschiebung der Krone, deren Grösstwert nach der Messung nicht in Mauermitte auftritt, sondern gegen den Steilhang hin verschoben ist, entspricht dem allgemeinen unsymmetrischen Verhalten der Mauer, deren grösste Verschiebung sowohl horizontal als auch vertikal rechts vom Scheitel des Kronenbogens liegt.

b) Bild 16 zeigt den Verlauf der Bogenspannungen an der Luft-, Bild 17 denjenigen auf der Wasserseite. Für die obersten Bogen sind in Bild 17 auch die Spannungen in der Mauermittelebene, die unter Voraussetzung linearer Verteilung über die Mauerdicke hin ermittelt wurden, strichpunktiert eingetragen. Im Kronenbogen sinkt die Mittelspannung gegen die Kämpfer und in der Mitte infolge der Wirkung der tangentialen Schubspannungen etwas ab. Ähnliche Verläufe, nur etwas durch Unregelmässigkeiten der Messung gestört, finden sich in den beiden nächsten Bogen. Durch die Verschiebung der maximalen Bogendurchbiegungen gegen den Steilhang hin sind die Einspannverhältnisse der Bogen auf dieser Seite verschärft. Dies ist aus den Werten der Biegespannungen klar ersichtlich; die Werte sind am Steilrand wesentlich grösser als am Flachrand. Besonders in den Korten 664 bis 697 steigen die Einspannmomente gegen den Steilhang stark an. Dieser Teil der Mauer hat in den Bogen infolge der Unsymmetrie eine Mehrbelastung zu tragen.

c) Die Bilder 18 bis 22 zeigen die gemessenen vertikalen Normalspannungen, die tangentialen Schubspannungen und die Hauptspannungen an der Luft- und Wasserseite im einzelnen. Die Hauptspannungen erreichen an der Luftseite der Bogen am Steilhang etwa 30 kg/cm<sup>2</sup>, während sie am Flachhang in Korte 664 bis gegen 40 kg/cm<sup>2</sup> ansteigen. Das Gebiet vertikaler Zugspannungen zwischen 686 bis 697 mit dem höchsten Messwert von 10,9 kg/cm<sup>2</sup> ist auch hier wieder zu erkennen. An der Wasserseite sind die Druckspannungen etwas geringer. Die Zugspannungen steigen gegen den Mauerfuss bis über — 10 kg/cm<sup>2</sup> an, sind aber hier durch das Eigengewicht der Mauer kompensiert.

d) Bild 23 zeigt den Verlauf der Mittelspannungen und Bild 24 denjenigen der zusätzlichen Spannungen an der Luftseite. Der Mittelspannungszustand ist dargestellt durch den Verlauf der Normalspannungen in Bogenrichtung  $\sigma_{mh}$  und Krag-



