

# DIE TALSPERREN ÖSTERREICHS

SCHRIFTENREIHE · HERAUSGEGEBEN VON DER  
ÖSTERREICHISCHEN STAUBECKENKOMMISSION  
UND DEM ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND WIEN · SCHRIFTL EITUNG:  
PROF. DR. HERMANN GRENGG

## HEFT 11

*Dipl. Ing. Dr. techn. Ernst Fischer*  
*Beobachtungen an der Hierzmannsperre*

WIEN 1960 · IM SELBSTVERLAG DES  
ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

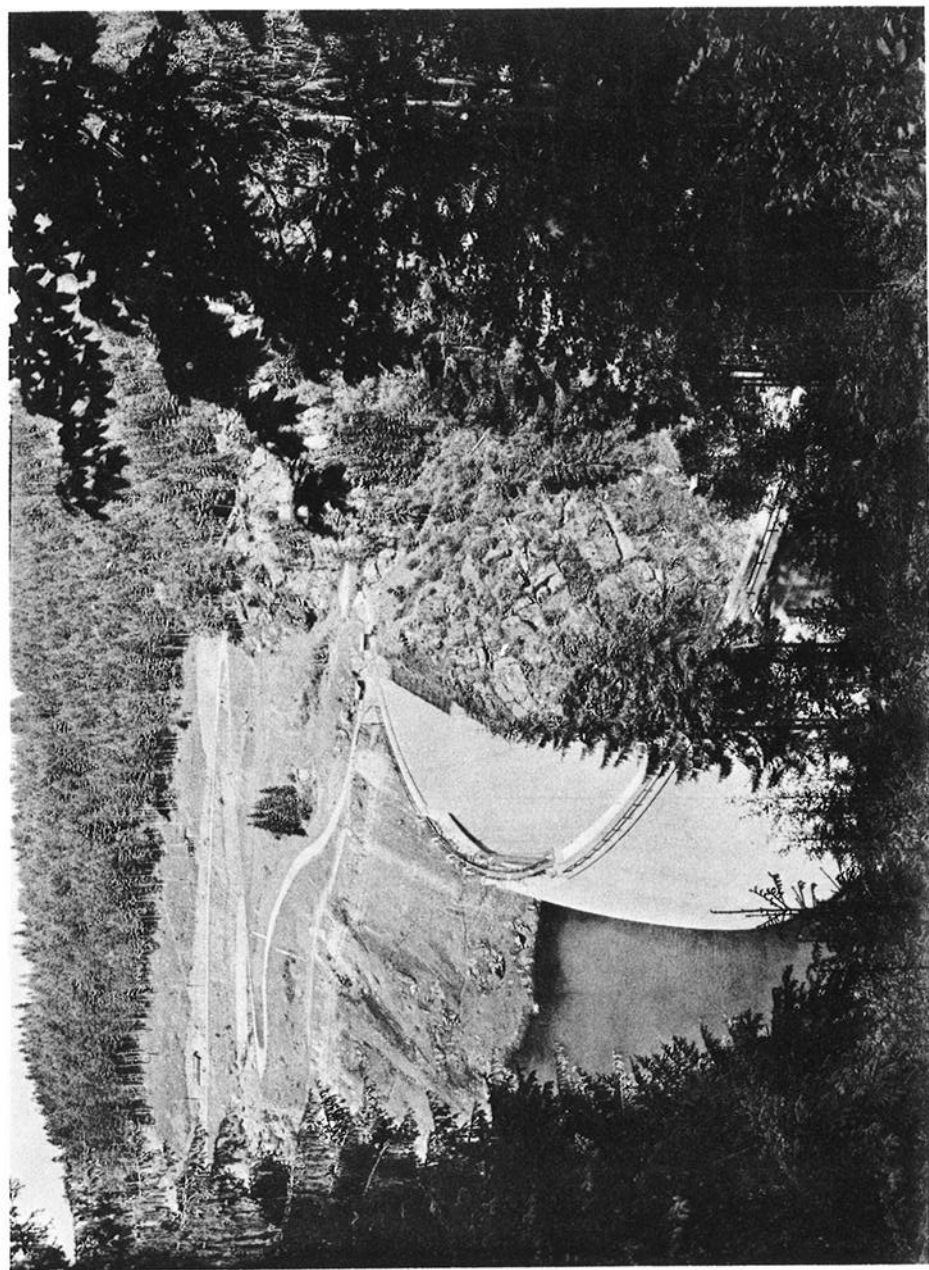


Abb. 1 Ansicht der Hierzmanmauer



# DIE TALSPERREN ÖSTERREICHS

*Dipl. Ing. Dr. techn. Ernst Fischer*  
*Beobachtungen an der Hierzmannsperre*

WIEN 1960 IM SELBSTVERLAG DES  
ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES



## 1. EINLEITUNG

Über Planung und Bau der Hierzmanntalsperre ist bereits berichtet worden. (1) Auch brachte das erste Heft dieser Reihe (2) eine ausführliche Darstellung der Beobachtungseinrichtungen dieser Mauer. Mit den Werten der Kronenbewegung des ersten vollen Betriebsjahres 1952 (3) wurde dann versucht, Beobachtung und Rechnung gegenüberzustellen. Nun liegt eine geschlossene Beobachtungsreihe von sieben vollen Jahren vor, so dass eine gedrängte Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse gerechtfertigt erscheinen mag.

Die Mauer liegt in einer von N nach S verlaufenden Talfurche, die sie mit dem Stauziel in Seehöhe 708 abschliesst. Die Teigitsch verdankt ihren Lauf der jungen Erosion einer alten Landoberfläche, wobei der linke Uferbord sich nur mehr flach knapp 100 m über dem Stauziel aufwölbt, während die rechte Flanke im Herzogberg zu einem Höhenzug aufsteilt, dessen Kammlinie bis in die Seehöhe 1.000 reicht. Die Achse der Gewölbeschale ist um etwa  $20^\circ$  nach NW bzw. SO verdreht (4); sie öffnet sich somit nach SO und wird an besonnten Tagen in der Frühe voll, gegen Mittag jedoch nur mehr mit Streiflicht bestrahlt, wobei je nach der Höhe des Sonnenstandes der Schatten des Herzogberges den rechten Flügel mehr oder minder abdeckt. Der Tagesgang der Kronendurchbiegung erreicht immerhin Grössenordnungen von Millimetern; da diese Kronenbewegung nur durch die Erwärmung der Maueroberfläche verursacht sein kann, wird das durch die Natur geschaffene unsymmetrische Schluchtprofil durch eine lagebedingte unsymmetrische Sonnenbestrahlung noch unterstrichen.

Über Berechnung und Modellversuche liegen ebenfalls Berichte bereits vor (5), (6). Während bei der Bemessung der Mauer durch Grenzlasten die Grenzbeanspruchungen nachgewiesen werden sollen, ist es im Betrieb meist nicht möglich, den Beobachtungszeitpunkt so zu wählen, dass ein der Berechnung zugrunde gelegter Belastungsfall tatsächlich erfasst wird. Hiezu kommt, dass die elektrische Temperaturmessung zum Zeitpunkt der Planung der Beobachtungseinrichtung an der Hierzmanntmauer in Österreich noch nicht erprobt war. Eine laufende Registrierung des Temperaturzustandes der Mauer, sofern die Messeinrichtungen diesen im Ablauf der Jahre tatsächlich unverändert wiedergeben, verfeinert das Beobachtungsmaterial sicherlich ausserordentlich.

A. W. Reitz hat am Beispiel der Rannatalsperre (7), ähnlich wie dies auch in (3) versucht wurde, die Zustandsgrössen der Mauer analysiert. Da bei der Planung der Beobachtungseinrichtungen und bei der Berechnung der Mauer für die Ranna- und Hierzmanntsperrre mehrfach persönliche Querverbindungen gegeben waren, soll hier auf eine gleiche ausgreifende Darstellung der einzelnen Zustandsgrössen verzichtet werden.

Im Teigitschgebiet sind zwei nahezu unter einem rechten Winkel aufeinander liegende geologische Baulinien zu erkennen, die etwa von  $300^\circ$  NW nach  $120^\circ$  SO streichende Packer- und Langmannlinie und die mit etwa  $30^\circ$  NO und  $210^\circ$  SW streichende Hierzmanntlinie. In dieser streichen auch die Schichtpakete des Teigitschgneises an der Sperrenstelle. Diese Gneise wölben sich allmählich von Ost nach West auf, so dass das Einfallen in der rechten Talflanke



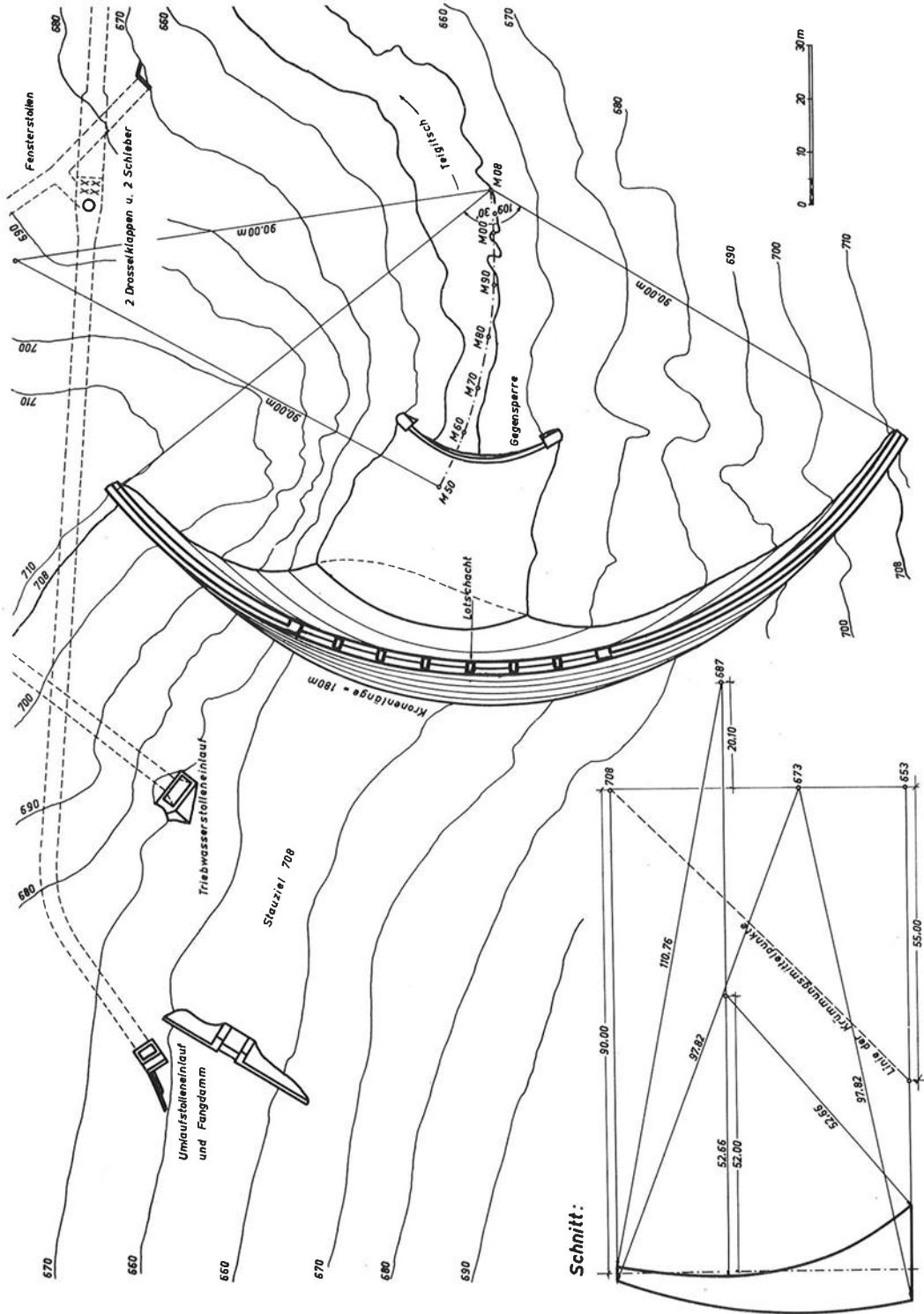


Abb. 2 Lageplan der Hierzmannmauer 1:1250

verhältnismässig steil, in der linken flach erscheint. Die Sperrenflügel stemmen sich daher linksufrig auf Schichtköpfe und rechtsufrig auf Schichtflächen. Es braucht nicht besonders betont zu werden, dass daraus verschiedenartige Verformungen des Auflagerbereiches der Flügel folgen, wodurch die Unsymmetrie der Sperre nochmals unterstrichen wird. Wenn daher schematisch der Elastizitätsmodul für Beton mit dem Zweifachen des Elastizitätsmoduls für Fels angenommen wurde, so ist diese Annahme für beide Talflanken in gleicher Weise sicherlich nicht voll zutreffend.

Die geodätischen Beobachtungen der Mauerbewegung gegenüber Festpunkten im Gelände können nur dann Gültiges aussagen, wenn es gelingt, bei solchen Messungen jeweils den gleichen Mauerverformungszustand zu erfassen; denn in einem solchen Fall würde eine Veränderung der einzelnen Mauerpunkte auf eine bleibende Veränderung in der Lage der Mauer schliessen lassen. Da aber geodätische Beobachtungen wesentlich aufwendiger und zeitraubender sind als Lotablesungen, werden die Pendelausschläge als Beobachtungsgrundlage für das geometrische Verhalten des Mauerkörpers herangezogen und die geodätische Messung nur zur Kontrolle allfälliger Lageveränderungen des Mauerkörpers zur umgebenden Gesteinsmasse genützt. Auch hier kann eine verfeinerte Beobachtungseinrichtung mit einem Lot die Lageveränderungen mehrerer Punkte im Radialschnitt erfassen und eine Mehrzahl von Loten die Bewegung in der Mauerachse auf breiterer Front wiedergeben.

