Photoelastische Untersuchungen an den Wehrpfeilern des Kraftwerkes Schaffhausen

Autor(en): **Martinola, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 44

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-66255

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Berufe der Maschinen- und Elektroingenieure sowie der Mathematiker und Physiker erkennen.

Neuaufnahmen an der ETH im Jahre	1956		1961		
	Schweizer und Ausländer A	Schweizer allein B	Schweizer und Ausländer A	Schweizer allein B	Zunahme seit 1956 in % A/B
Masch.-Ing.	102	80	171	136	68/70
El.-Ing.	93	75	147	119	58/59
Math. u. Phys.	70	58	160	131	129/126
Uebrige Abt.	416	359	527	444	27/24
Alle Abt.	681	572	1005	830	54/45

Auch die EPUL hat eine gewisse Zunahme von Studierenden zu verzeichnen, sie entfällt aber überwiegend auf Ausländer.

Im Bericht des AGV wird auf die Bedeutung hingewiesen, welche der Weiterbildung aller Stufen zukommt und der auch die Firmen im Rahmen ihrer Personalpolitik grosses Interesse entgegenbringen, gilt es doch, fähige Nachwuchskräfte in den eigenen Reihen zu ermitteln und für den beruflichen Aufstieg auszubilden.

In einem ausführlichen Kapitel wird der heutige Stand des Lehrlingswesens und der Werkmeister-Ausbildung geschildert. Wir beschränken uns nachstehend auf die Wiedergabe einiger besonders interessanter Feststellungen.

a) Lehrlingswesen. Der Lehrlingsbestand der die Industrie interessierenden Berufe nimmt seit 1951 stetig zu; für die Mitglieder des AGV allein betrug er 15 977 im Jahre 1961, oder 5,1 % mehr als im Vorjahr (Zeichner, Laboranten und Kaufleute einbezogen). Auf 161 089 Arbeiter (ohne Lehrlinge) entfielen im Berichtsjahr 12 059 Werkstattlehrlinge, oder 7,5 % der Arbeiterzahl. Dieser Nachwuchs verteilt sich auf 18 verschiedene Berufe.

	Jahr 1960	Jahr 1961	Zunahme in %
Total der Lehrlinge *aller* Branchen unseres Landes	110 442	119 450	8
Total der Lehrlinge der Metallverarbeitung (AGV-Mitglieder und andere)	36 606	38 946	6

b) Werkmeisterschule. Diese vom AGV im Jahre 1946 in *Winterthur* eröffnete Institution erlebte im Berichtsjahr die höchste Besuchsfrequenz. In den erweiterten Räumlichkeiten konnten insgesamt 276 Schüler aufgenommen werden. Die Nachfrage nach den Kursen war sehr gross und ein Teil der Anmeldungen musste aufs nächste Jahr zurückgestellt werden. Diese sechs verschiedene Lehrpläne umfassende Schule entspricht offensichtlich einem wachsenden Bedürfnis. Bemerkenswert ist auch, dass in allen Lehrplänen Menschenführung und Menschenkenntnis an erster Stelle aufgeführt sind. *G. A. Fischer*

Vermessungstechnische Abteilung des Technikums beider Basel

DK 373.639

Im Zusammenhang mit dem in Gründung begriffenen Technikum beider Basel wird im April 1963, vorläufig in Basel, der Schulbetrieb der Vermessungstechnischen Abteilung mit dem ersten Ausbildungs-Semester beginnen. Es handelt sich bei der Vermessungstechnischen Abteilung um ein Gemeinschaftswerk beider Halbkantone. Als Aufsichtsbehörde wirkt vorläufig die paritätische Technikums-Kommission Baselstadt-Baselland; später der noch zu bildende Technikumsrat. Mit der direkten Leitung sind von den beiden Kantonsregierungen interimistisch beauftragt worden: als Direktor Dr. *J. Dürrwang,* als Abteilungsvorsteher *E. Bachmann,* dipl. Ing. In der Aufsichtsbehörde wirken auch die Eidg. Vermessungsdirektion und Delegierte der Berufsverbände mit.

Die Ausbildung zerfällt in einen theoretischen Teil von 4 Semestern, die in Basel zu absolvieren sind, während das dritte Ausbildungsjahr ausserhalb der Schule bei einem Vermessungsamt oder Geometerbüro zu bestehen ist. Nach zwei Jahren erfolgt die Vordiplomprüfung; nach dem gelenkten Praktikum die Diplomprüfung. Das Diplom lautet auf «Vermessungstechniker des Technikums beider Basel» und wird von der Eidg. Vermessungsdirektion anerkannt. Interessenten können beim Sekretariat den Studienplan beziehen. Aufnahmebedingungen: Abgeschlossene Lehre als Vermessungszeichner und Bestehen einer Aufnahmeprüfung: Algebra (Gleichungen ersten Grades mit einer Unbekannten), Planimetrie (Grundkenntnisse), Trigonometrie (Rechtwinkliges Dreieck), Aufsatz und Rechnen.

Voraussichtlich wird das Semestergeld 60 Fr. und die Anmeldegebühr (einschl. Prüfungsgebühr für Neueintretende) 10 Fr. betragen. Die Gebühren für die übrigen Prüfungen werden noch festgelegt. Zur Abklärung organisatorischer Fragen ist für den ersten Kurs eine Voranmeldung auf dem entsprechenden Anmeldeschein erforderlich. Eine Anmeldegebühr ist hingegen noch nicht zu entrichten. Adresse für alle Zuschriften: Technikum beider Basel, Sekretariat der Vermesssungsabteilung, Vogelsangstrasse 15, Basel, Tel. 061/ 33 79 00.

DK 620.171.5:627.43

Photoelastische Untersuchungen an den Wehrpfeilern des Kraftwerkes Schaffhausen

Von Dr. **M. Martinola,** EMPA, Zürich

Fortsetzung von S. 729

g) *Versuchsergebnisse*

α. Homogenes Modell

Eigengewicht (Bilder 10a bis 10d)

In Bild 10a sind die Diagramme der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 längs ABCD dargestellt. Es treten ausschliesslich Druckspannungen auf. Der maximale Wert im Punkt D beträgt rund 5 kg/cm²; im Punkte A haben wir eine Druckspannung von 1,6 kg/cm² gemessen. Bild 10b zeigt die Diagramme der Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} senkrecht und parallel zur Linie ABCD. Wie im Massivbau üblich ist, haben wir die Druckspannungen als positiv und die Zugspannungen als negativ bezeichnet, für die Schubspannungen gilt die übliche Vorzeichenregel[12]).

[12]) Siehe z. B. H. Favre, Cours de Mécanique, T. I., Leemann, Zurich, 1953, S. 207.

Da für den Bauingenieur die Prüfung der Zuverlässigkeit einer Näherungsberechnung interessant sein dürfte, sind in Bild 10c auf die Horizontale ABC'D' (Projektion der Linie ABCD) die Werte der längs ABCD gemessenen Vertikalspannungen σ_v aufgetragen und diese mit zwei Näherungsberechnungen verglichen. Die gestrichelte Gerade stellt die Naviersche Lösung für den mit G_{tot} belasteten Querschnitt $\overline{AD}'$ des Pfeilerschaftes dar; die strichpunktierte Kurve entspricht der hydrostatischen Verteilung des Eigengewichtes + Auflasten. In Tabelle 2 sind die gemessenen Werte in den Punkten A, B, C, D mit den Näherungswerten und den relativen Fehlern dargestellt. Daraus geht klar hervor, wie vorsichtig man sein muss, wenn die Resultate der linearen Festigkeitslehre auf Scheiben extrapoliert werden.