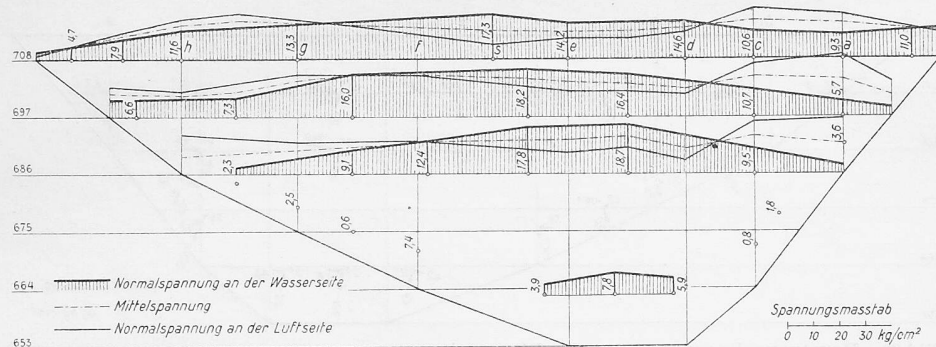


Bild 17. Verlauf der horizontalen Normalspannungen an der Wasserseite

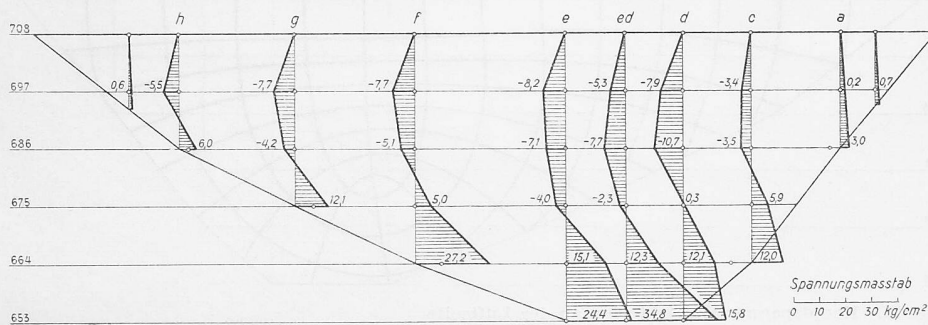


Bild 18. Verlauf der vertikalen Normalspannungen an der Luftseite

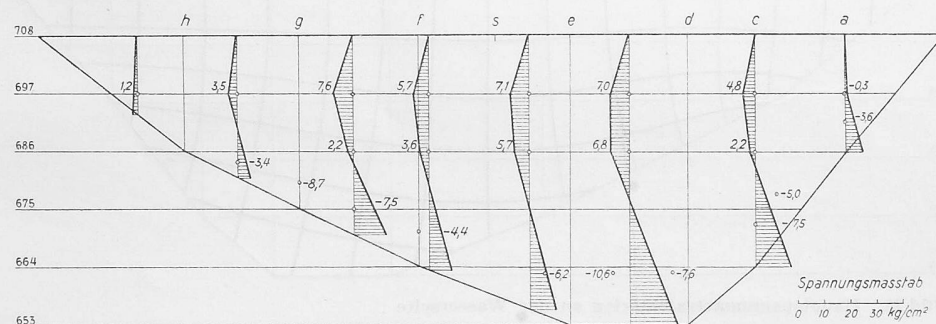


Bild 19. Verlauf der vertikalen Normalspannungen an der Wasserseite

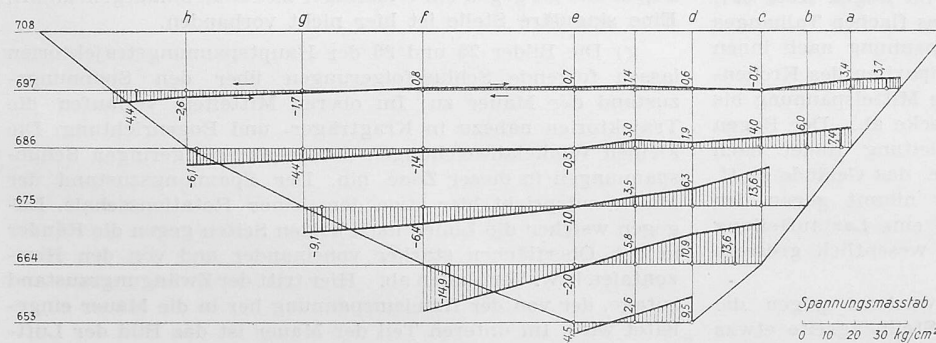


Bild 20. Verlauf der horizontalen Schubspannungen an der Luftseite

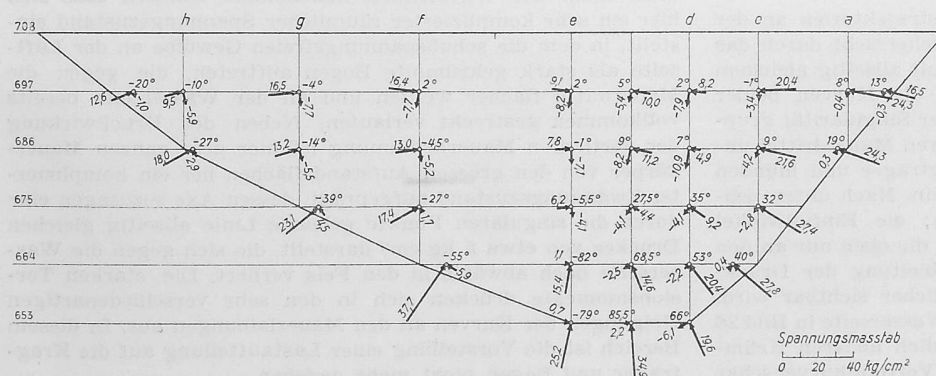


Bild 21. Hauptnormalspannungen an der Luftseite

trägerichtung  $\sigma_{mv}$  und durch die in diesen Schnittrichtungen übertragene Schubspannungen  $\tau_m$ . In der oberen Mauerhälfte sind diese Spannungen in ihrem Verlauf weitgehend gemessen; in der unteren Mauerhälfte ist der Mittelspannungszustand nur teilweise erfasst worden. Der Verlauf der Biege- und Drillmomente ist in Bild 24 durch die Angabe der horizontalen und vertikalen Biegespannungen  $\sigma_{bh}$  und  $\sigma_{bv}$  an der Luftseite und durch die dort in dieser Richtung vorhandenen Torsionsspannungen  $\tau_t$  dargestellt.

e) Bei der Deutung dieser Messergebnisse sei von der Betrachtung des über die Talsohle sich erhebenden Mauerteiles zwischen den Vertikalschnitten d und e ausgegangen. In diesem Teil stellt sich ungefähr ein Spannungsverlauf ein, wie man ihn aus der Theorie der Rotationsbehälter kennt. In der Talsohle ist die Umfangsdehnung stark behindert, die Mittelspannungen in Bogenrichtung sind daher dort klein. Der Wasserdruck, der dort angreift, wird zum Teil durch die Randquerkräfte in den Boden und zum Teil durch Querkräfte und zugehörige Biegemomente in Kragträgerichtung nach oben übertragen. Die Umfangsspannungen  $\sigma_{mh}$  bleiben demgemäss im unteren und mittleren Mauerteil wesentlich kleiner als die Bogenspannungen, wie sie sich durch die Rohrformel ergeben; oben in der Umgebung der Mauerkrone übertreffen sie diese.