An der Salzamauer waren noch drei Lote, also Beobachtungen in drei verschiedenen vertikalen Mauerebenen vorgesehen. An der Hierzmanmauer hat man sich mit einem Lot begnügt, diesem aber zwei Beobachtungsebenen im Fuss der Mauer und im Fels des Maueraufstandes zugeordnet.

Die Beobachtungen wurden über die Jahre in unterschiedlicher Intensität durchgeführt. Die Ausgesetztheit und Witterungsabhängigkeit der Temperaturmessung brachte natürlich Hemmungen für die praktische Durchführung; auch führte die Messungen jeweils der Sperrenwärter mit einem Gehilfen durch, so dass sich bei deren vielfacher anderweitiger Inanspruchnahme oft Störungen in der regelmässigen zeitlichen Abfolge der Beobachtungen ergab. Schliesslich regten manche Beobachtungsergebnisse zu einer Verdichtung der Messfolgen in bestimmten Zeitabschnitten an.

## 2. GEGENÜBERSTELLUNG VON BEOBACHTUNG UND RECHNUNG

In den Veröffentlichungen (1) - (6) wurde bereits über Einzelheiten berichtet. Es soll daher nur mehr eine zusammenfassende Übersicht gegeben werden.

Die Berechnung der Mauer erfolgte seinerzeit für die ersten "Gestalten" mehrschnittig nach der Ritterschen Methode mit geschlossenem Gleichungssystem, wobei dessen Auflösung in Ermangelung geeigneter Rechenmaschinen sich recht mühselig gestaltete. Die amerikanische Methode mit den Tabellen von Lieurance brachte hier neben den Modellversuchen eine erwünschte Kontrolle.

Für Rechnung und Modellversuch wurden Grenzwertfälle angenommen. Eine Verifizierung dieser Grenzlastfälle am fertigen Bauwerk ist schwer möglich, weil die Beobachtung nicht laufend und selbsttätig, sondern nur in grösseren Zeitintervallen und mit verhältnismässig primitiven Methoden erfolgt.



Der Beobachtungsfall "volles" oder "leeres" Becken kann durch Betriebsmassnahmen hergestellt werden und ist somit leicht erfassbar. Dagegen können die der Berechnung zugrunde gelegten Temperaturzustände Sommer ( $T_S$ ) und Winter ( $T_W$ ) / Tabelle 2 aus (5), Seite 152 / nicht willkürlich dem Mauerkörper auferlegt werden. Es bedarf eines Zufalles, wenn der im Zuge der laufenden Mauerbeobachtungen ermittelte Temperaturzustand dem Grenzwert der Berechnung entspräche.

Will man daher die beobachteten Werte mit der Rechnung vergleichen, so müssen für den beobachteten Belastungsfall die Beiträge aus Wasserlast, Temperatur usf. aus der Rechnung beigebracht und in ihrer Summe den Beobachtungsergebnissen gegenübergestellt werden. Um der Vielfalt dieser Fälle gerecht zu werden, wurden Einflusslinien für den Bezugspunkt an der Krone ermittelt. Da die Beobachtung der Durchbiegung an einem Punkt der Krone mittels des Lotes erfolgt, sollte die Superposition der aus den Einflusslinien dieses Punktes gewonnenen Werte für den Lastfall Stau (Wasserlast) und für die Lastfälle Temperatur mit der Rechnung vergleichbare Ergebnisse bringen.

Die Beobachtung selbst erfolgt durch laufende Lotablesung, so dass die täglich registrierten Werte eine ungestörte Übersicht über den Gang der Kronendurchbiegung liefern. Durch die Ablesung an zwei Punkten in und unter der Mauer-  
sohle kann auch noch beurteilt werden, welche Größenordnung an Horizontalverschiebung zwischen diesen beiden Messpunkten auftritt. Im Jahresgang ist durch die Registrierung des Wasserspiegels die Wasserlast erfassbar. Dagegen können die Temperaturwerte nur durch im Mauerkörper eingebaute Rohre und mittels Ablesung von Quecksilberthermometern gewonnen werden. Wenn diese Rohre auch verstöpselt sind, so dass keine Luftzirkulation auftreten und die Mauerwärme verfälschen kann, so ist dieses Verfahren sicherlich einem gut funktionierenden System eingebauter, von einem zentralen Stand ablesbarer Messstellen weit unterlegen. Denn schon der Ablesevorgang bringt eine Reihe von Fehlerquellen; ausserdem ist es nicht jedermanns Sache, in Wind und Wetter, Kälte und Hitze auf- und abzuklettern und gleichzeitig auf die Präzision der Messung zu achten.

Unterliegt die Erfassung des Wärmezustandes der Mauer mittels 22 Messpunkten in dieser primitiven Art sicherlich berechtigten Einwänden, so ergibt der Eingang dieser Beobachtungen in die Rechnung weitere Komplikationen.

In der Untersuchung der Beobachtungen an der Rannatalsperre lehnt Reitz den Gedanken ab, Temperaturwerte verschiedener Höhenbereiche mit unterschiedlichen Gewichten zu versehen, weil die Temperaturkennziffer dadurch mit statischen Annahmen vorbelastet würde (7) (Seite 13). Er bestimmt die repräsentative Mauertemperatur einfach als Mittelwert, indem man die Flächen zwischen den Isothermen ausplanimetriert, mit den zugehörigen mittleren Temperaturen multipliziert, addiert und durch die Gesamtfläche dividiert. Aber dieser Vorgang erlaubt den Einwand, dass der so ermittelte Temperaturwert keinesfalls repräsentativ sein kann, denn allein die hier wiedergegebenen Schritte a) und e) der Figur 4 aus (7) (Abbildung 3) lassen einen gleichen Wert für  $T_M$  errechnen, während die Kronendurchbiegung auch nach Ausschaltung des Einflusses der Temperaturdifferenz Wasser - Luftseite verschiedene Werte liefern muss. Wenn aber keine eindeutige Zuordnung zwischen  $T_M$  und Kronendurchbiegung gegeben ist, wird bei dem immerhin wesentlichen Einfluss des Ganges von  $T_M$  auf die Kronendurchbiegung der Vergleich von Rechnung und Beobachtung problematisch.

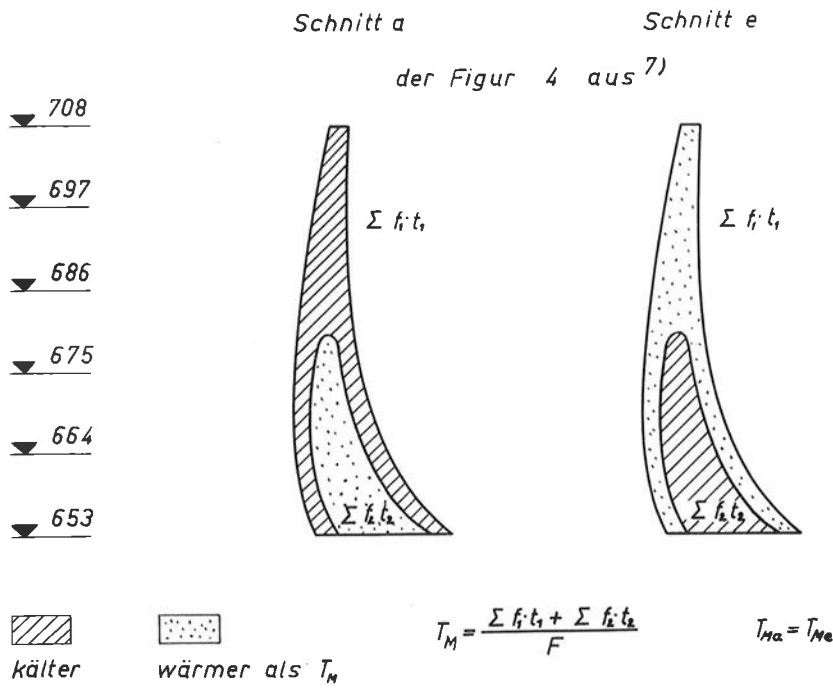


Abb. 3 Schnitt a und e der Figur 4 aus Literatur (7) 1:1000

Tremmel (8) hält eine Vorausberechnung der aus Temperaturänderungen zu erwartenden Verschiebungen kaum für möglich. Er berichtet, dass die in der Limbergssperre eingesetzten Fernthermometer in der ersten Zeit nach ihrem Einbau wohl richtige Resultate lieferten; sie fielen aber unter dem Einfluss der eindringenden Feuchtigkeit verhältnismässig rasch aus. Er bemerkt auch, dass die seither gelieferten Fernthermometer verbessert wurden und das Versagen oder gänzliche Ausfallen eines solchen Gerätes Ausnahme und nicht mehr Regel ist. Tremmel verzichtet daher, funktionelle Abhängigkeiten zwischen Pendelausschlägen und charakteristischen Temperaturen abzuleiten. Er führt aus, dass das Temperaturfeld der Limbergmauer, dem jährlichen Rhythmus sich wiederholenden Füll- und Leervorgang folgend, letztlich nur von der Zeit und der Spiegellage abhängt. Er kennzeichnet die "Vorgeschichte" der Belastung des Sperrenkörpers (im wesentlichen das zeit- und ortsabhängige Temperaturfeld) durch die Vorzeichen des der jeweiligen Spiegellage zugeordneten Temperaturgradienten (Aufstau - Sommer - Wärme; Abstau - Winter - Kälte).

Ferry und Willm (10) trennen die durch Stau und Temperatur hervorgerufenen Durchbiegungen derart, dass sie Teilstücke der Staukurve bei raschen Stauspiegelschwankungen ermitteln und diese Elemente dann zu einem Linien-

zug zusammensetzen. Diese Lagenänderungen des Stauspiegels müssen hinreichend rasch vor sich gehen, so dass Temperatur- und sonstige Einflüsse (plastische Verformung des Betons oder des Gründungskörpers und dgl.) vernachlässigbar sind. Durchbiegungsänderungen bei konstantem Stau müssen durch Temperatur und sonstige Einflüsse verursacht sein. Eliminiert man die durch den Stau erzeugten Durchbiegungsanteile, so erhält man eine Durchbiegungslinie für Temperatur und sonstige Einflüsse im Jahresgang. Als Beispiel zeigt der Durchbiegungsgang 1951-1952 der Sperrmauer Saint Etienne Cantalès Grenzausschläge von 13 mm Anfang August und 25 mm im Februar, also einen Ausschlag von rd. 12 mm bei einer Pendelhöhe von rd. 50 m.

Auch Xerez und Lamas (11) befassen sich mit der Aufspaltung der Einflüsse von Stau und Temperatur. Sie nehmen an, dass die Temperatur der umgebenden Luft hauptsächlich die Temperaturverhältnisse der Mauer bestimmt. Für die Durchbiegungsbeobachtungen wurde als Parameter ein Mittelwert aus den Temperaturen der 28 Tage, die der Beobachtung vorangingen, gewählt. Aus dem Temperatureinfluss ergibt sich eine Durchbiegung des Aufhängepunktes des Pendels von 1,0 mm je 1° C für die Cabrilmauer, von 1,6 mm je 1° C für die Mauer Castelo do Bode. Zur Gewinnung der Stau- und Temperaturkurve verwenden die genannten Autoren eine graphische und eine analytische Methode. Bei der analytischen Methode werden vier Temperaturwerte ( $t_{28}$ ,  $t_{14}$ ,  $t_7$ ,  $t_1$ ) der Umgebungsluft, die Staulage  $h$  ( $h^1$ ,  $h^2$ ,  $h^3$ ) und ein Zeitfaktor in Monaten als Einstau ( $T$ ) als Parameter angesetzt. Für Castello do Bode zeigt sich der überragende Einfluss des  $t_{28}$ :

$$'' - 1.569 t_{28} + 0.054 t_{14} + 0.156 t_7 + 0.032 t_1$$

Der Zeitfaktor erwies sich als vernachlässigbar. Graphische und analytische Methode brachten praktisch gleiche Ergebnisse. Die graphische Methode ist einfacher und übersichtlicher.

Aus der Beobachtung des Lotes bei konstantem Stauspiegel kann die Temperaturlinie ermittelt werden; mit Hilfe der so gewonnenen Temperaturkorrektur kann der Temperaturgang nunmehr ausgeschaltet und die bereinigte Staukurve gewonnen werden.

Da an der Hierzmannsperre durch alle Beobachtungsjahre Temperaturprofile in zwar primitiver Methode - aber immerhin - ermittelt wurden, soll auf ihre Auswertung nicht verzichtet werden. Der Jahresgang der Aussentemperatur und des Stauspiegels ist in den Übersichten ebenfalls wiedergegeben, so dass das Ausgangsmaterial auch zur Anwendung anderer Methoden vorliegt.

Bei den üblichen Berechnungsmethoden für Gewölbemauern müssen Idealisierungen und Vereinfachungen getroffen werden, weil eine exakte und wirklichkeitstreue Erfassung aller Einflüsse unmöglich ist. Stau und Temperatur bringen etwa gleich starke Kronenbewegungen. Denn 1° C Temperaturänderung lässt das Pendel der Hierzmannmauer um rd. 1,5 mm ausschlagen. Bei einer Spanne von 20° bringt so der Temperatureinfluss eine maximale Kronenverschiebung von rd. 30 mm. Die unbereinigte Staukurve liefert einen Grösstausschlag von 33 mm für den Aufstau, für den Abstau einen solchen von 38 mm. Dagegen dürfte auf Grund der Standberechnung der Stauausschlag nur etwa 17 mm erreichen (Siehe auch (5) Seite 154). Natürlich wäre bei der Vielfalt der Bedingtheiten des fertigen Bauwerkes der Versuch vermessen, mit Hilfe einschneidig abgeleiteter Einflusslinien die Kronenbewegung der Hierzmannmauer eindeutig in die Komponenten Stau und Temperatur zu zerlegen. Doch bringt eine durch sieben Jahre fortgesetzte Beobachtung immerhin soviel Material, dass dieses den Versuch einer solchen Aufspaltung erlaubt.