Tabelle 2. Vergleich von gemessenen und Näherungswerten [13])

Punkt	σ_v gemess. Werte kg/cm²	$\bar{\sigma}_v$ nach Navier kg/cm²	σ_v' hydr. Verteilung kg/cm²	relativer Fehler $\frac{\sigma_v - \bar{\sigma}_v}{\sigma_v}$ %	relativer Fehler $\frac{\sigma_v - \sigma_v'}{\sigma_v}$ %
A	1,6	1,0	1,3	+38	+19
B	1,7	1,9	1,3	—12	+24
C	2,8	3,3	4,1	—18	—46
D	4,9	3,8	1,9	+22	+61

13) Der Vergleich bezieht sich nur auf die Mittelwerte der Spannungen über dem Pfeilerquerschnitt ohne Berücksichtigung der Spannungsspitze infolge plötzlicher Querschnittsänderung zwischen Pfeilerschaft und Sockel (Bild 15, Schnitt a — a).

Um eine gesamthafte Kontrolle der Messungen zu erhalten, haben wir die drei Gleichgewichtsbedingungen in der Ebene:

$$\sum X = 0, \qquad \sum Y = 0, \qquad \sum M_0 = 0,$$

auf den Pfeilerschaft angewandt. Zu diesem Zwecke sind die Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt}, graphisch durch die Resultierenden N_1, N_2, N_3, Q_1, Q_2, Q_3 ersetzt (Bild 10d). Tabelle 3 enthält die Kontrollresultate.

Wasserdruck

Die Diagramme der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 sind in Bild 11a dargestellt. Längs $\overline{AC}$ treten kleine Zugspannungen auf, deren maximaler Wert nur —0,9 kg/cm² beträgt; in D wurde die grösste Druckspannung von $\sigma_2 = 1{,}1$ kg/cm² gemessen. Bild 11 b zeigt den Verlauf der Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt}.

Vorspannung

Bild 12 a stellt die Diagramme der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 dar. Es treten praktisch nur Druckspannungen auf. Der maximale Wert beträgt in A $\sigma_A = 3{,}2$ kg/cm², in D ist $\sigma_D = 0{,}6$ kg/cm$_2$. Die Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} sind in Bild 12 b graphisch dargestellt. Um wieder die gemessenen Werte mit einer Näherungsberechnung zu vergleichen, ist in Bild

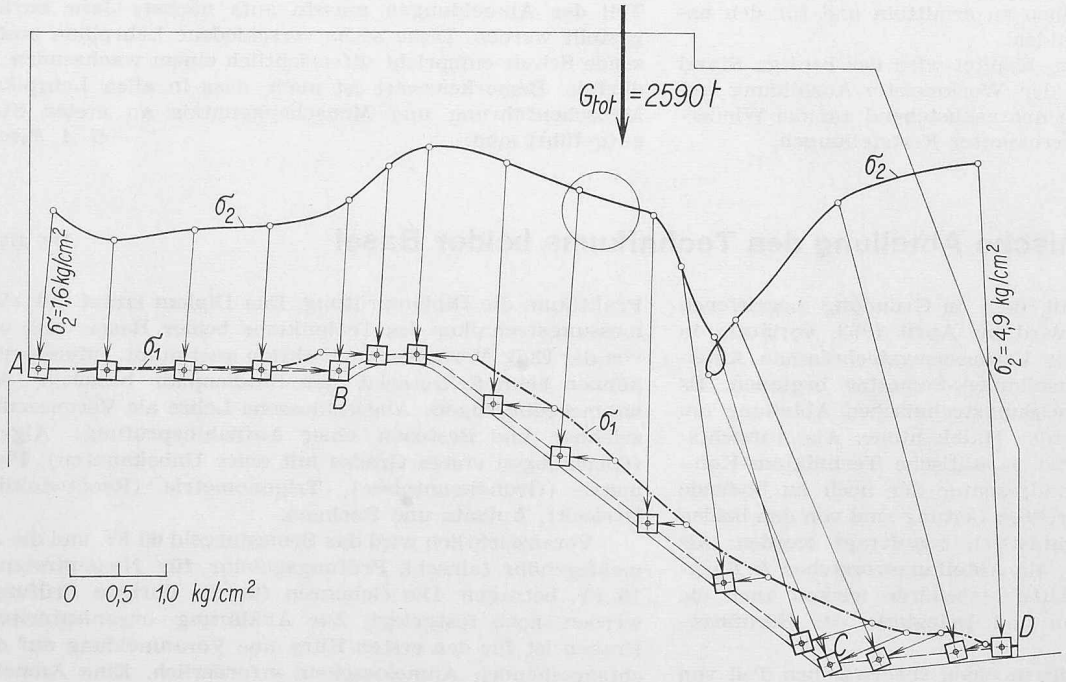


Bild 10a. Verlauf der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 längs A B C D infolge G_{tot}

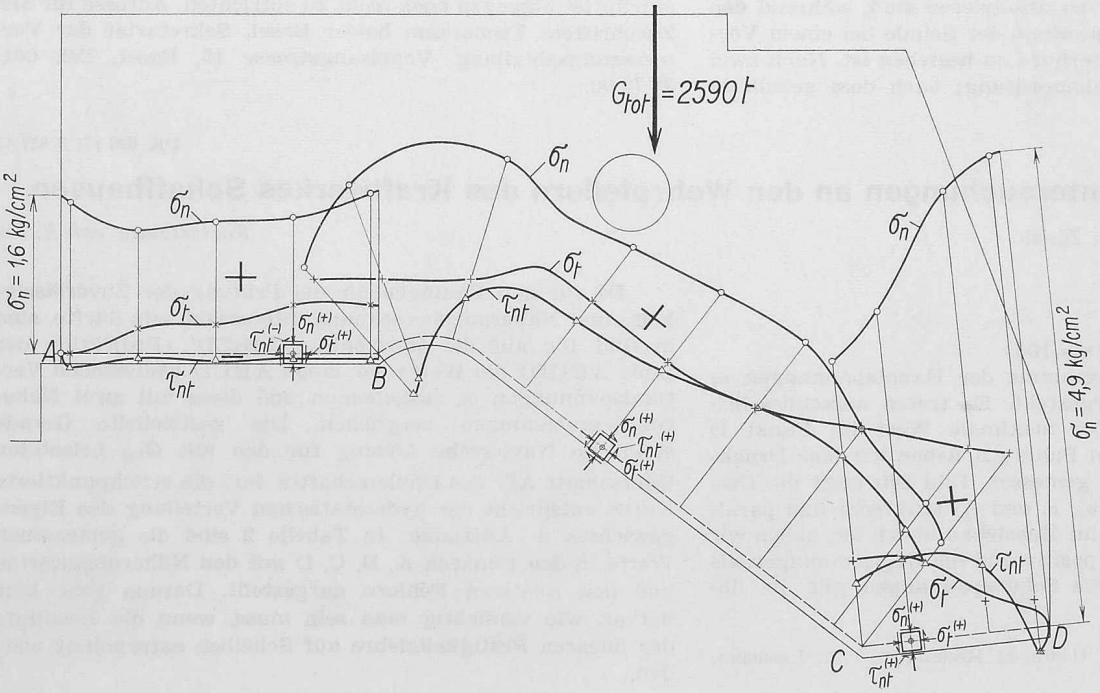


Bild 10b. Verlauf der Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} längs A B C D infolge G_{tot}

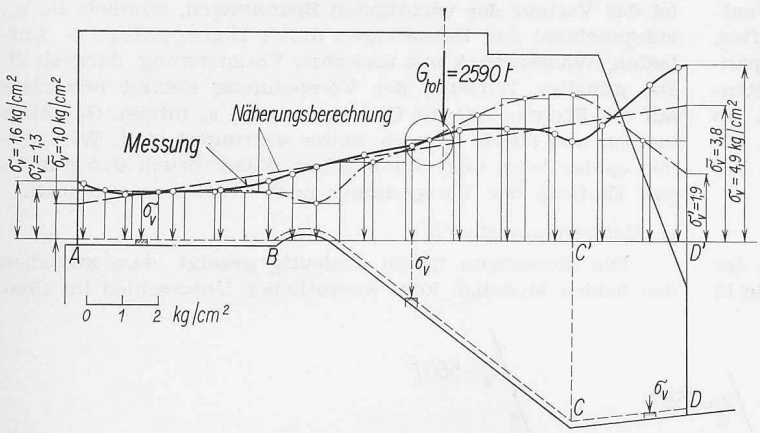


Bild 10c. Vergleich der Messungen mit den Näherungsberechnungen. Spannungen σ_v infolge G_{tot}