Die vertikalen Mittelspannungen sind im allgemeinen klein. Im unteren Teil der Mauer erscheinen infolge der vertikalen Mauerkrümmung auch namhafte Mittelspannungen. Sie sind Druckspannungen entsprechend dem Kräftegleichgewicht in der Schalenormalen. Sie erreichen ihren grössten Wert von 9 bis 10 kg/cm² am Fusse der Mauer und haben hier eine günstige vermindernende Wirkung auf die an der Wasserseite auftretenden Biegezugspannungen. In den oberen Teilen der Mauer haben sich meist geringe Zugspannungen unter 2 bis 3 kg/cm² ergeben, deren Beurteilung unsicher ist. In den Seitenteilen der Mauer sind solche Spannungen sehr wohl zu erwarten, da sie aus jenen vertikalen Schubspannungen entstehen, die das Hochschieben des Mittelteiles der Mauer verhindern.

Die vertikalen Biegespannungen ergeben die grossen vertikalen Normalspannungen. Ihre Verteilung über die Mauerhöhe hin ist für die Behälter charakteristisch. Sie klingen hier infolge der grossen Mauerstärke nur langsam von unten nach oben ab. Zwischen der Kote 675 und der Mauerkrone hat sich so im Mittelteil der Mauer an der Luftseite ein Gebiet vertikaler Zugspannungen gezeigt. In diesem Gebiet ist durch das Eigengewicht der Mauer noch kein genügender Abbau dieser nicht unerheblichen Zugspannungen zu erwarten. Dieses Zuggebiet klingt gegen den Steilhang hin verhältnismässig rasch ab; dagegen erstreckt es sich nach der flachen Talseite noch sehr weit.