Der repräsentative Wert für gleichmässige Temperaturänderung und Änderung der Temperaturdifferenz wird so definiert, dass die repräsentative Mauertemperatur  $T_M$ , bzw. die repräsentative Mauertemperaturdifferenz  $\Delta T_M$  jene Werte sind, die über die gesamte Mauerhöhe (bzw. Mauerfläche) gleichmässig wirkend, die gleiche Durchbiegung an der Krone erzeugen, wie die in den einzelnen Beobachtungshorizonten auftretenden unterschiedlichen Werte.

### 3. MAUERABMESSUNGEN UND BEOBACHTUNGSEINRICHTUNGEN

Der Übersicht halber sollen hier nochmals in Längs- und Querschnitt die Mauerabmessungen (Abb. 4, 5, 6) sowie die Lage der Lotablesung und die Temperaturmessstellen gezeigt werden.

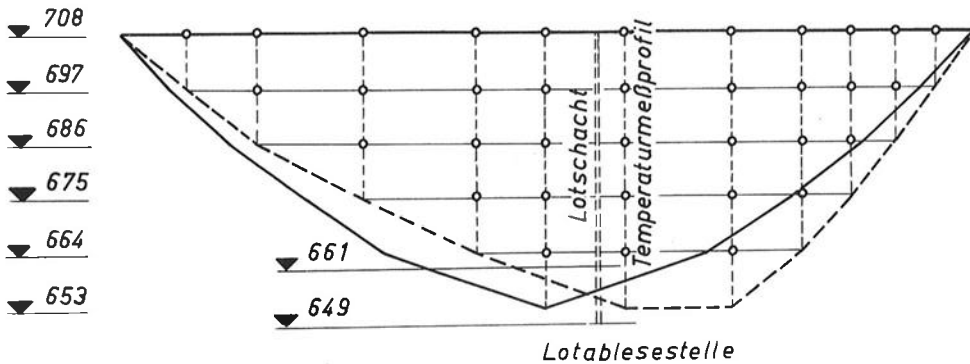


Abb. 4 Rechnungsgestalt der Mauer bei mehrschnittigem und einschnittigem Tragwerksystem 1:1500

Wegen ihrer Unsymmetrie wurde die Mauer auf Grund einer mehrschnittigen Berechnung und mittels Modellversuchen dimensioniert. Die hier verwendeten Einflusslinien für die einzelnen Lastkomponenten (Stau, Temperatur) wurden aber aus einer nur einschnittigen Berechnung ermittelt. Für die Mauergründung wurde der halbe Wert des Elastizitätsmoduls des Betons angenommen, also  $E_B = 2 E_F$ .

### 4. GANG DER KRONENDURCHBIEGUNG

In einer Veröffentlichung (3) wurde gezeigt, dass schon der Gang der Temperatur eines Tages eine Kronenbewegung in der Grössenordnung von 1 mm hervorruft (Abb. 7).

Die Aussentemperatur wird täglich um 7 Uhr früh gemessen; bei der Ermittlung des Temperaturprofils der Mauer erstreckt sich natürlich das Durchmessen der 22 Punkte auf mehrere Stunden. Es ist daher kaum sinnvoll, bei Zahlenangaben für Durchbiegung und Temperatur über die erste Dezimale hinauszugehen.

708

700

690

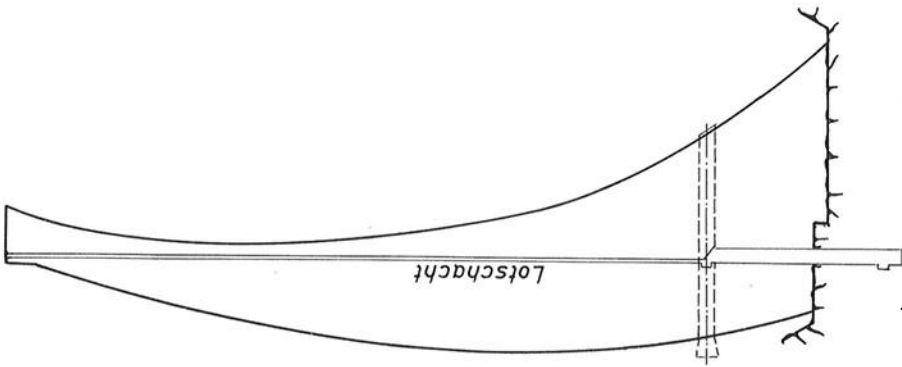
680

670

Meßpunkt  
661

Meßpunkt  
649

( bei den Untersuchungen verwendet )



708

705

698

690

682

674

666

660

653

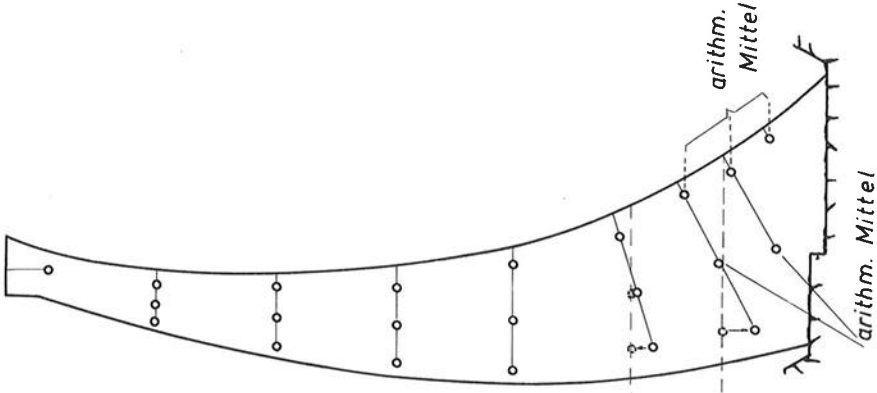
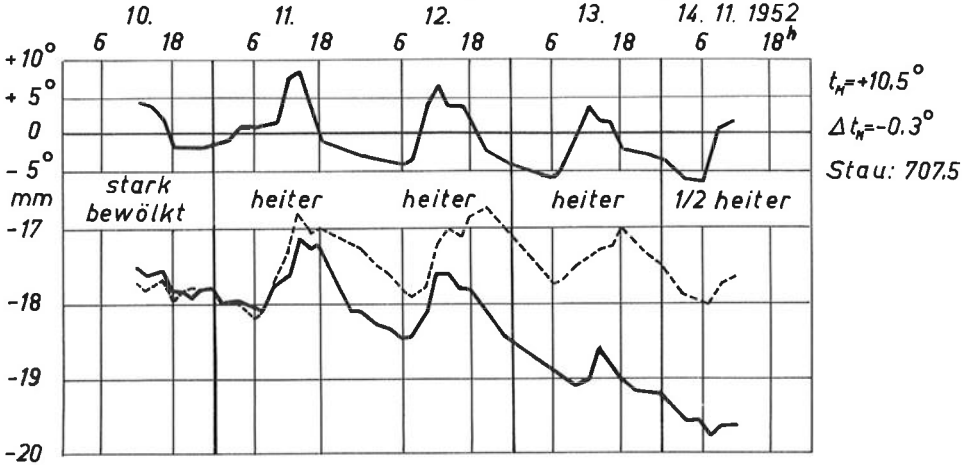


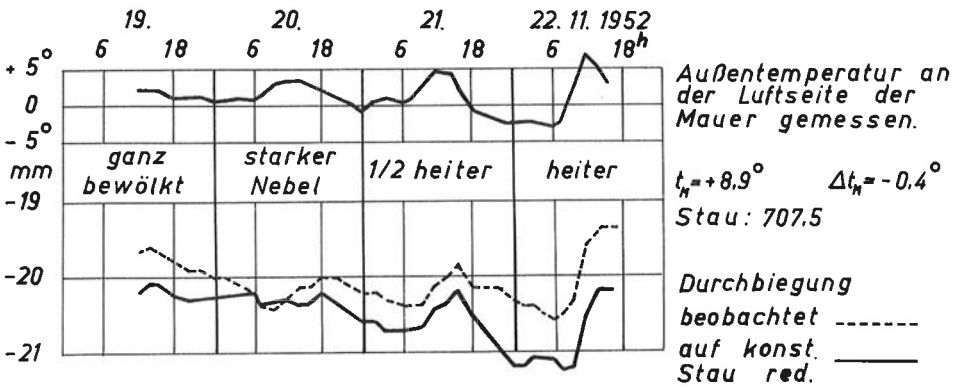
Abb. 5 Lage der Lotablesung 1 : 500

Abb. 6 Lage der Temperaturmessstellen 1 : 500

**Starker Tagesgang der Außentemperatur im Spätherbst**



**Geringe Unterschiede der Außentemperatur**



**Eistage der Außentemperatur**

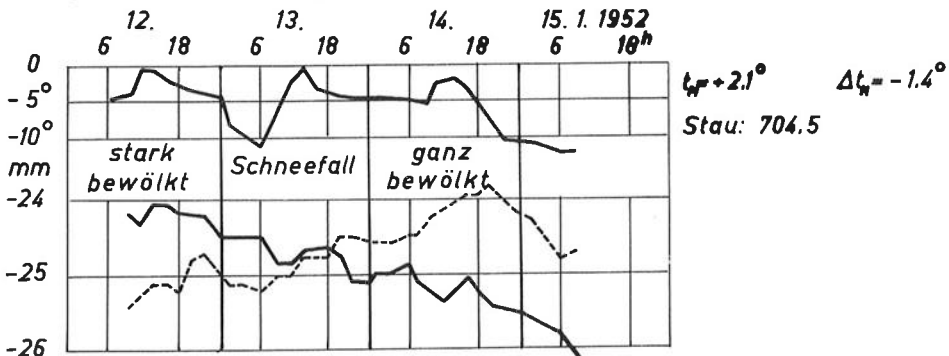


Abb. 7 Tagesgang der Kronendurchbiegung

Zahlentafel 2

Datum	Temp. Pr.Nr.	Stau m	t <sub>M</sub> °C	δ <sub>B</sub> mm
20.11.1951	30	707,76	+10,2	-16,3
13. 8.1952	36	707,45	+19,2	+ 0,1
16. 9.1952	37	707,56	+17,5	- 8,2
8.10.1952	38	707,68	+14,8	-10,3
21.10.1952	39	707,52	+12,9	-13,9
29.10.1952	40	707,77	+12,6	-14,6
5.11.1952	41	707,62	+11,7	-16,9
11.11.1952	42	707,57	+10,5	-18,2
20.11.1952	43	707,50	+ 8,9	-20,4
30. 7.1953	50	707,53	+15,3	- 4,1
24. 9.1953	51	707,48	+16,7	- 6,8
16. 9.1954	57	707,86	+17,6	- 4,7
27.10.1954	58	707,62	+13,3	-12,7
12. 1.1955	59	707,58	+ 3,9	-27,7
22. 6.1955	62	707,46	+13,2	- 9,1
10. 8.1955	63	707,47	+17,8	- 8,7
25.10.1955	64	707,44	+13,4	-14,7
25.11.1955	65	707,68	+ 8,4	-22,6
21.12.1955	66	707,47	+ 5,9	-26,5
17. 8.1956	71	707,40	+17,2	- 5,8
24. 9.1956	72	707,29	+17,4	- 6,5
14. 1.1957	74	707,68	+ 3,2	-27,6
23. 9.1957	78	707,10	+15,9	- 8,3
7. 7.1958	87	707,87	+15,7	- 9,2
12. 8.1958	88	707,30	+17,9	- 5,3
9. 9.1958	89	707,23	+18,1	- 5,5
8.10.1958	90	707,35	+16,1	-10,3
11.12.1958	92	707,26	+ 5,9	-26,8
5. 1.1959	93	707,52	+ 5,1	-27,0
8. 6.1959	98	707,66	+12,5	-12,4

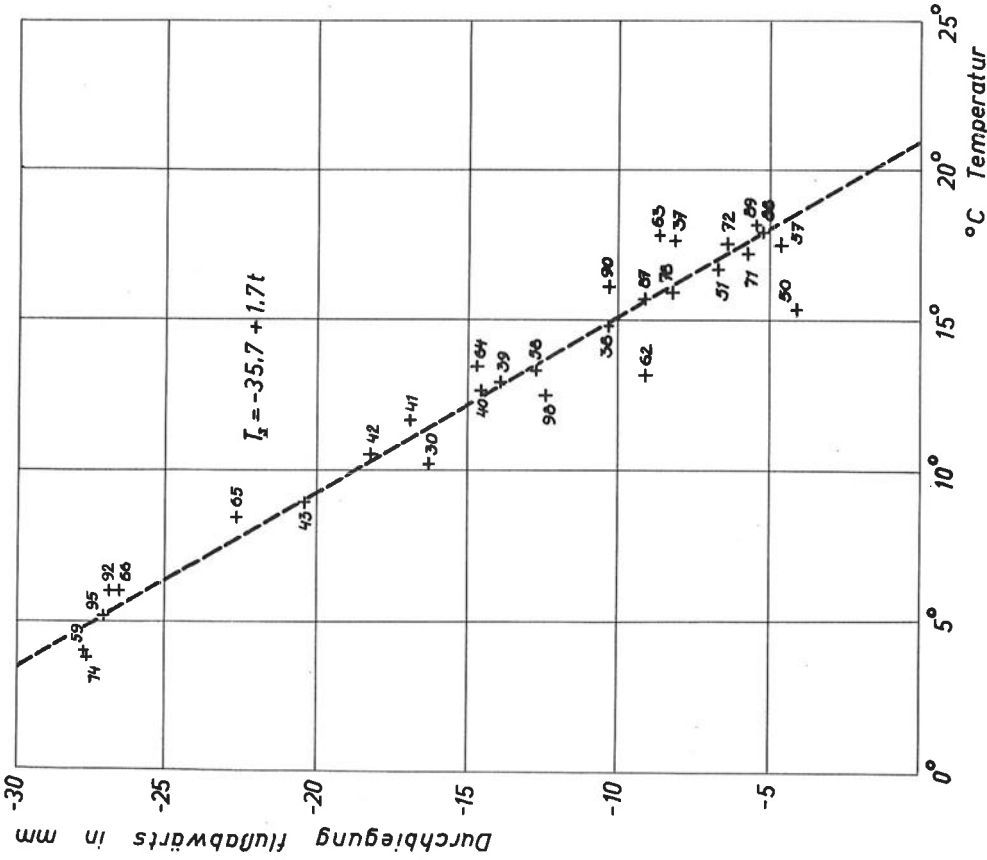


Abb. 9 Kronenbewegung infolge Mauerteremperatur bei unveränderter Staulage



## 5. ELASTIZITÄTSMODUL UND VERGLEICHSNULLPUNKT (Zahlentafel 1, Temperaturprofile 1951 - 1958)

Da aus den Beobachtungsprofilen 39 - 43 gebildete Mittel wird den gerechneten Werten willkürlich gleichgesetzt, woraus sich ein Vergleichsnulldpunkt ableitet. Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung zeigen sich dann in den Abweichungen der beobachteten und errechneten Durchbiegungswerte.