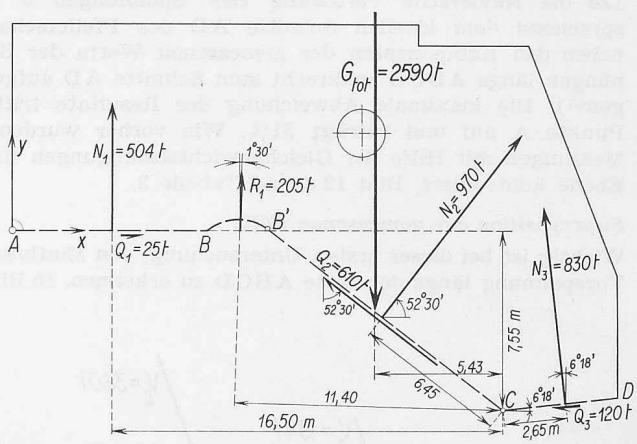


Bild 10d. Gleichgewichtskontrolle der äusseren und inneren Kräfte für die Belastung infolge G_{tot}

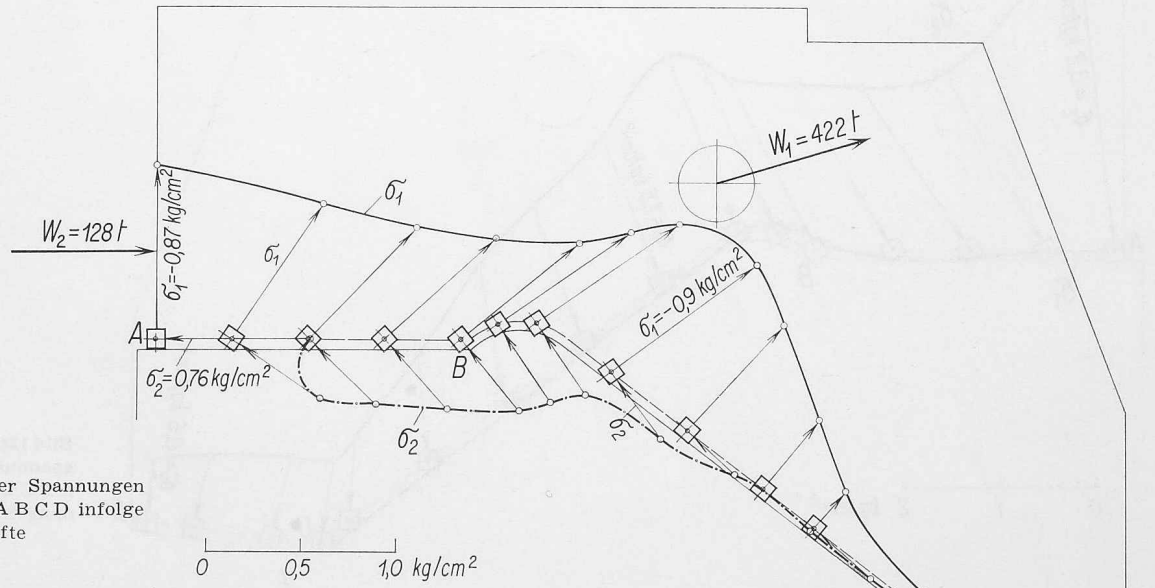


Bild 11b. Verlauf der Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} längs A B C D infolge der Wasserdruckkräfte $W = W_1 + W_2$

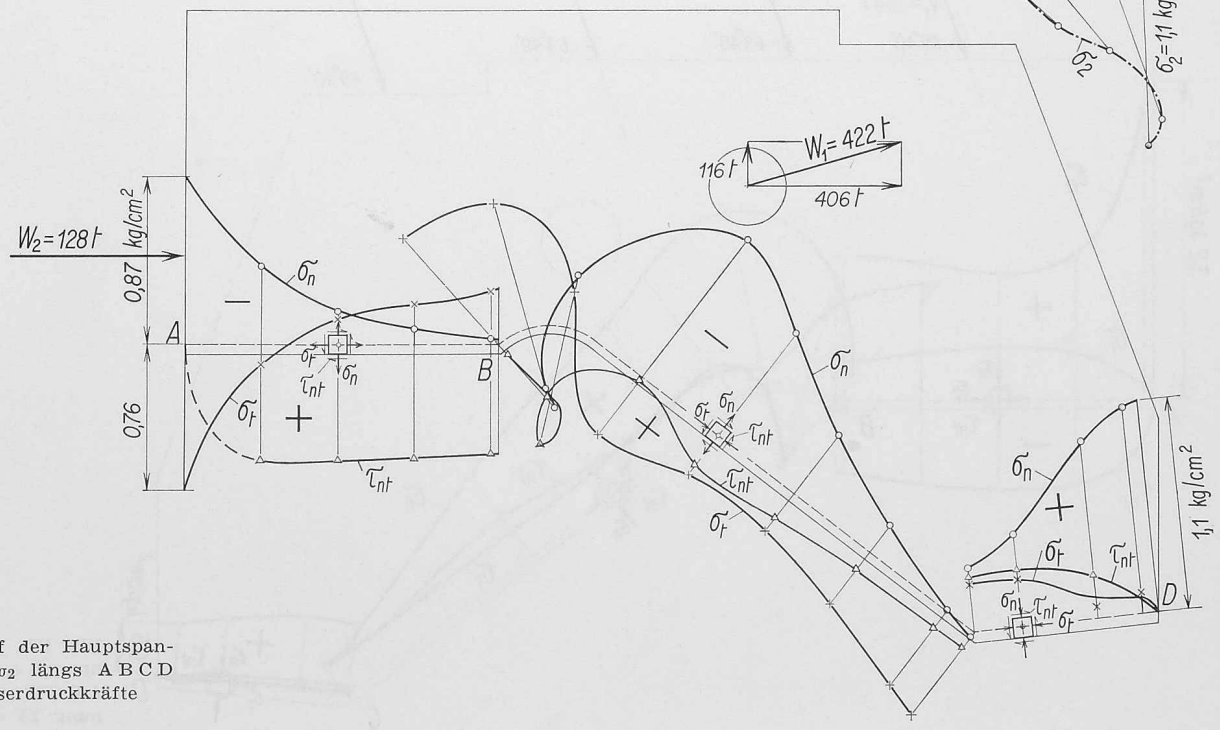


Bild 11a. Verlauf der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 längs A B C D infolge der Wasserdruckkräfte $W = W_1 + W_2$

12c die Naviersche Verteilung der Spannungen σ' entsprechend dem ideellen Schnitte AD des Pfeilerschaftes, neben den Komponenten der gemessenen Werte der Spannungen längs ABCD senkrecht zum Schnitte AD aufgetragen[13]). Die maximale Abweichung der Resultate tritt im Punkte A auf und beträgt 31%. Wie vorher wurden die Messungen mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen in der Ebene kontrolliert, Bild 12 d und Tabelle 3.

Superposition der gemessenen Fälle

Wichtig ist bei dieser ersten Untersuchung, den Einfluss der Vorspannung längs der Linie ABCD zu erkennen. In Bild 13 ist der Verlauf der wichtigsten Spannungen, nämlich die σ_n, entsprechend den Belastungen durch Eigengewicht + Auflasten, Wasserdruck mit und ohne Vorspannung, dargestellt. Die günstige Wirkung der Vorspannung kommt besonders auf der Strecke AC zur Geltung, wo die σ_n infolge G_{tot} klein bleiben und durch W noch weiter verringert sind. Wir werden später beim unsymmetrischen Wasserdruck den günstigen Einfluss der Vorspannung noch deutlicher erkennen.

β. Heterogenes Modell

Die Messungen haben eindeutig gezeigt, dass zwischen den beiden Modellen kein wesentlicher Unterschied im Cha-

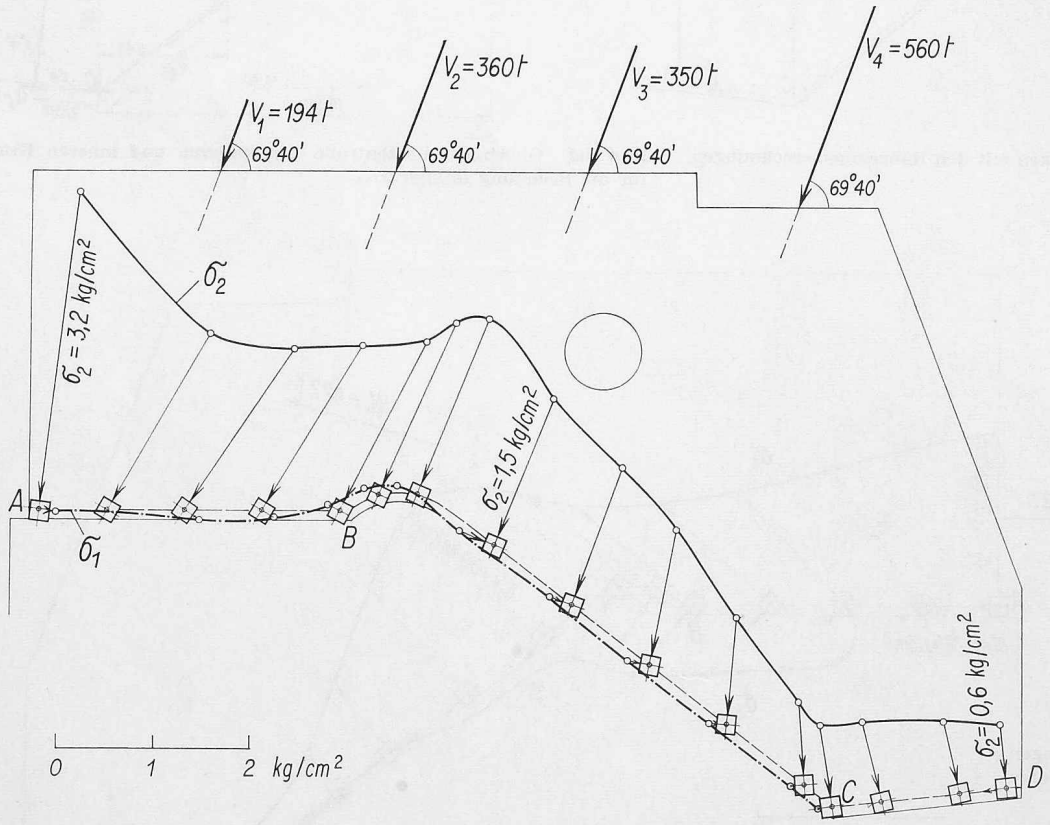


Bild 12a. Verlauf der Hauptspannungen σ_1 und σ_2 längs A B C D infolge der Vorspannung $\Sigma V = 1464$ t

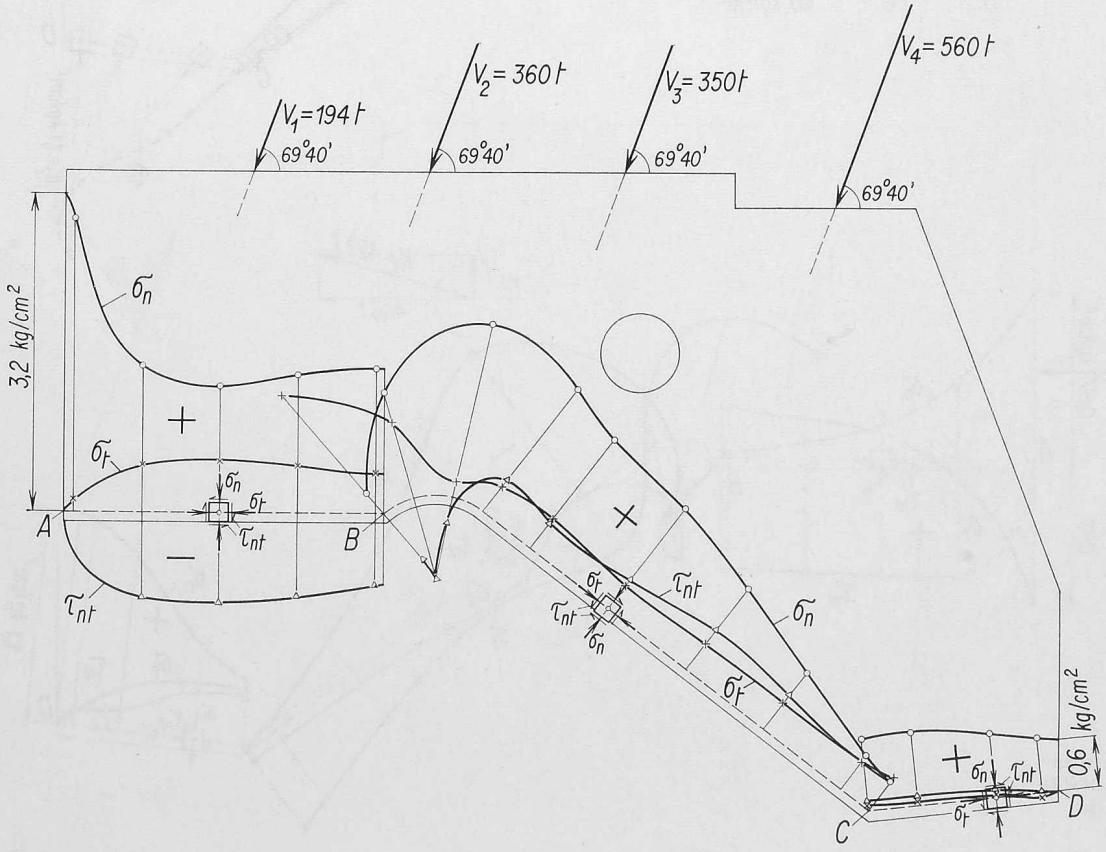


Bild 12b. Verlauf der Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} längs A B C D infolge der Vorspannung $\Sigma V = 1464$ t

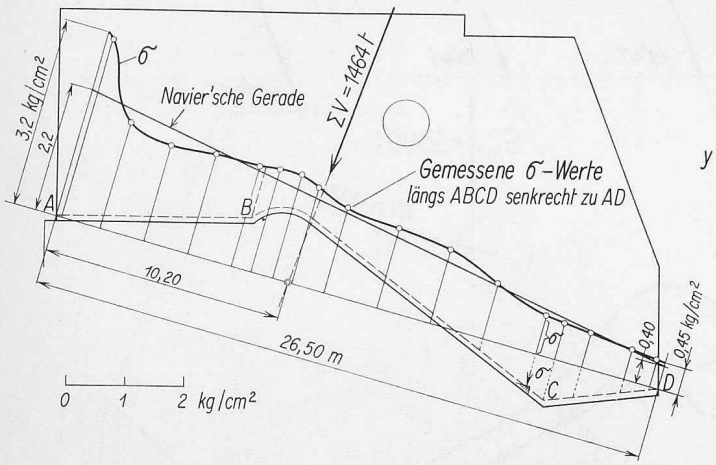


Bild 12c. Vergleich der Messungen mit den Näherungsberechnungen. Spannungen σ infolge der Vorspannung $\Sigma V = 1464$ t

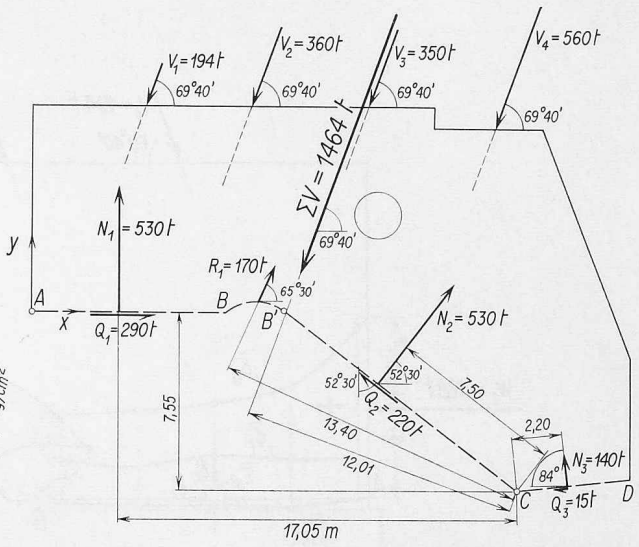


Bild 12d. Gleichgewichtskontrolle der äussern und innern Kräfte infolge $\Sigma V = 1464$ t

rakter der Spannungsverteilung vorhanden war. Wir beschränken uns darauf, in Bild 14 a die Diagramme von $\overline{\sigma_n}$, $\overline{\sigma_t}$ und $\overline{\tau_{nt}}$ infolge G_{tot}, W und ΣV darzustellen. Die Messungen wurden wieder mit Hilfe der drei Gleichgewichtsbedingungen am Pfeilerschaft kontrolliert, Bild 14 b und Tabelle 3. Die Kontrollresultate sind sehr befriedigend.