Auch der Nullpunkt des Pendels ist willkürlich gewählt; Bewegungen flussaufwärts werden positiv, flussabwärts negativ gezählt. Als Elastizitätsmodul wird der aus den Beobachtungen des Jahres 1952 abgeleitete Wert

$$\text{Temperaturprofil 35/45, } E_{1952} = \frac{59,8}{29,1} = 2,05 \times 10^6 \text{ t m}^{-2}$$

verwendet.

Die Verwendung dieser Zahl für den Elastizitätsmodul setzt voraus, dass sie für den weiteren Bestand der Mauer unverändert bleibt. Für das Jahr 1958 geben die Temperaturprofile:

$$88/92 E_{1958} = \frac{42,3}{21,5} = 1,97 \times 10^6 \text{ t m}^{-2}$$

Da die Ungenauigkeit der Beobachtung einige Millimeter erreicht, wird der auf Grund der Beobachtungswerte des Jahres 1952 ermittelte Elastizitätsmodul mit  $2,05 \times 10^6 \text{ t m}^{-2}$  für alle weiteren Jahre beibehalten.

## 6. TEMPERATURKURVE

Wie schon früher erwähnt, bringt der Einfluss des Tagesganges der Temperatur Ausschläge bis zu 1 mm. Aus der rechnerischen Auswertung der Temperaturdifferenzen im Mauerquerschnitt folgen Kronendurchbiegungen von +5 mm bis -2 mm. Als höchste repräsentative Mauertemperatur wurden  $+18,3^\circ \text{C}$ , als tiefste  $-1,7^\circ \text{C}$  ermittelt. Ändert sich die Staulage nur geringfügig, können die unmittelbaren Einflüsse der Staulage nicht belangreich sein; die mittelbaren, durch die Temperatur gegebenen Wirkungen sind in der repräsentativen Mauertemperatur bereits erfasst. Es werden daher alle Profile mit Staulagen über 707 zur Ableitung der Einflusslinie für Temperaturänderung der Mauer herangezogen. 30 Punkte aus Temperaturprofilen, die eine Zeit von mehr als sieben Jahren umspannen, ermöglichen eine ausgleichende Gerade (Abb. 9). Aus der Einflusslinie (Abb. 10) folgen die E-fachen Werte für  $10^\circ \text{C}$  Temperaturänderung mit  $30,817 \times 10^3 \text{ t m}^{-1}$ ;  $E = 2,05 \times 10^6 \text{ t m}^{-2}$  gibt dann für  $1^\circ \text{C}$  Temperaturänderung eine errechnete Kronenverschiebung von  $\frac{30,817}{2,05} \times 10^{-3} \text{ m}^1$ :  $10^\circ \text{C} = 1,5 \text{ mm je } 1^\circ \text{C}$ .

Die ausgleichende Linie der beobachteten Punkte liegt etwas steiler, etwa bei 1,7 mm je  $1^\circ \text{C}$ . Da eine Staulagenänderung um 1 m im Bereich 707 - 708 etwa 1,5 mm Durchbiegungsänderung bringt, bleiben die hierfür erforderlichen Korrekturen im Bereiche von 1 mm. Etwas gewichtiger erscheinen die aus den Temperaturdifferenzen folgenden Korrekturen. Für  $10^\circ \text{C}$  Temperaturdifferenz gibt die Einflusslinie (Abb. 11) 6 mm Kronenverschiebung. Da sich bei hohen Mauertemperaturen meist ein Temperaturgefälle von der Luft- zur Wasserseite und daher eine zusätzliche positive Kronenbewegung einstellen wird und das entgegengesetzte Verhalten der Mauer bei vollem Stau und tiefen Temperaturen vorausgesetzt werden kann, wirkt sich dies in einer Verdrehung der aus den Beobachtungen abgeleiteten Temperaturlinie gegenüber der Kurve für gleichmässige Temperaturänderung der Mauer allein aus.

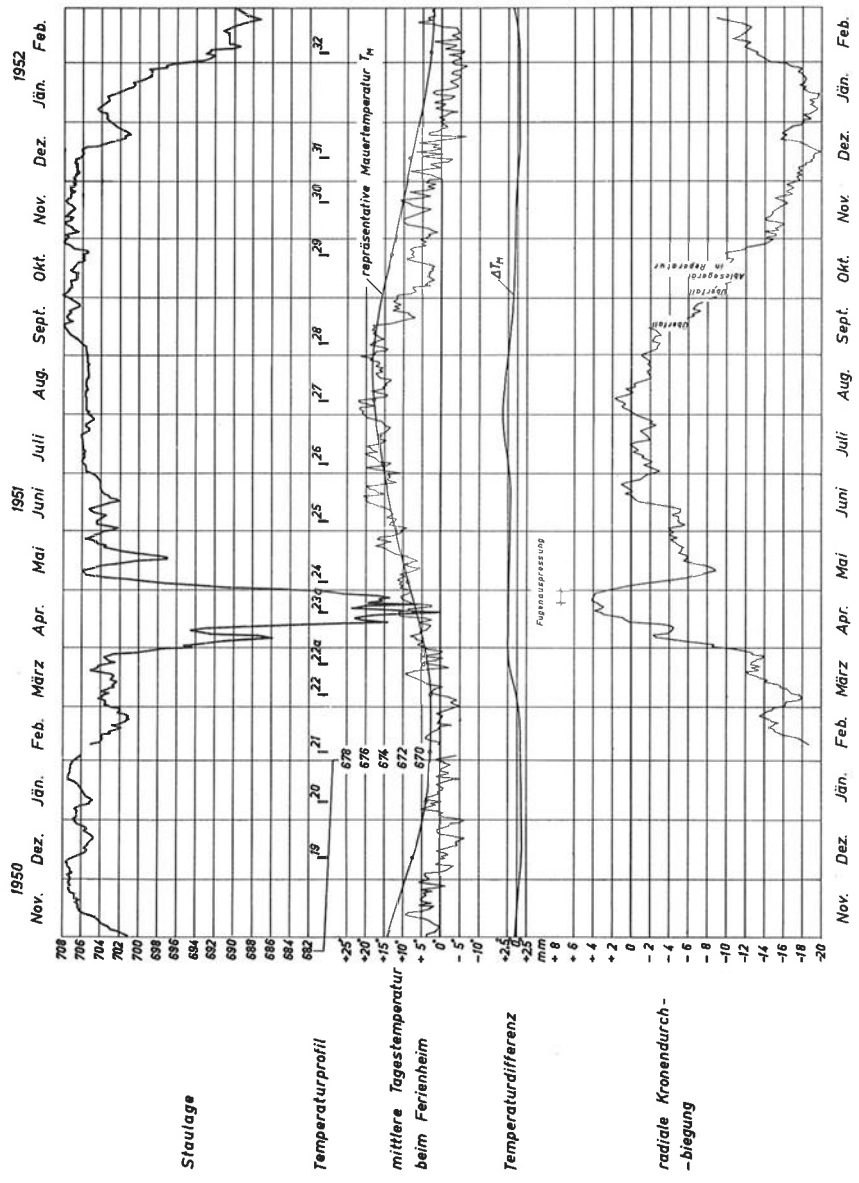


Abb. 8 a Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmuer im Jahre 1951

Zahlentafel 1: Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen der Jahre 1950 und 1951

	17a	19	20	21	22	22a	23a	24	25	26	27	28	29	30	31
Temperatur- profile.	12.VIII. 1950	12.XII. 1950	10.I. 1951	5.II. 1951	7.III. 1951	23.III. 1951	19.IV. 1951	5.V. 1951	6.VI. 1951	6.VII. 1951	8.VIII. 1951	7.IX. 1951	23.X. 1951	20.XI. 1951	13.XII. 1951
$\delta_B$ mm	+ 6,7				-17,8	-12,6	+ 3,2	- 3,0	- 4,9	- 2,0	+ 1,5	-3,0	-10,1	-16,3	-19,2
Staulage m	703,04	706,70	705,18	705,00	703,81	703,23	667,85	699,23	704,33	705,44	705,50	706,10	705,91	707,76	706,20
$\bar{\delta}_{RH}$	-20,1	-30,7	-26,2	-25,7	-22,2	-20,6	- 0,2	-11,9	-23,6	-26,9	-27,1	-28,9	-28,4	-33,9	-29,2
$T_M$ °C	+18,3	+ 7,3	+ 3,9	+ 2,8	+ 2,5	+ 3,8	+ 5,9	+ 8,7	+12,0	+15,5	+17,9	+17,7	+13,1	+10,2	+ 7,8
$\bar{\delta}_{RTM}$	+56,7	+22,6	+11,9	+ 8,8	+ 7,8	+11,9	+18,2	+26,8	+37,0	+47,8	+55,3	+54,6	+40,6	+31,7	+24,0
$\Delta T_M$ °C	+ 2,1	- 1,2	- 1,0	- 0,8	+ 0,1	+ 2,0	+ 2,3	+ 2,1	+ 1,9	+ 2,4	+ 3,7	+ 2,0	+ 0,6	+ 0,5	- 0,4
$\bar{\delta}_{RATM}$	+ 2,5	- 1,4	- 1,2	- 1,0	+ 0,1	+ 2,4	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,3	+ 2,9	+ 4,5	+ 2,4	+ 0,8	+ 0,6	- 0,5
$\bar{\delta}_{RT}$	+59,2	+21,2	+10,7	+ 7,8	+ 7,9	+14,3	+21,0	+29,3	+39,3	+50,7	+59,8	+57,0	+41,4	+32,3	+23,5
$\bar{\delta}_{RE} = \bar{\delta}_{RH} + \bar{\delta}_{RT}$	+39,1	- 9,5	-15,5	-17,9	-14,3	- 6,3	+20,8	+17,4	+15,7	+23,8	+32,7	+28,1	+13,0	- 1,6	- 5,7
$\bar{\delta}_R = \bar{\delta}_{RE} - \bar{\delta}_{R_0}$	+ 3,2	-45,4	-51,4	-53,8	-50,2	-42,2	-15,1	-18,5	-20,2	-12,1	- 3,2	- 7,8	-22,9	-37,5	-41,6
$\hat{\delta}_R = \frac{\bar{\delta}_{RE} - \bar{\delta}_{R_0}}{E}$ mm	+ 1,6	-22,2	-25,1	-28,3	-24,5	-20,6	- 7,4	- 9,0	- 9,9	- 5,9	- 1,6	- 3,8	-11,2	-18,3	-20,3
$\delta_B - \delta_R$ mm	+ 5,1				+ 6,7	+ 8,0	+10,6	+ 6,0	+ 5,0	+ 3,9	+ 3,1	+ 0,8	+ 1,1	+ 2,0	+ 1,1