γ. Der Einfluss der Elastizität des Baugrundes auf die Spannungsverteilung längs A B C D

Um den Einfluss der Elastizität des Felsens zu erkennen, sind in Bild 15 die wichtigsten Spannungen σ_n ($E_B/E_F = 1$) und $\overline{\sigma_n}$ (E_B/E_F) = 5) nebeneinander gezeichnet. Für den homogenen Fall sieht der Verlauf der σ_n längs ABCD, wie zu erwarten war, gleichmässiger aus; der Quotient aus maximalem und min. Spannungswert gibt $(\sigma_n)_{max}/(\sigma_n)_{min} = 3{,}8$ und $(\overline{\sigma_n})_{max}/(\overline{\sigma_n})_{min} = 4{,}9$. Der weiche Boden verursacht in den Punkten A und D eine Zunahme der Normalspannungen um rund 18% bzw. 14% und dafür eine Ab-

Tabelle 3

			Sollwerte	graphisch ermittelte Werte
Homogenes Modell	Eigengewicht	ΣX	0	74 t
		ΣY	2 590 t	2 660 t
	+ Auflasten	ΣM_c	14 064 tm	14 900 tm
	$= G_{tot}$			
	Vorspannung : ΣV	ΣX	509 t	480 t
		ΣY	1 373 t	1 380 t
		ΣM_c	17 583 tm	17 170 tm
Heterogenes Modell	$G_{tot} + W$	ΣX	25 t	41 t
	$+ \Sigma V$	ΣY	3 847 t	3 850 t
	$= G_{tot}$	ΣM_A	54 830 tm	55 860 tm

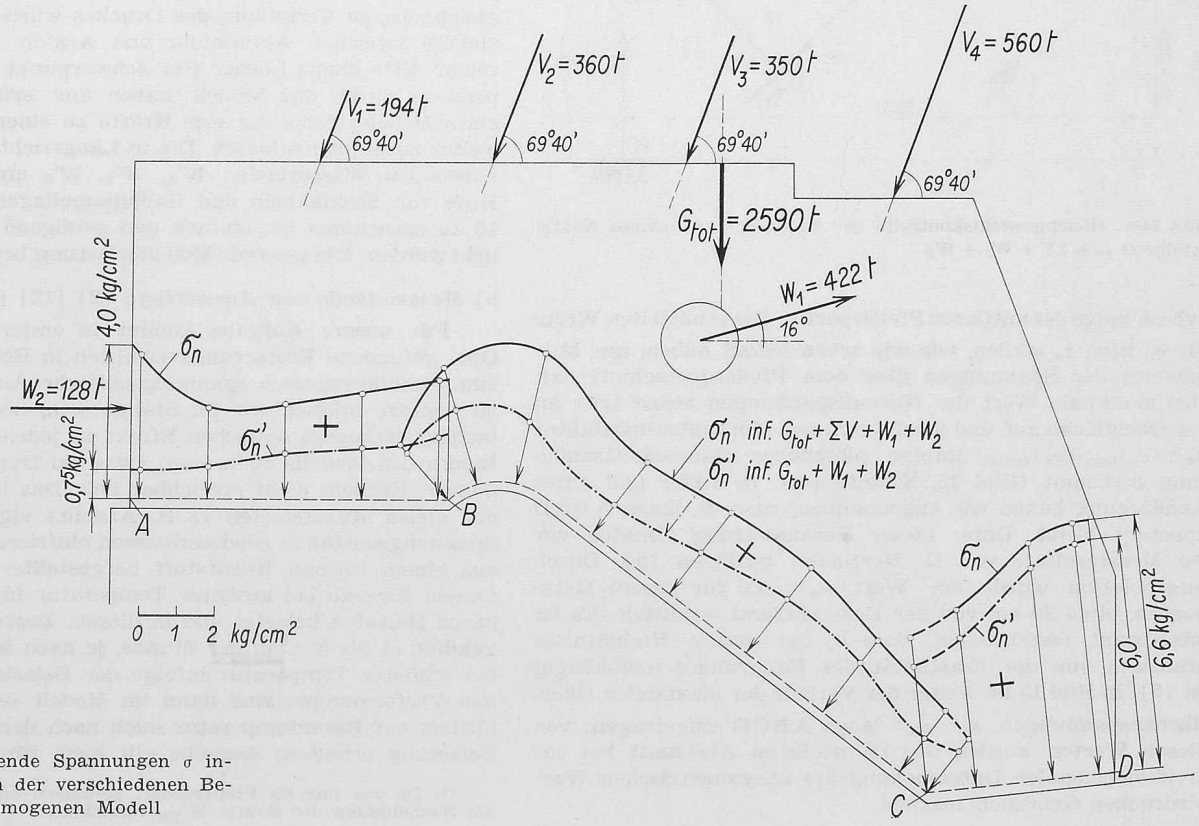


Bild 13. Resultierende Spannungen σ infolge Superposition der verschiedenen Belastungen beim homogenen Modell