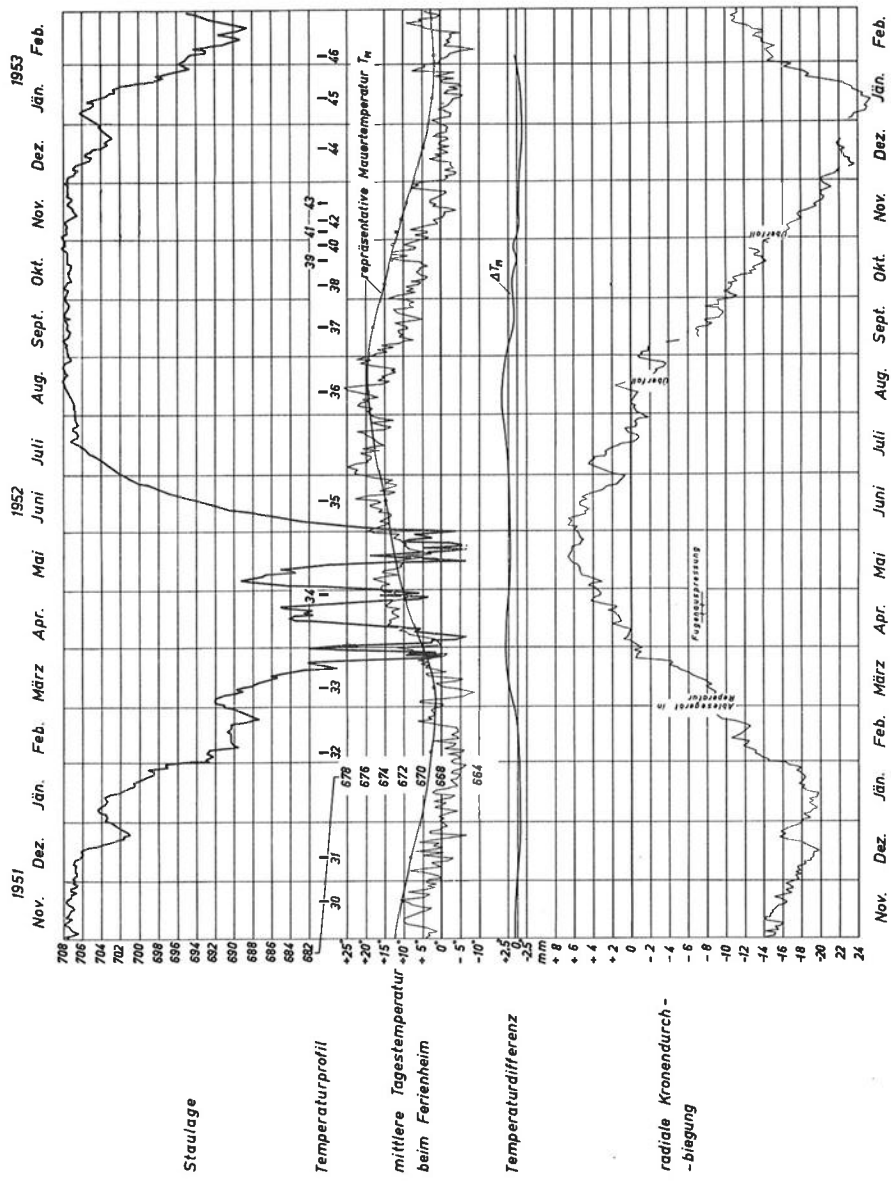


Abb. 8 b Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmauer im Jahre 1952

Zahlentafel 1: Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen im Jahre 1952

	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Temperaturprofile.	6. II. 1952	11. III. 1952	29. IV. 1952	17. VI. 1952	13. VIII. 1952	16. IX. 1952	8. X. 1952	21. X. 1952	29. X. 1952	5. XI. 1952	11. XI. 1952	20. XI. 1952	19. XII. 1952
$\delta_B$ mm	-13,2	- 7,9	+ 3,2	+ 4,6	+ 0,1	- 8,2	-10,3	-13,9	-14,6	-16,9	-18,2	-20,4	-22,0
Staulage m	692,70	688,70	670,83	694,07	707,45	707,56	707,68	707,52	707,77	707,62	707,57	707,50	704,05
$\delta_{RH}$	- 4,9	- 2,6	- 0,2	- 6,0	-32,9	-33,3	-33,7	-33,1	-33,9	-33,5	-33,3	-33,1	-22,9
$T_M$ °C	2,7	1,8	10,0	14,7	19,2	17,5	14,8	12,9	12,6	11,7	10,5	8,9	+ 4,5
$\delta_{RTM}$	8,4	5,5	31,0	45,5	59,3	54,0	45,8	39,9	38,9	36,1	32,6	27,5	+13,8
$\Delta T_M$ °C	- 0,4	+ 2,0	+ 2,2	+ 1,9	+ 3,8	+ 0,9	+ 1,2	0	+ 0,8	- 0,5	- 0,3	- 0,4	- 1,4
$\delta_{RATM}$	- 0,5	+ 2,4	+ 2,6	+ 2,3	+ 4,5	+ 1,0	+ 1,5	0	+ 1,0	- 0,6	- 0,4	- 0,5	- 1,7
$\delta_{RT}$	+ 7,9	+ 7,9	+33,5	+47,8	+63,8	+55,0	+47,3	+39,9	+39,9	+35,5	+32,2	+27,0	+12,1
$\delta_{RE} = \delta_{RH} + \delta_{RT}$	+ 3,0	+ 5,3	+33,4	+41,8	+30,9	+21,7	+13,6	+ 6,8	+ 6,0	+ 2,0	- 1,1	- 6,1	-10,8
$\delta_R = \delta_{RE} - \delta_{R_0}$	-32,9	-30,6	- 2,5	+ 5,9	- 5,0	-14,2	-22,3	-29,1	-29,9	-33,9	-37,0	-42,0	-46,7
$\delta_{R_0} = \delta_{RE} - \delta_{R_0}$ mm	-16,0	-14,9	- 1,2	+ 2,9	- 2,4	- 6,9	-10,9	-14,2	-14,6	-16,5	-18,0	-20,5	-22,8
$\delta_B - \delta_R$ mm	+ 2,8	+ 7,0	+ 4,4	+ 1,7	+ 2,5	- 1,3	+ 0,6	+ 0,3	0	- 0,4	- 0,2	+ 0,1	+ 0,8

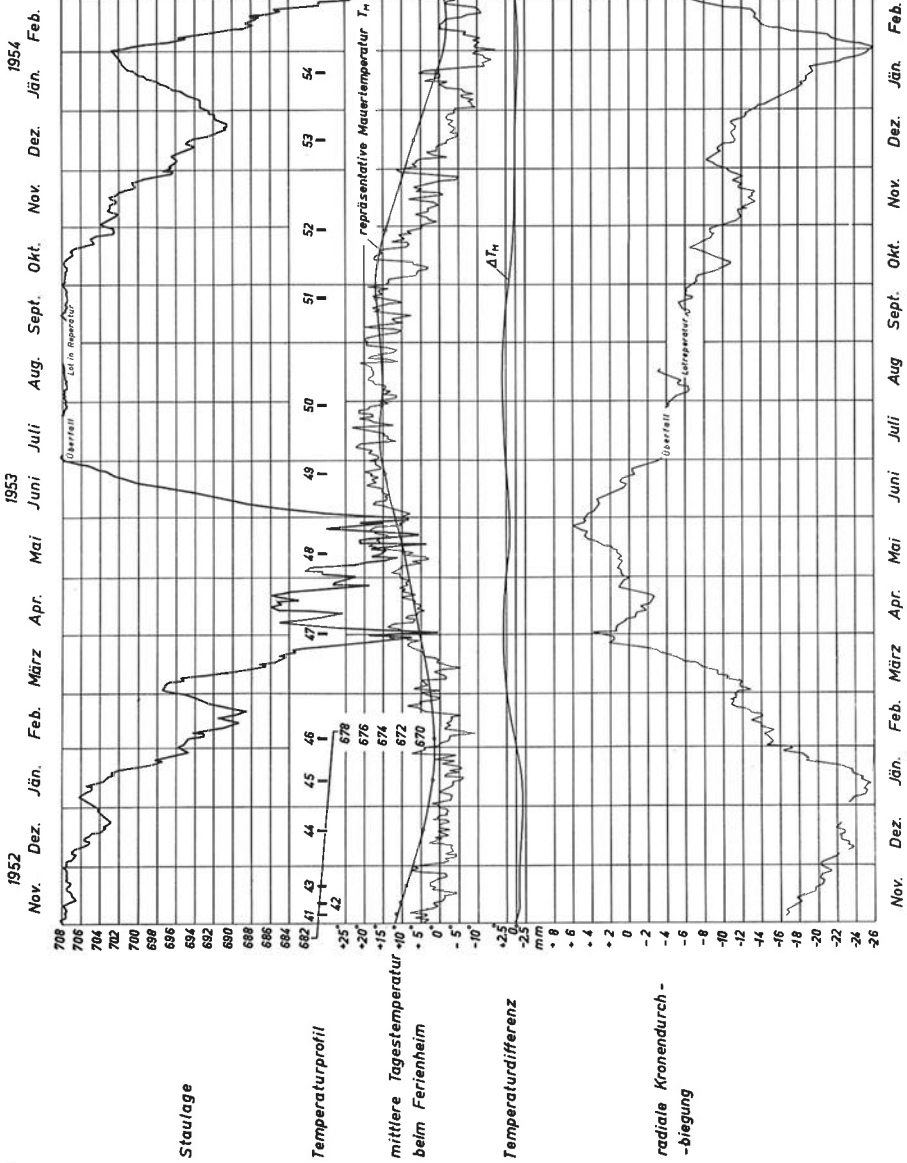


Abb. 8 c Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmauer im Jahre 1953

Zahlentafel 1: Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen der Jahre 1953 und 1954

	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Temperaturprofile	14. I. 1953	5. II. 1953	1. IV. 1953	13. V. 1953	24. VI. 1953	30. VII. 1953	24. IX. 1953	30. X. 1953	16. XII. 1953	20. I. 1954	17. III. 1954	16. VI. 1954	16. IX. 1954	27. X. 1954
$\delta_B$ mm	-24,5	-14,9	+ 3,9	+ 1,4	- 0,4	- 4,1	- 6,8	- 8,6	-11,2	-19,6	- 5,8	- 8,5	- 4,7	-12,7
Staulage m	704,07	694,04	667,94	673,55	702,57	707,53	707,48	702,30	693,80	700,40	679,26	706,72	707,86	707,62
$\bar{\zeta}_{RH}$	-22,9	- 5,9	- 0,1	- 0,2	-18,8	-33,1	-33,0	-18,1	- 5,9	-13,9	- 0,6	-30,7	-34,4	-33,5
$T_M$ °C	+ 2,1	+ 1,7	+ 5,3	+ 9,3	+14,6	+15,3	+16,7	+14,2	+ 6,6	+ 0,6	+ 1,1	+12,5	+17,6	+13,3
$\bar{\zeta}_{RTM}$	+ 6,6	+ 5,2	+16,5	+28,7	+45,1	+47,4	+51,8	+43,8	+20,5	+ 1,9	+ 3,4	+38,6	+54,3	+41,0
$\Delta T_M$ °C	- 1,4	+ 0,5	+ 3,6	+ 1,9	+ 2,5	+ 3,5	+ 2,45	+ 0,48	+0,11	- 0,5	+ 0,94	+ 3,11	+ 3,80	+ 2,17
$\bar{\zeta}_{R\Delta T_M}$	- 1,7	+ 0,6	+ 4,4	+ 2,3	+ 3,0	+ 4,3	+ 2,9	+ 0,6	+ 0,1	- 0,6	+ 1,1	+ 3,7	+ 4,6	+ 2,6
$\bar{\zeta}_{RT}$	+ 4,9	+ 5,8	+20,9	+31,0	+48,1	+51,7	+54,7	+44,4	+20,6	+ 1,3	+ 4,5	+42,3	+58,9	+43,6
$\bar{\zeta}_{RH} = \bar{\zeta}_{RH} + \bar{\zeta}_{RT}$	-18,0	- 0,1	+20,8	+30,8	+29,3	+18,6	+21,7	+26,3	+14,7	-12,6	+ 3,9	+11,6	+24,5	+10,1
$\bar{\zeta}_R = \bar{\zeta}_{RH} - \bar{\zeta}_{Ro}$	-53,9	-36,0	-15,1	- 5,1	- 6,6	-17,3	-14,2	9,6	-21,2	-48,5	-32,0	-24,3	-11,4	-25,8
$\hat{\zeta}_R = \frac{\bar{\zeta}_R}{ER}$ mm	-26,2	-17,5	- 7,4	- 2,5	- 3,2	- 8,4	- 6,9	- 4,7	-10,3	-23,7	-15,6	-11,8	- 5,5	-12,6
$\hat{\zeta}_B - \hat{\zeta}_R$ mm	+ 1,7	+ 2,6	+11,3	+ 3,9	+ 2,8	+ 4,3	+ 0,1	- 3,9	- 0,9	+ 4,1	+ 9,8	+ 3,3	+ 0,8	- 0,1