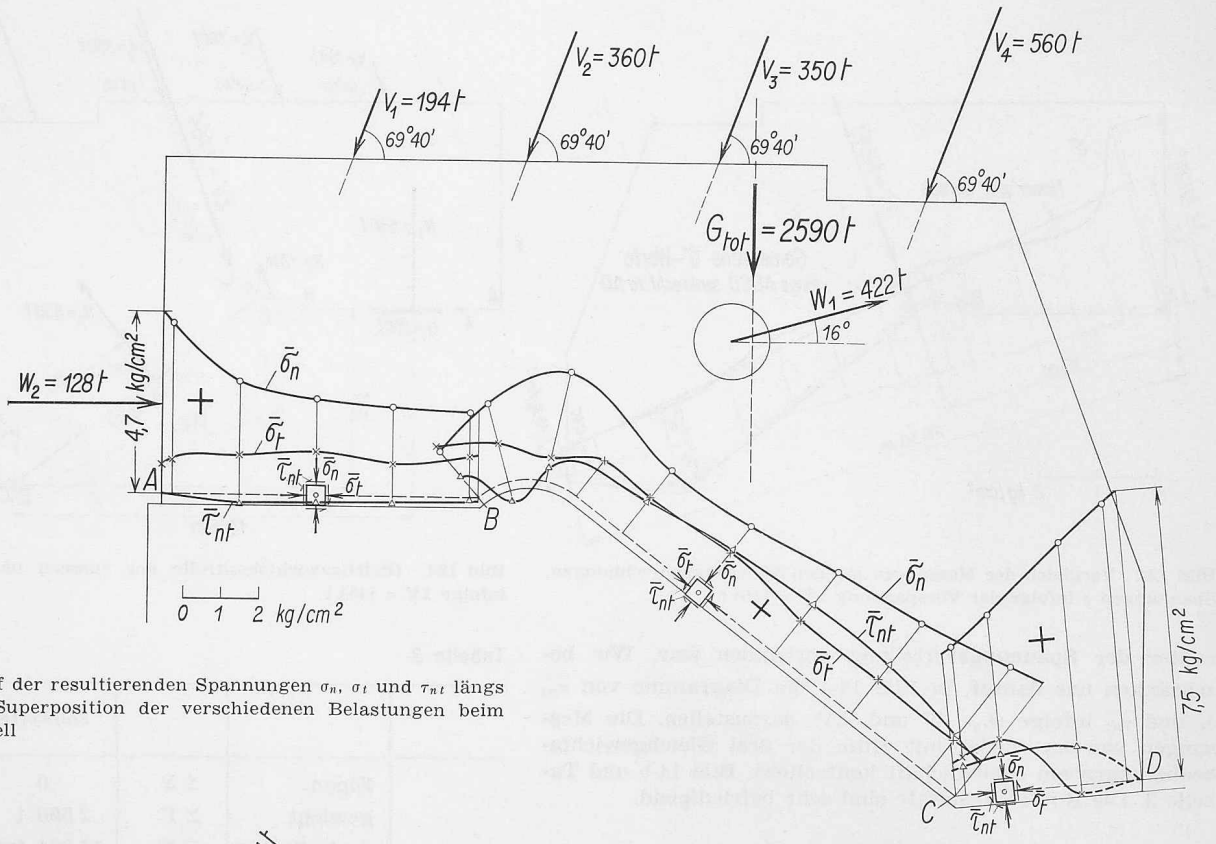


Bild 14a. Verlauf der resultierenden Spannungen σ_n, σ_t und τ_{nt} längs A B C D infolge Superposition der verschiedenen Belastungen beim heterogenen Modell

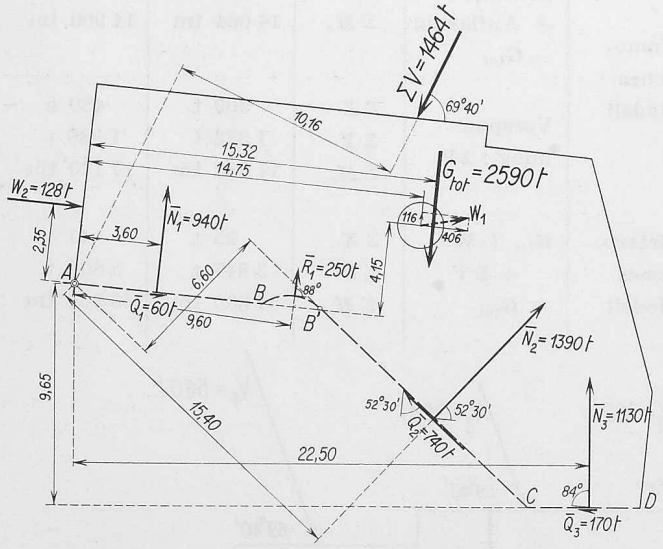


Bild 14b. Gleichgewichtskontrolle der äusseren und inneren Kräfte infolge $G_{tot} + \Sigma V + W_1 + W_2$

nahme längs der mittleren Pfeilerpartie. Die ermittelten Werte für σ_n bzw. $\overline{\sigma_n}$ stellen, wie wir schon betont haben, nur Mittelwerte der Spannungen über dem Pfeilerquerschnitt dar. Der maximale Wert der Normalspannungen selbst tritt an der Oberfläche auf und wird durch den Konzentrationsfaktor $k_\sigma = (\sigma_n)_{max}/(\sigma_n)_{mittel}$ infolge plötzlicher Querschnittsänderung bestimmt (Bild 15, Schnitt a-a). In erster und guter Annäherung haben wir angenommen, dass k_σ längs ABCD konstant bleibt. Unter dieser Voraussetzung konnten wir die Messresultate von *G. Herrmann* benützen [5]. Durch Interpolation wurde der Wert $k_\sigma = 1{,}6$ für unsere Messpunkte, etwa 20 cm von der Ecke entfernt, ermittelt. Es ist interessant festzustellen, dass k_σ für unsere Verhältnisse praktisch von der Elastizität des Baugrundes unabhängig ist [5]. In Bild 15 ist weiter der Verlauf der maximalen Oberflächenspannungen σ_n^*, $\overline{\sigma_n}^*$ längs ABCD eingetragen; von diesen Werten werden wir im nächsten Abschnitt bei der dreidimensionalen Untersuchung des unsymmetrischen Wasserdruckes Gebrauch machen.

2. Die dreidimensionale Untersuchung der Zone I

a) *Modelle, Belastung*

Wir haben ein Modell aus Araldit B im Masstab 1:200 hergestellt. Auch hier wurde, wie bei der zweidimensionalen Untersuchung, eine vereinfachte Pfeilerform angenommen (Bild 16). Die komplizierte Art der Belastung ist in Bild 5 dargestellt. In Querrichtung hat man nur die seitliche Waslast W'_{H1} nachgeahmt[14]). Um ein möglichst einfaches Belastunssystem zu erhalten, wurde das Modell im Belastungsrahmen horizontal gelegt, Bild 16. Der flächenweise wirkende Druck W'_{H1} ist zuerst mit Hilfe von Aluminiumplatten zu vier Einzelkräften zusammengefasst worden. Eine gleichmässige Verteilung des Druckes wurde mit einer Filzeinlage zwischen Aluminium und Araldit befriedigend erreicht. Vier kleine Löcher (im Schwerpunkt der Aluminiumplatten) durch das Modell haben uns erlaubt, mit Hilfe eines Hebelsystems die vier Kräfte zu einer einzigen Kraft weiter zusammenzufassen. Die in Längsrichtung des Pfeilers wirkenden Wasserlasten W'_1, W'_2, W'_3 und W'_4 sind mit Hilfe von Stahlkabeln und Radialkugellagern, wie aus Bild 16 zu entnehmen ist, einfach und genügend genau verwirklicht worden. Die gesamte Modellbelastung betrug rund 41 kg.

b) *Messmethode und Auswertung* [2] [12] [13] [14]

Für unsere Aufgabe kommt in erster Linie das von Opel gefundene Erstarrungsverfahren in Betracht [11]. Um eine dreidimensionale spannungsoptische Analyse ausführen zu können, müssen wir im Stande sein, den durch die Belastung erzeugten optischen Effekt an jedem Punkt auch im Innern des Modells zu messen (was bei Durchleuchtung des ganzen Körpers nicht erreichbar ist). Das ist möglich dank der vielen Kunststoffen (z. B. Araldit) eigenen Fähigkeit, Spannungszustände gewissermassen einfrieren zu lassen. Das aus einem solchen Kunststoff hergestellte Modell wird zu diesem Zwecke bei erhöhter Temperatur in einem regulierbaren Heizofen belastet und in diesem Zustand langsam abgekühlt (1 bis 5° C in der Stunde, je nach Modelldicke). Die bei erhöhter Temperatur infolge der Belastunng eingetretenen Verformungen sind dann im Modell «eingefroren» und bleiben auf Raumtemperatur auch nach der Entfernung der Belastung erhalten; dasselbe gilt auch für den als direkte

[14]) Da wir nur im Pfeilerschaft gemessen haben, hat man auf die Nachahmung der Kräfte W'_{H2} verzichtet.

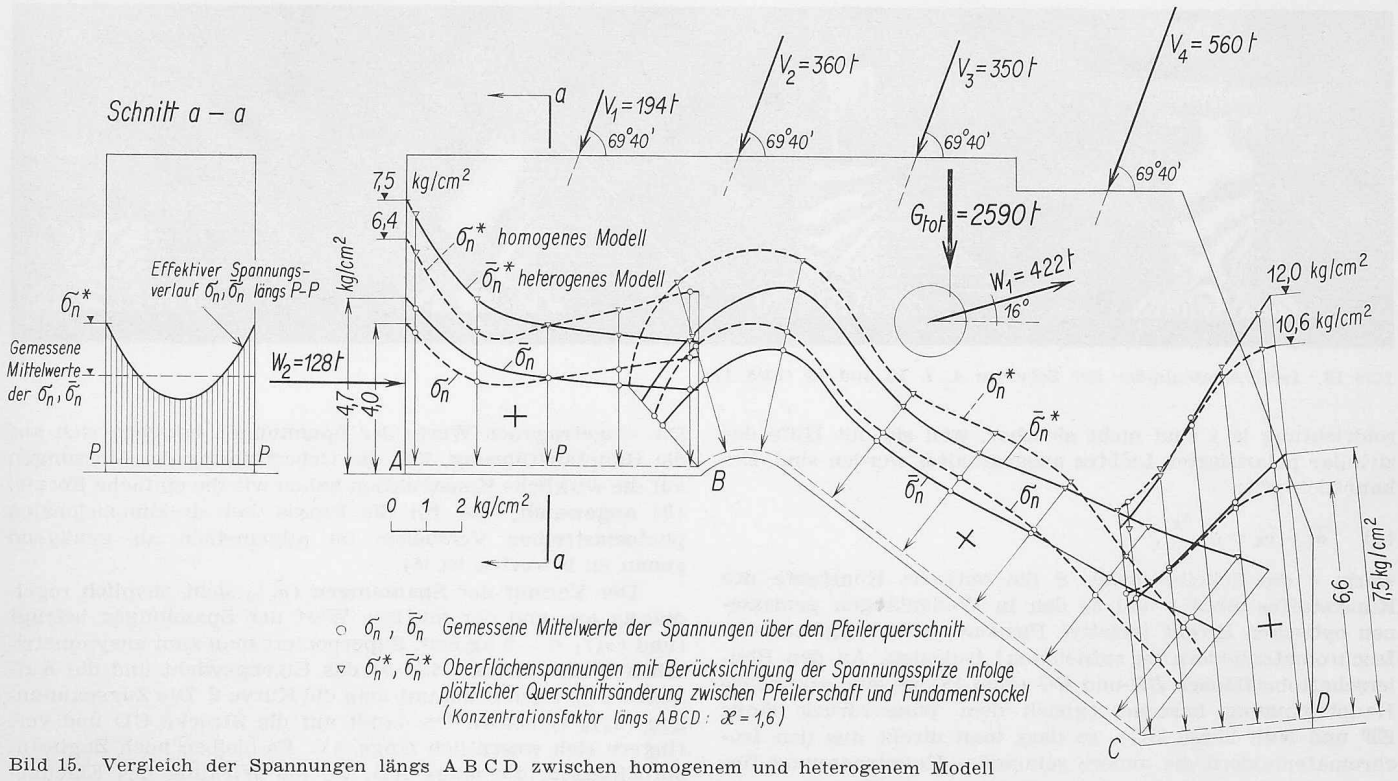


Bild 15. Vergleich der Spannungen längs A B C D zwischen homogenem und heterogenem Modell

Folge der Verformungen entstandenen optischen Effekt. Infolgedessen kann man das verformte Modell vorsichtig in dünne Scheiben zerschneiden und jedes Stück mit den bekannten Verfahren der zweidimensionalen Photoelastizität untersuchen. Das wichtigste an der räumlichen Auswertung ist die Festlegung der Lage und der Dicke der Schnitte im Modell. Man bemüht sich, die Schnitte möglichst parallel zur wichtigeren Hauptrichtung an der Modelloberfläche zu legen. Die Dicke kann je nach dem Charakter des untersuchten Spannungszustandes und der erforderlichen Genauigkeit zwischen 1 mm und 10 mm variieren. Die eben skizzierte Methode sei am Beispiel unserer Untersuchung näher erläutert.

Das im Belastungsrahmen eingebaute Modell, Bild 16, wurde zuerst in einem elektrischen Heizofen während 12 Stunden einer Temperatur von 160° C ausgesetzt; dann folgten die Belastung und eine langsame Abkühlung von 2° C pro Stunde. Bei Raumtemperatur wurden die Lasten entfernt und das Modell in 14 Scheiben senkrecht zur Linie A B C D mit einer Bandsäge vorsichtig zerschnitten, Bild 17.

Die maximale Scheibendicke betrug zuerst rd. 10 mm, in einer zweiten Bearbeitungsstufe wurde die Dicke auf etwa 3 mm verringert, um die Spannungsspitze längs A B C D genügend genau zu erfassen. Bild 18 zeigt die Spannungsfiguren der senkrecht zur Schnittebene mit monochromatischem gelbem Licht $\lambda = 0{,}589\ \mu$ durchgestrahlten Scheiben Nr. 4, 7, 10 und 13. Die sichtbaren dunklen Linien sind die *Isochromaten,* das heisst die Orte konstanter Differenz der «sekundären Hauptspannungen $\overline{\sigma_1} - \overline{\sigma_2}$[15]) oder der Spannung

$$\overline{\tau}_{max} = {}^1/_2\,(\sigma_1 - \sigma_2)$$

in der betrachteten Schnittebene. Die *Isoklinen* (Orte der Punkte, deren Hauptspannungsrichtung parallel zur Pola-

[15]) Die «sekundären Hauptspannungen» sind diejenigen Hauptspannungen, die aus den in der betrachteten Schnittebene liegenden Komponenten σ_x, σ_y und τ_{xy} resultieren.

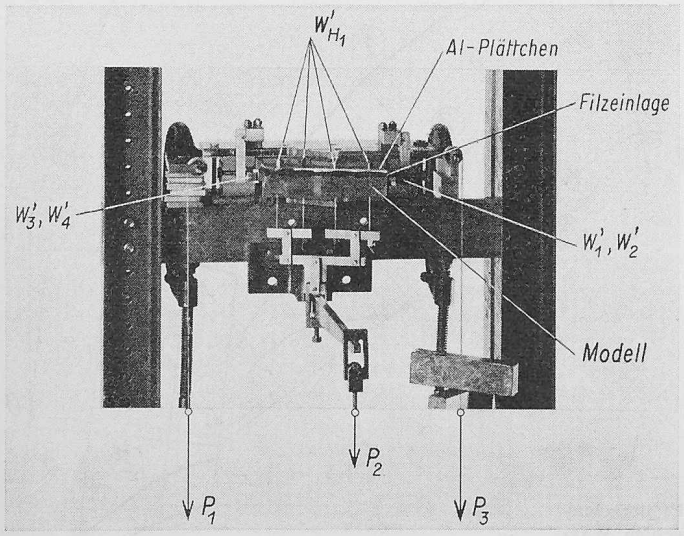


Bild 16. Versuchsanordnung für den seitlich unsymmetrischen Wasserdruck

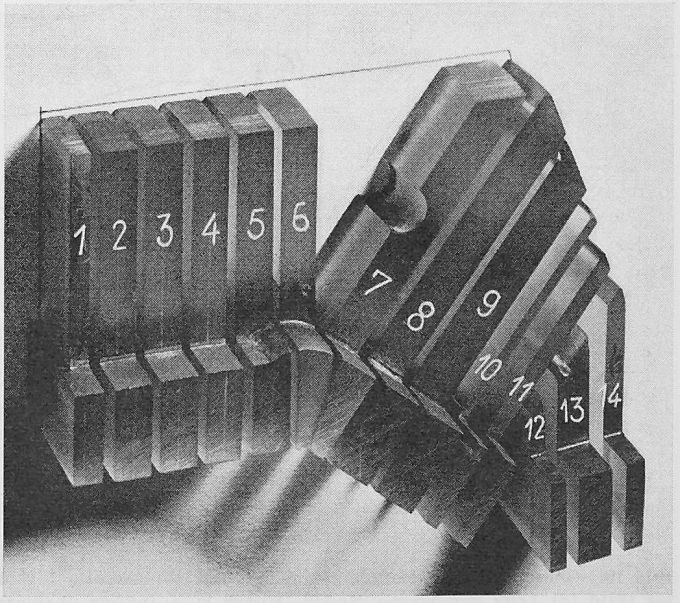


Bild 17. Anordnung der Schnitte am Modell zu Bild 16 für die Spannungsuntersuchung nach dem Erstarrungsverfahren