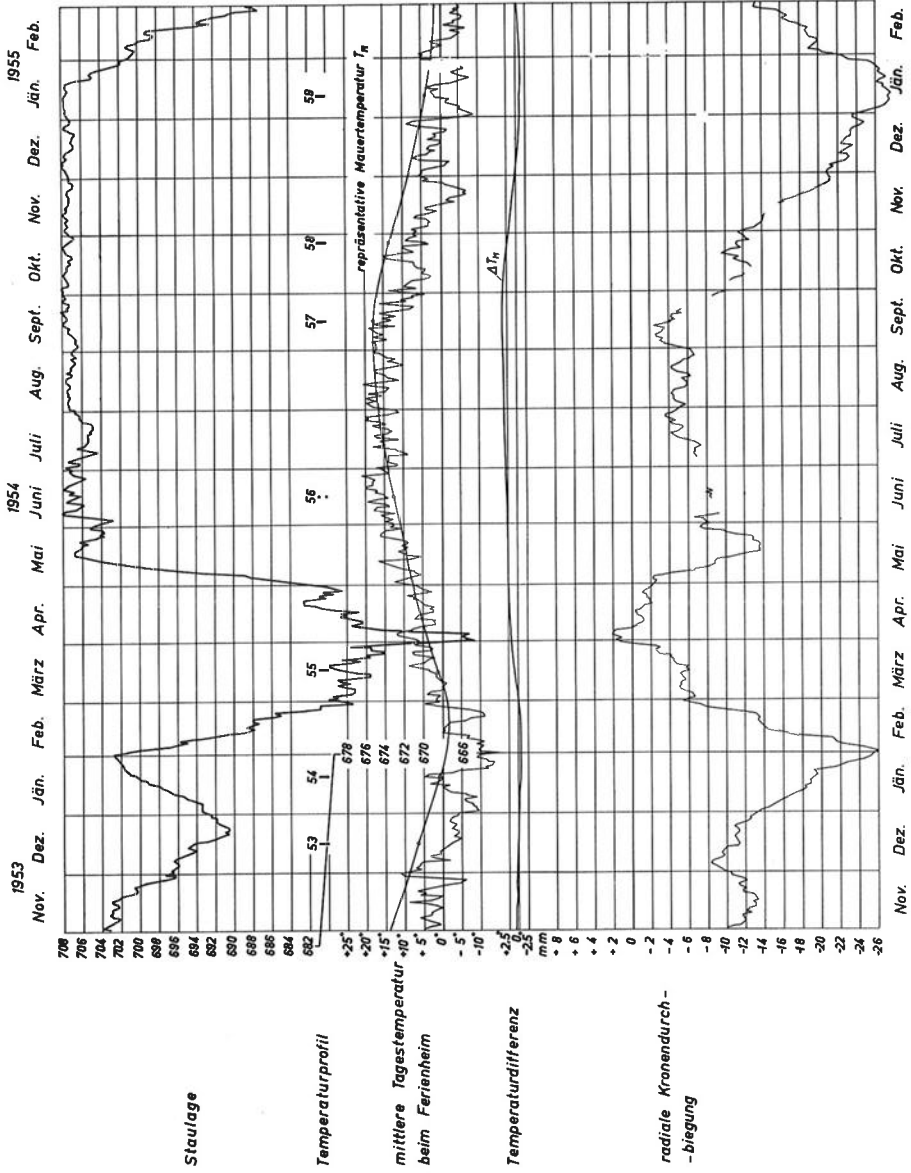


Abb. 8 d Jahresgang der Beobachtungswerte der Hiezmannmauer im Jahre 1954

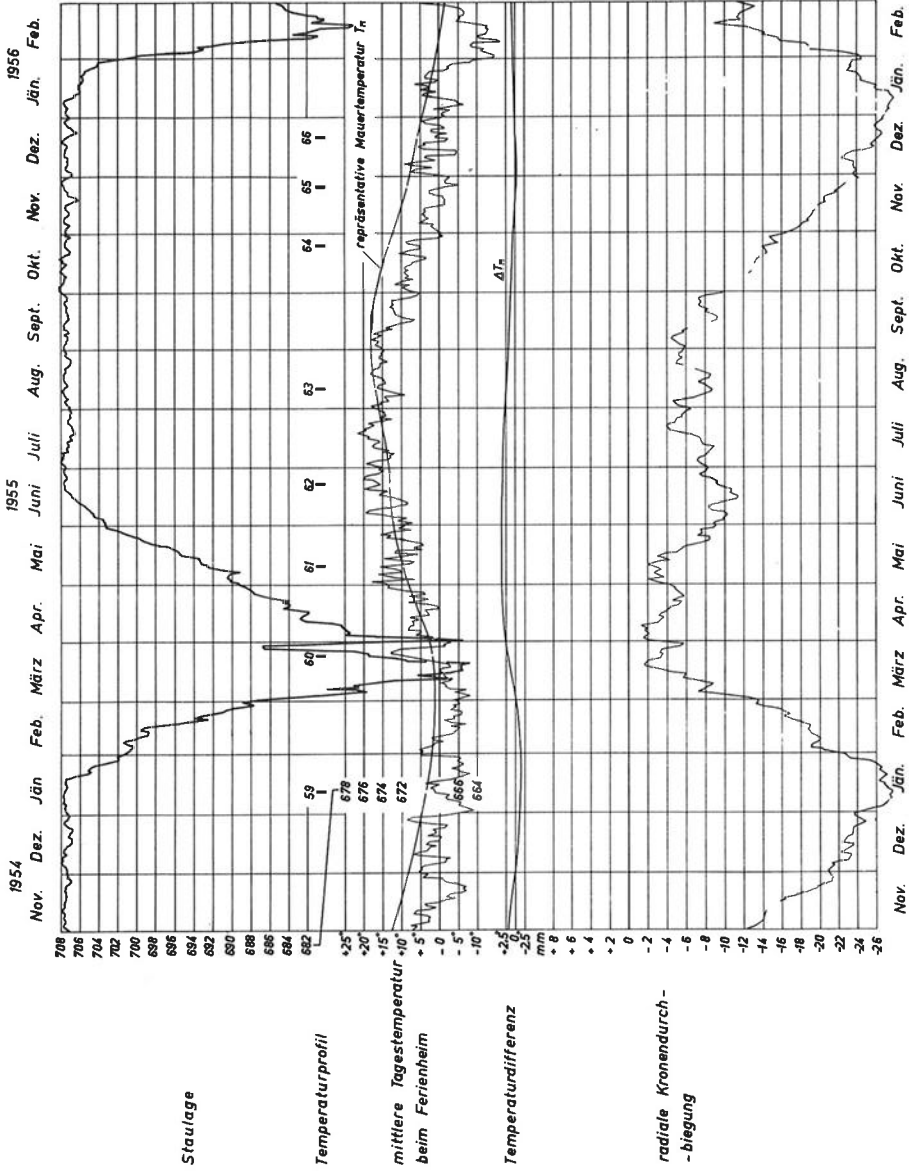


Abb. 8 e Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmauer im Jahre 1955

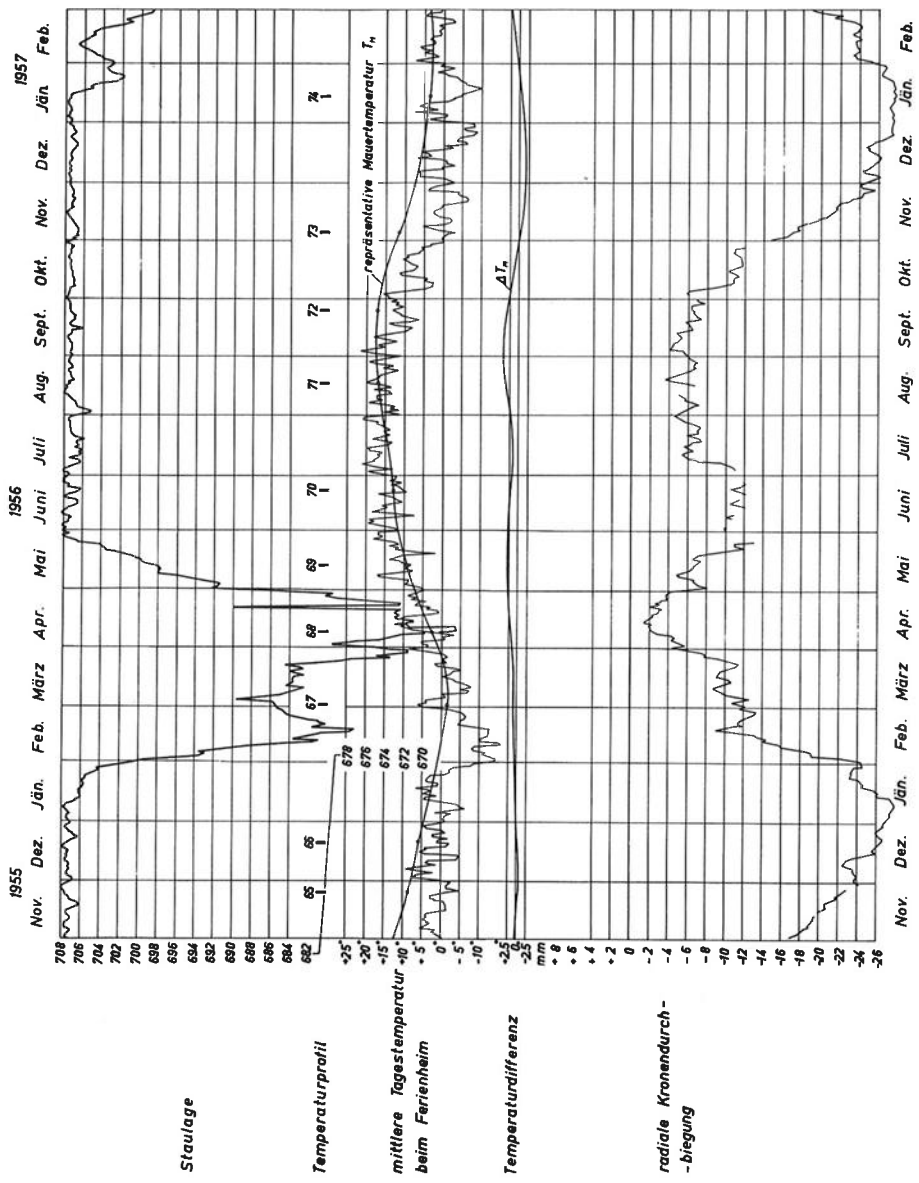


Abb. 8 f Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmauer im Jahre 1956

Zahltafel 1 Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen der Jahre 1955 und 1956

Temperaturprofile	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
$\hat{c}_B$ mm	12.I. 1955 -27,7	24.III. 1955 - 3,5	10.V. 1955 - 2,5	22.VI. 1955 - 9,1	10.VIII. 1955 - 8,7	25.X. 1955 -14,7	25.XI. 1955 -22,6	21.XII. 1955 -26,5	2.III. 1956 -11,5	9.IV. 1956 - 2,3	14.V. 1956 - 6,8	22.VI. 1956 -11,0	17.VIII. 1956 - 5,75	24.IX. 1956 - 6,5	9.XI. 1956 -18,5
Staulage m	707,58	675,27	692,26	707,46	707,47	707,44	707,68	707,47	685,35	666,52	698,77	706,74	707,40	707,29	706,80
$\bar{\delta}_{RH}$	-33,4	-0,2	- 4,6	-32,9	-32,9	-32,8	-33,7	-32,9	- 1,6	- 0,1	-11,2	-30,7	-32,8	-32,5	-31,0
$T_M$ °C	+ 3,9	+1,9	+ 9,6	+13,2	+17,7	+13,4	+ 8,4	+ 5,9	- 1,7	+ 2,7	+ 9,1	+12,9	+17,2	+17,3	+11,5
$\bar{\delta}_{RTM}$	+12,0	+5,9	+29,6	+40,7	+51,8	+41,3	+26,1	+18,2	- 5,2	+ 8,3	+28,2	+39,9	+53,1	+53,7	+35,6
$\Delta T_M$ °C	- 1,3	+1,6	+ 2,7	+ 3,3	+ 2,1	+ 0,6	- 0,4	- 0,3	+0,5	+ 1,9	+ 2,5	+ 2,3	+ 3,1	+ 3,0	- 0,3
$\bar{\delta}_{R\Delta T_M}$	- 1,5	+1,9	+ 3,3	+ 3,9	+ 2,6	+ 0,7	- 0,5	- 0,3	+ 0,6	+ 2,2	+ 3,1	+ 2,8	+ 3,8	+ 3,6	- 0,4
$\bar{\delta}_{RT}$	+10,5	+7,8	+32,9	+44,6	+54,4	+42,0	+25,6	+17,9	- 4,6	+10,5	+31,3	+42,7	-56,9	+57,3	+35,2
$\bar{\delta}_{RH} = \bar{\delta}_{RH} + \bar{\delta}_{RT}$	-22,9	+7,6	+28,3	+11,7	+21,5	+ 9,2	- 8,1	-15,0	- 6,2	+10,4	+20,1	+12,0	+24,1	+24,8	+ 4,2
$\bar{\delta}_R = \bar{\delta}_{RH} - \bar{\delta}_{R_0}$	-58,8	-27,3	- 7,6	-24,2	-14,4	-26,7	-44,0	-50,9	-42,1	-25,5	-15,8	-23,9	-11,8	-11,1	-31,7
$\hat{\delta}_R = \frac{\bar{\delta}_R}{ER}$ mm	-28,5	-13,3	- 3,7	-11,8	- 7,0	-13,0	-21,4	-24,9	-20,6	-12,4	- 7,7	-11,4	- 5,75	- 5,4	-15,5
$\hat{c}_B - \hat{\delta}_R$ mm	+ 0,8	+ 9,8	+ 1,2	+ 2,7	- 1,7	- 1,7	- 1,2	- 1,6	+ 9,1	+10,1	+ 0,9	+ 0,4	0	- 1,1	- 3,0

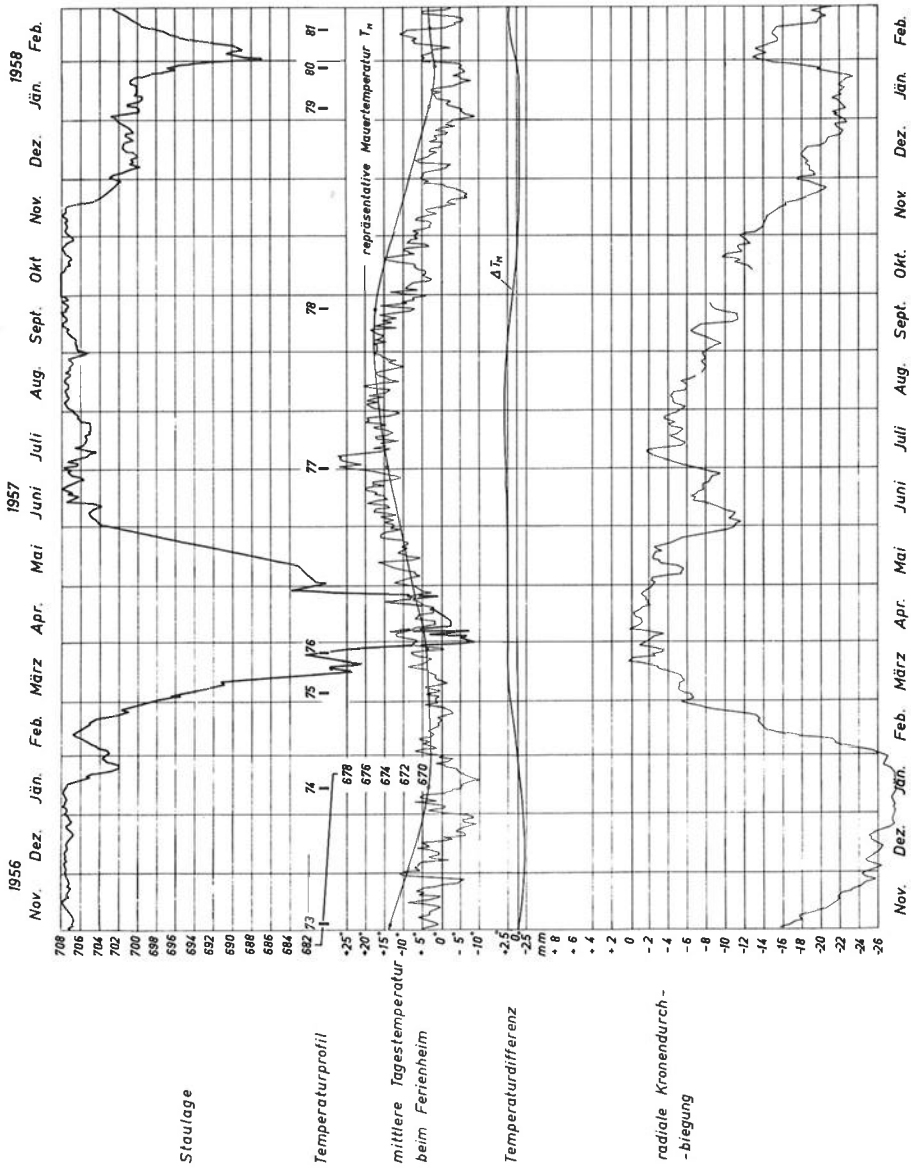


Abb. 8 g Jahresgang der Beobachtungswerte der Hiezmammauer im Jahre 1957

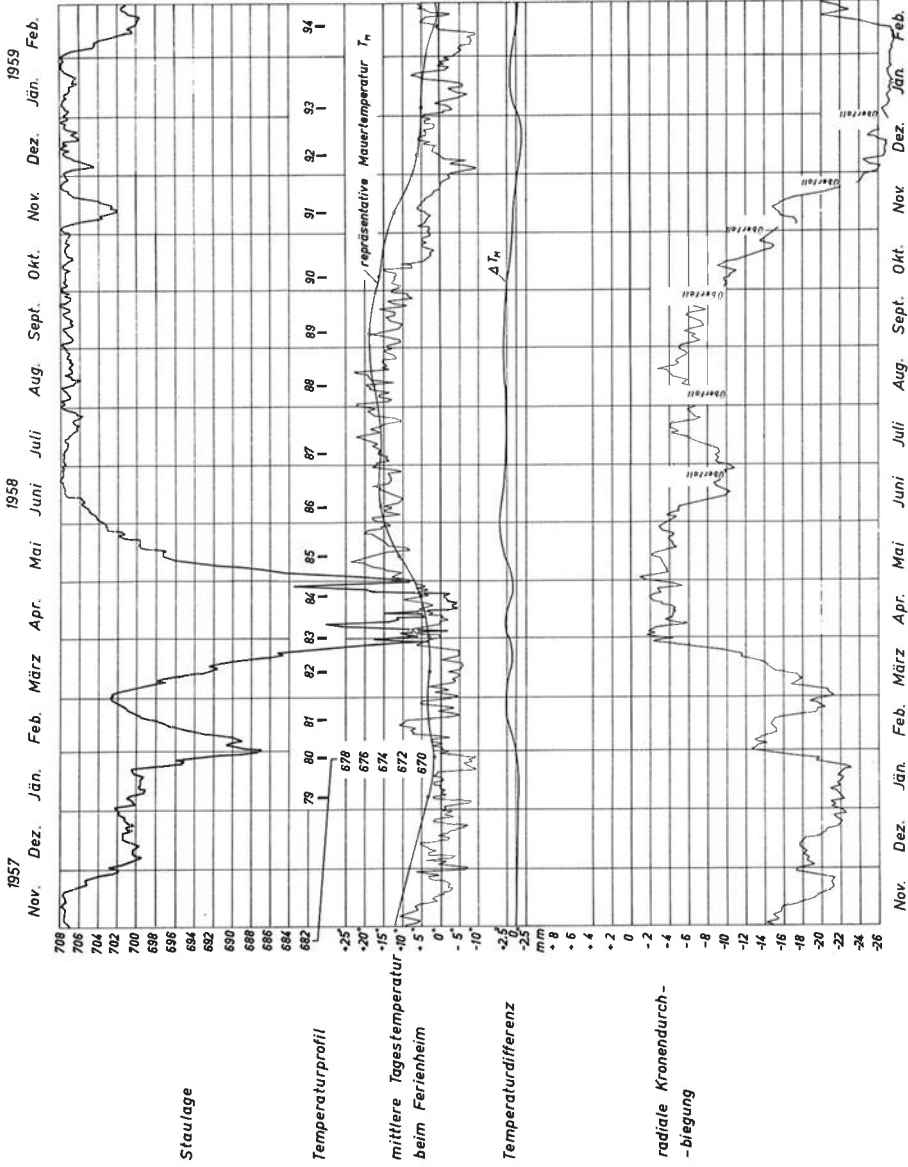


Abb. 8 h Jahresgang der Beobachtungswerte der Hierzmannmauer im Jahre 1958

Zahlentafel 1: Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen der Jahre 1957 und 1958

	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
Temperaturprofile	14. I. 1957	5. III. 1957	26. III. 1957	1. VII. 1957	23. IX. 1957	7. I. 1958	28. I. 1958	17. II. 1958	14. III. 1958	1. IV. 1958	22. IV. 1958	14. V. 1958	9. VI. 1958	7. VII. 1958	12. VIII. 1958	9. IX. 1958	8. X. 1958	6. XI. 1958	11. XII. 1958
$\delta_B$ mm	-27,6	-15,6	-3,2	-6,2	-8,3	-22,2	-17,7	-15,0	-15,1	-2,40	-1,8	-2,1	-5,6	-9,2	-5,3	-5,5	-10,3	-17,3	-26,8
Staulage m	707,68	695,44	680,84	706,95	707,10	701,13	693,40	698,44	692,23	670,88	665,69	697,71	705,35	707,87	707,30	707,23	707,35	706,59	707,28
$\bar{\delta}_{RH}$	-33,7	-7,2	-0,5	-31,5	-32,0	-15,3	-5,5	-10,9	-4,6	-0,2	-0,1	-9,8	-26,7	-34,3	-32,5	-32,4	-32,7	-30,4	-32,4
$T_M$ °C	+3,7	+3,6	+7,2	+15,3	-15,9	+3,6	+1,9	+3,5	+3,3	+3,4	+5,4	+11,1	+15,7	+15,7	+17,9	+18,1	+16,1	+12,4	+5,9
$\delta_{RTM}$	+11,5	+11,2	+22,2	+47,4	-49,2	+11,0	+6,0	+10,8	+10,1	+10,5	+16,8	+34,2	+48,5	+48,5	+55,4	+55,9	+49,6	+38,2	+18,2
$\Delta T_M$ °C	-0,4	+2,4	+3,5	+3,7	+1,9	-0,2	0	-2,6	+1,7	+2,4	+1,6	+3,4	+4,4	+3,2	+3,1	+3,3	+2,1	+0,9	-1,2
$\bar{\delta}_{R\Delta T_M}$	-0,5	+2,9	+4,2	+4,5	+2,3	-0,3	0	+3,1	+2,0	+2,9	+2,0	+4,0	+5,3	+3,9	+3,7	+4,0	+2,5	+1,0	-1,5
$\bar{\delta}_{RT}$	+11,0	+14,1	+26,4	+51,9	+51,5	+10,7	+6,0	+13,9	+12,1	+13,4	+18,8	+38,2	+53,8	+52,4	+59,1	+59,9	+52,1	+39,2	+16,7
$\bar{\delta}_{RP} = \bar{\delta}_{RH} + \bar{\delta}_{RT}$	-22,7	+6,9	+25,9	+20,4	+19,5	-4,6	+0,5	+3,0	+7,5	+13,2	+18,7	+28,4	+27,1	+18,1	+26,6	+27,5	+19,4	+8,8	-15,7
$\bar{\delta}_R = \bar{\delta}_{RP} - \bar{\delta}_{R_0}$	-58,6	-29,0	-10,0	-15,5	-16,4	-40,5	-35,4	-32,9	-28,4	-22,7	-17,2	-7,5	-8,8	-17,8	-9,3	-8,4	-16,5	-27,1	-51,6
$\bar{\delta}_R = \bar{\delta}_{ER}$ m	-28,6	-14,2	-4,9	-7,6	-8,0	-19,8	-17,2	-16,0	-13,8	-11,1	-8,4	-3,7	-4,3	-8,7	-4,5	-4,1	-8,0	-13,2	-25,2
$\delta_B - \bar{\delta}_R$ mm	+1,0	-1,4	-1,7	+1,4	-0,3	-3,4	-0,5	+1,0	-1,3	+8,7	+6,6	+1,6	-1,3	-0,5	-0,8	-1,4	-1,7	-4,1	-1,6



Zahlentafel 1: Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen im Jahre 1959

Temperaturprofile	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
$\delta_B$ mm	5. I. 1959 -27,0	17. II. 1959 -24,8	16. III. 1959 -13,4	13. IV. 1959 - 1,6	15. V. 1959 - 4,3	8. VI. 1959 -12,4	6. VII. 1959 -10,2	7. VIII. 1959 - 9,3	18. IX. 1959 - 8,6	16. X. 1959 -13,7	13. XI. 1959 -20,3	7. XII. 1959 -23,1
Staulage m	707,52	700,27	693,16	679,55	688,64	707,66	707,51	707,39	707,14	706,64	705,83	705,55
$\delta_{RH}$	-33,1	-13,7	- 5,2	- 0,7	- 2,8	-33,5	-33,1	-32,8	-32,1	-30,5	-28,2	-27,3
$T_M$ °C	+ 5,1	+ 1,6	+ 4,9	+ 7,8	+10,6	+12,5	+14,2	+16,8	+16,4	+14,4	+10,7	+ 7,7
$\delta_{RTM}$	+15,7	+ 5,0	+15,1	+24,0	+32,8	+38,6	+43,9	+52,1	+50,8	+44,4	+33,2	+23,9
$\Delta T_M$ °C	+ 0,2	- 0,4	+ 2,8	+ 3,0	+ 1,9	+ 2,4	+ 2,8	+ 2,7	+ 3,6	+ 2,1	- 0,2	+ 0,1
$\delta_{R\Delta TM}$	+ 0,3	- 0,5	+ 3,4	+ 3,7	+ 2,3	+ 3,3	+ 3,3	+ 3,2	+ 4,4	+ 2,6	- 0,3	+ 0,2
$\delta_{RT}$	+16,0	+ 4,5	+18,5	+27,7	+35,1	+41,9	+47,2	+55,3	+55,2	+47,0	+32,9	+24,1
$\delta_{R\Delta} = \delta_{RH} + \delta_{RT}$	-17,1	- 9,2	+13,3	+27,0	+32,3	+ 8,4	+14,1	+22,5	+23,1	+16,5	+ 4,7	- 3,2
$\delta_R = \delta_{RE} - \delta_{Ro}$	-52,0	-45,1	-22,6	- 8,9	- 3,6	-27,5	-21,8	-13,4	-12,8	-19,4	-30,2	-39,1
$\delta_R = \frac{\delta_R}{ER}$ mm	-25,4	-22,0	-11,0	- 4,3	- 1,8	-13,4	-10,6	- 6,5	- 6,2	- 9,5	-14,7	-19,0
$\delta_B - \delta_R$ mm	- 1,6	- 2,8	- 2,4	+ 2,7	- 2,5	+ 1,0	+ 0,4	- 2,8	- 2,4	- 4,2	- 5,6	- 4,1

Auf jeden Fall bringen aber Rechnung und Beobachtung gut übereinstimmende Werte. Wird der Temperaturzustand der Mauer durch - wenn auch primitive - Messungen erfasst, dann ist es auch möglich, mit genügender Genauigkeit die Kronenbewegung infolge Temperaturänderung anzugeben. Bei der Hierzmann-mauer scheint weder ein Umweg über analytische Methoden, noch durch Zusammenwerfen von Temperatur und "Vorgeschichte" notwendig oder zweckmässig. Anders dürften die Verhältnisse wohl dann liegen, wenn durch Ausfall der Fernmessung eine Erfassung der Mauertemperatur selbst nicht mehr möglich ist und nur die Temperaturänderungen der Umgebung als Parameter herangezogen werden können.

Bedenkt man, dass für den Schwankungsbereich 707 - 708 die Kronenverschiebung durch Stau unter 1,5 mm bleibt, also sich geringer auswirkt als 1° C Temperaturänderung, dann drängt sich als erster Schritt zur Aufspaltung der Kronendurchbiegung das Herausschälen der Temperaturfunktion auf. Das Stauziel wird jedes Jahr durch mehrere Monate gehalten. Bei konstantem Parameter Stau durchläuft dann der Temperaturparameter immerhin über 10 Grade seiner Skala, erzeugt somit Durchbiegungsänderungen von mehr als 15 mm, also das Zehnfache der grössten staubedingten Verschiebung.

Bei einer graphischen Behandlung dürfte es sich empfehlen, die gleichmässige Temperaturänderung und die Änderung der Temperaturdifferenz in einem abzubilden. Da die Temperaturdifferenz in erster Annäherung ebenfalls in einer linearen Funktion mit dem Drehpunkt etwa bei 10 - 15° Mauertemperatur sich darstellen lässt, wird des weiteren die Änderung der gleichmässigen Temperatur und der Temperaturdifferenz in einem Werte, und zwar mit 1,7 mm Kronendurchbiegung je 1° C Änderung der repräsentativen Mauer-temperatur erfasst.