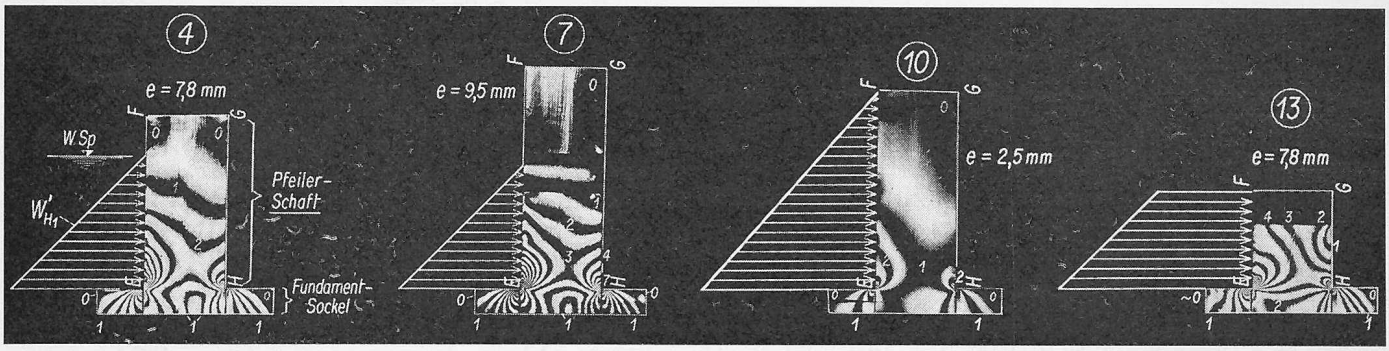


Bild 18. Isochromatenbilder der Scheiben 4, 7, 10 und 13 (Bild 17)

roïdrichtung ist) sind nicht sichtbar, weil sie mit Hilfe des zirkular polarisierten Lichtes ausgeschaltet worden sind. Bekanntlich gilt:

$$(4) \qquad \overline{\sigma_1} - \overline{\sigma_2} = S \frac{\delta_3}{e},$$

worin e die Scheibendicke, S die optische Konstante des Kunststoffes sind[17]) und δ_3 den in Wellenlängen gemessenen optischen Effekt (relative Phasenverschiebung, aus den Isochromatenbildern zu entnehmen) bedeuten. An den Pfeilerschaftoberflächen *EF* und *HG* (Bild 18) ist eine sekundäre Hauptspannung bekannt (gleich dem Wasserdruck längs EF und Null längs HG), so dass man direkt aus den Isochromatenbildern die andere sekundäre Hauptspannung finden kann, sobald die Konstante S bekannt ist. Ein auf reiner Biegung beanspruchter rechteckiger Balken, gleichzeitig mit dem Modell thermisch behandelt, lieferte $S = 0{,}32$ kg cm^{-1} λ^{-1}.

c) *Versuchsergebnisse*

Zu bestimmen war der Verlauf der Zugspannungen $(\sigma_n)_1$ an der Pfeileroberfläche, senkrecht zum Schnitte ABCD. *Aus diesem Grunde wurde das Modell senkrecht zur Linie ABCD zerschnitten,* Bild 17. Die Auswertung der Isochromatenbilder (Zugseite EF des Pfeilers) lieferte das Diagramm 1 in Bild 19.

16) Siehe Anhang, Abschnitt 1.

17) Es ist üblich, in der dreidimensionalen Photoelastizität statt mit der Konstante c (s. [1]) mit $S = -1/c$ zu rechnen.

Die eingetragenen Werte der Spannungen beziehen sich auf die Hauptausführung. Für die Uebertragung der Messungen auf die wirkliche Konstruktion haben wir die einfache Formel (3) angewandt, die für die Praxis bei dreidimensionalen photoelastischen Versuchen im allgemeinen als genügend genau zu bewerten ist[18]).

Der Verlauf der Spannungen $(\sigma_n)_2$ sieht ziemlich regelmässig aus und der mittlere Wert der Spannungen beträgt rund $(\sigma_n)_1 = -5$ kg/cm². Superponiert man zum unsymmetrischen Wasserdruck (Bild 5) das Eigengewicht und die Auflasten G_{tot}, dann bekommt man die Kurve 2. Die Zugspannungen $(\sigma_n)_2$ verschwinden damit auf die Strecke CD und verringern sich wesentlich längs AC. Es bleiben noch Zugbeanspruchungen, die längs AB, wo die Wirkung des Eigengewichtes klein ist, den maximalen Wert rund −3 kg/cm² erreichen. Als zusätzliche stabilisierende äussere Kraft auf den Pfeiler wirkt nun die Vorspannung (Diagramm 3). Wir bemerken, dass die Spannungen $(\sigma_n)_3$ in der mittleren Pfeilerpartie zwischen BC grösstenteils verschwunden sind; es bleiben nur noch lokale Zugspannungen, deren maximaler Wert rund −1 kg/cm² beträgt. Wir erkennen hier deutlich die günstige Wirkung, die eine richtig angebrachte Vorspannung auf den Spannungszustand ausüben kann.

Fortsetzung folgt

18) Ein sogenannter «Masstabfehler» ist wegen den verschiedenen Poissonschen Zahlen zwischen Modell und Ausführung vorhanden.

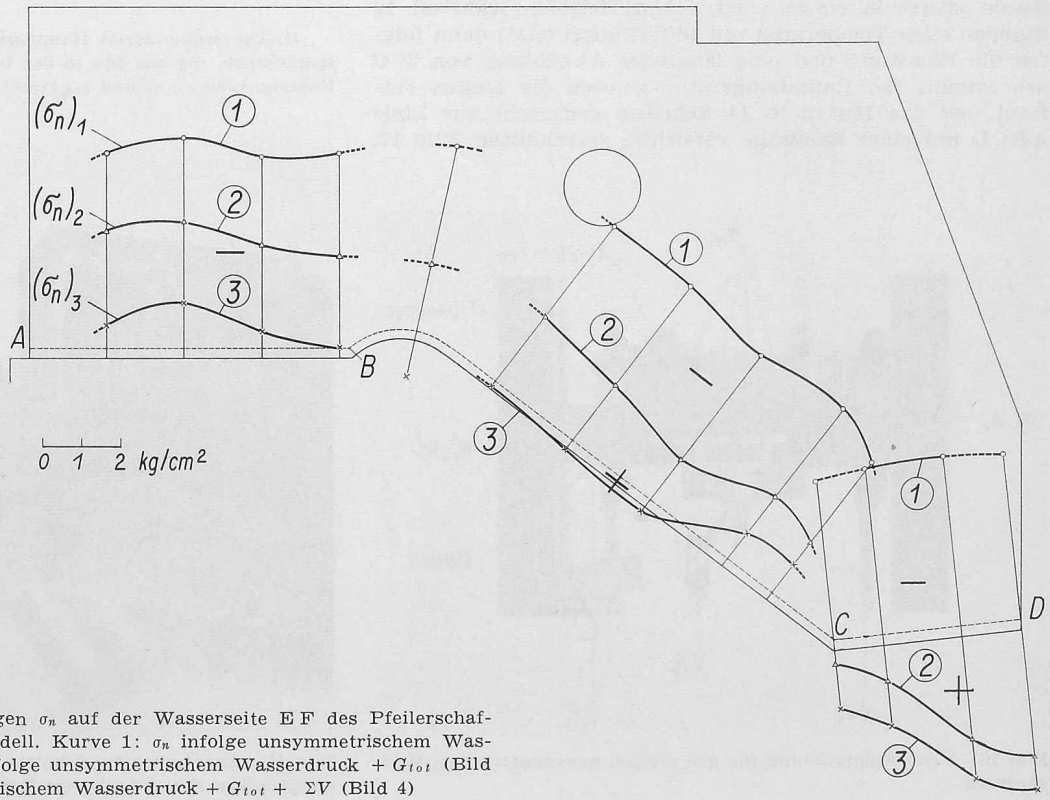


Bild 19. Oberflächen-Zugspannungen σ_n auf der Wasserseite E F des Pfeilerschaftes (Bild 18) beim homogenen Modell. Kurve 1: σ_n infolge unsymmetrischem Wasserdruck (Bild 5); Kurve 2: σ_n infolge unsymmetrischem Wasserdruck + G_{tot} (Bild 3); Kurve 3: σ_n infolge unsymmetrischem Wasserdruck + G_{tot} + ΣV (Bild 4)