#### 7. DIE LASTKURVE

Zieht man jene Beobachtungswerte heran, zwischen denen möglichst starke Spiegeländerungen bei gleichzeitig möglichst geringen Temperaturänderungen liegen, so müsste sich die funktionelle Zuordnung der Lage des Stauspiegels und der Kronendurchbiegung daraus ableiten lassen. Der Temperatureinfluss wird hierbei mit 1,7 mm je 1° C berücksichtigt.

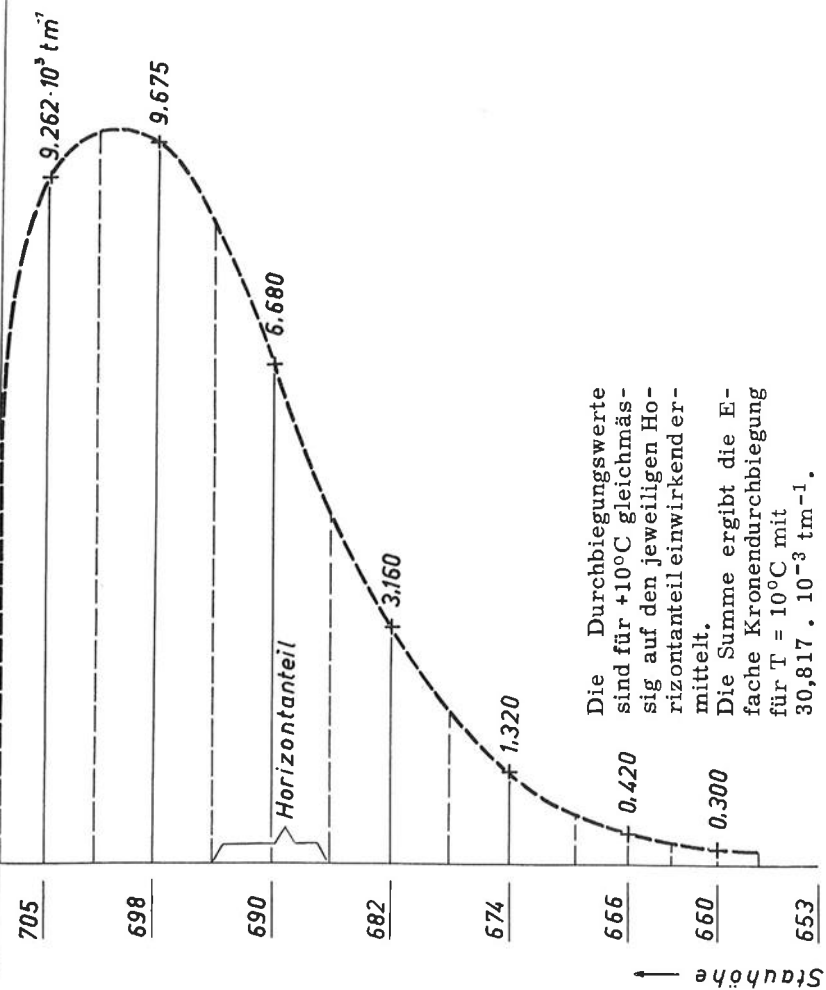
Die so gewonnenen Kurvenscharen für Aufstau und Abstau weichen voneinander ab. Hier spielt also noch als weiterer Einfluss die "Vorgeschichte" mit.

Im Frühjahr der Jahre 1951-1954, 1956 und 1958 wurde in verhältnismässig kurzer Zeit von rd. 1 Monat aus der Staulage 680 die Stauhöhe 705 erreicht. Nach Ausschaltung des Temperatureinflusses verbleibt als Kronenverschiebung für die Staulagenänderung 680-705 (Aufstau):

			$T_M$
30.4. - 8.5.	1951	11,3 mm	7,9 - 9,0 ° C
4.6. - 11.7.	1952	9,8 mm	13,7 - 17,2 ° C
3.6. - 28.6.	1953	11,0 mm	12,2 - 15,2 ° C
29.4. - 15.5.	1954	11,9 mm	7,5 - 9,0 ° C
28.4. - 24.5.	1956	13,9 mm	6,7 - 10,7 ° C
4.5. - 7.6.	1958	<u>14,6 mm</u>	8,0 - 15,6 ° C
Im Mittel:		<u>12,1 mm</u>	

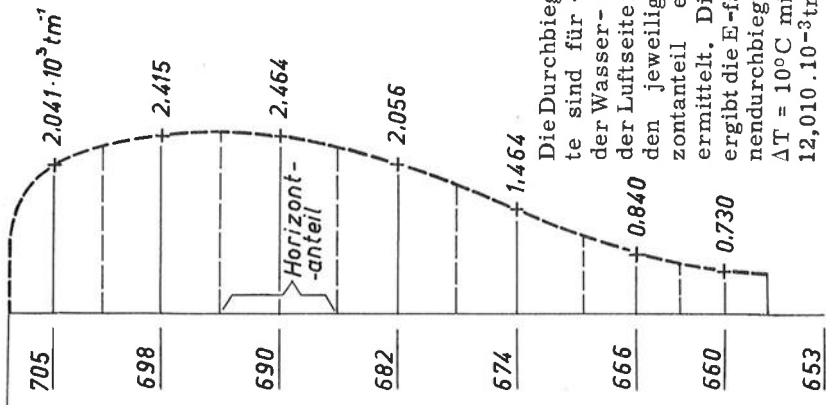
Aus der Einflusslinie folgt für den Staubereich 680-705:  $\frac{25,660 - 0,66}{2,05}$   
12 mm, also immerhin eine gute Übereinstimmung mit der Beobachtung.

708 Stauziel



Die Durchbiegungswerte sind für +10°C gleichmäßig auf den jeweiligen Horizontanteil einwirkender ermittelt. Die Summe ergibt die E-fache Kronendurchbiegung für T = 10°C mit  $30,817 \cdot 10^{-3} \text{ tm}^{-1}$ .

E-fache Kronendurchbiegung →



Die Durchbiegungswerte sind für +10°C auf der Wasser- zu 0°C auf der Luftseite fallend auf den jeweiligen Horizontanteil einwirkend ermittelt. Die Summe ergibt die E-fache Kronendurchbiegung für  $\Delta T = 10^\circ \text{C}$  mit  $12,010 \cdot 10^{-3} \text{ tm}^{-1}$ .

Abb. 10 Einflusslinie der Kronendurchbiegung infolge Temperaturänderung von 10°C (T)

Abb. 11 Einflusslinie der Kronendurchbiegung infolge Temperaturdifferenz von 10°C (ΔT)

Untersucht man die übrigen Jahre, so zeigt sich, dass die "Vorgeschichte" bei längerer Aufstaudauer stark einwirkt. Im Jahre 1955 dauerte es vom 10.4. bis 9.6., um vom niederen zum höheren Stau zu kommen. Als Kronenverschiebung wurden 19,5 mm ( $4,3^\circ - 12,6^\circ$ ) beobachtet; ähnlich im Jahre 1957 18,5 mm (23.4. - 7.6.  $6,7^\circ - 13,0^\circ$ ).

Trägt man nun die Aufstaukurven der einzelnen Jahre (Abb.12, Zahlen-tafel 3) vom Tiefstpunkt bis zur Erreichung der Höchstlage 708 auf, so dürften Kurvenpunkte etwa unter 680 kaum mehr beobachtbare Durchbiegungen durch Stau an der Krone hervorrufen. Treten hier also, wie z.B. im Jahre 1954, nach rechnerischer Ausschaltung der Temperatureinflüsse starke Bewegungen auf, so sind entweder diese nicht richtig erfasst, oder die Komponente "Vorgeschichte" wird sichtbar. Wie schon früher erwähnt, stimmen die Nullpunkte für Beobachtung und Rechnung nicht überein, da beide willkürlich, unabhängig voneinander festgelegt wurden. Der tiefste Ausschlag bei leerem Becken, also rechnerungsmässig "Null", wurde im Jahre 1954 mit -4,9 mm, der höchste bei leerem Becken in den Jahren 1952 und 1953 mit -15,7 bzw. -15,1 mm beobachtet.

In den acht Beobachtungsjahren brachten die Spiegellagen um oder unter 670 kleinste Ablesungen:

19.4.	1951	- 6,8 mm
24.5.	1952	-15,7 mm
30.5.	1953	-15,1 mm
4.4.	1954	- 4,9 mm
1.4.	1955	- 6,5 mm
23.4.	1956	-12,9 mm
16.4.	1957	-10,2 mm
30.4.	1958	<u>-14,3 mm</u>
Im Mittel:		-10,8 mm

Da bei leerem Becken kein staubedingter Ausschlag auftritt, differieren die Nullpunkte der Beobachtung und der Rechnung somit um diesen Wert. Die Einflussbreite der "Vorgeschichte" erreicht  $15,7 - 4,9 = 10,8$  mm.

Ähnliche Werte erscheinen auch in der tabellarischen Auswertung der Temperaturprofile (Zahlentafel 1) als grösste Abweichung zwischen Rechnung und Beobachtung:

Temperaturprofil Nr. 23a	10,6 mm	Abweichung zwischen Rechnung und Beobachtung
" " 60	9,8 mm	
" " 67	9,1 mm	
" " 68	10,1 mm	
" " 83	8,7 mm	

In den zwei Jahren, in denen die Umgebungstemperatur längere Zeit unter  $-10^\circ\text{C}$  sinkt, zeigen sich besonders auffallende Anomalien. In der Zeit vom 2.2. - 18.2. 1956 geht der Spiegel von 700 auf 680 zurück; dieser Absenkung entspricht eine Kronenbewegung von maximal 7 mm flussaufwärts. Das Pendel zeigt aber einen beobachteten positiven Ausschlag von mehr als 14 mm, wobei die weitere Abkühlung der Mauer um etwa  $1,5^\circ\text{C}$  noch einen weiteren Beitrag von mindestens 2 mm in der Fließrichtung, also die Änderung erhöhend, liefert. In diesem halben Monat ist also eine flussaufwärts wirkende Komponente in Erscheinung getreten, die eine Kronenbewegung von etwa 9 mm verursacht. Die Aussentemperatur bleibt dauernd unter  $-10^\circ\text{C}$ . Die beobachtete Kronenbewegung würde aber eine Mauererwärmung um mehr als  $5^\circ$  erfordern. Da

ein den Mauerkörper biegender Einfluss nicht sichtbar ist, kann es sich wohl nur um eine Verdrehung des gesamten Mauerquerschnittes, also etwa um eine relative Hebung der luftseitigen Mauerzehe um ein Mass handeln, das eine Bewegung der Krone um 9 mm hervorruft. Setzt man das mittlere Verhältnis Mauerhöhe - Fussbreite mit 4:1 oder 5:1 an, so würde dies eine Hebung der Zehe (bzw. ein relatives Einsinken der Mauerferse) um 2 mm ergeben.

Als Nullpunkt der beobachteten Durchbiegungen ergibt sich:

Stauziel:	690	680	Reduktion auf 670	
8.2.1952	-16,5		+2	-14,5 mm
13.2.1953	-17,0		+2	-15,0 mm
24.2.1954		- 6,2	+0,3	- 5,9 mm
24.2.1955	-17,0		+2	-15,0 mm
18.2.1956		- 8,0	+0,3	- 7,7 mm
28.3.1957				- 9,3 mm
30.1.1958	-18,6		+2	<u>-16,6 mm</u>

Im Mittel der sieben Jahre: -12,0 mm

Die Grenzwerte geben  $16,6 - 5,9 = 10,7$  mm als Unterschiedsbetrag. Aus der Übersicht geht auch hervor, dass neben dem bereits besprochenen Jahr 1956 mit der Nullage - 7,7 mm auch das Jahr 1954 wesentlich unter dem Mittel bleibt (-5,9 mm). Auch hier sinkt die Temperatur Ende Jänner - Anfang Feber unter  $-10^{\circ}$  C.

Der Abstau beginnt in einigen Jahren bereits im November und erreicht Anfang Feber seine Tiefstlage. In Jahren mit guter Herbstwasserführung wird aber erst Mitte Jänner der Spiegel abzusenken begonnen, so dass dann in kürzester Zeitspanne die Entleerung vor sich geht.

Vergleicht man wieder die Kronenbewegung zwischen den Staulagen 705 und 690 (Abstau), so zeigen die einzelnen Jahre folgendes:

1951/52	19. 12. - 8. 2.	14,8 mm
1952/53	14. 12. - 13. 2.	14,6 mm
1953/54	23. 10. - 23. 12.	14,2 mm
1954/55	22. 1. - 24. 2.	14,2 mm
1955/56	26. 1. - 8. 2.	8,1 mm
1956/57	20. 1. - 12. 3.	15,9 mm
1957/58	26. 11. - 30. 1.	<u>16,8 mm</u>

7 Jahre im Mittel: 14,1 mm

Fügt man für die Absenkung  $690 - 670 \sim 2$  mm hinzu, so zeigt sich, dass im Abstau die Durchbiegung um 4 mm mehr zurückgeht, als beim Aufstau erzwungen wird (16,1 mm gegen 12,1 mm).

Auch bei den Abstaukurven (Abb. 13, Zahlentafel 4) zeigen sich Anomalien; während die Spanne 705 - 690 in den meisten Jahren eine Durchbiegungsänderung in der Grösse von 14 - 17 mm bringt, ergibt der Abstau vom 26. 1. - 8. 2. 1955 nur 8,1 mm Kronenverschiebung. Während die zweite Hälfte November und der Dezember 1955 sowie die erste Hälfte Jänner 1956 nur Höchstwerte an Kälte

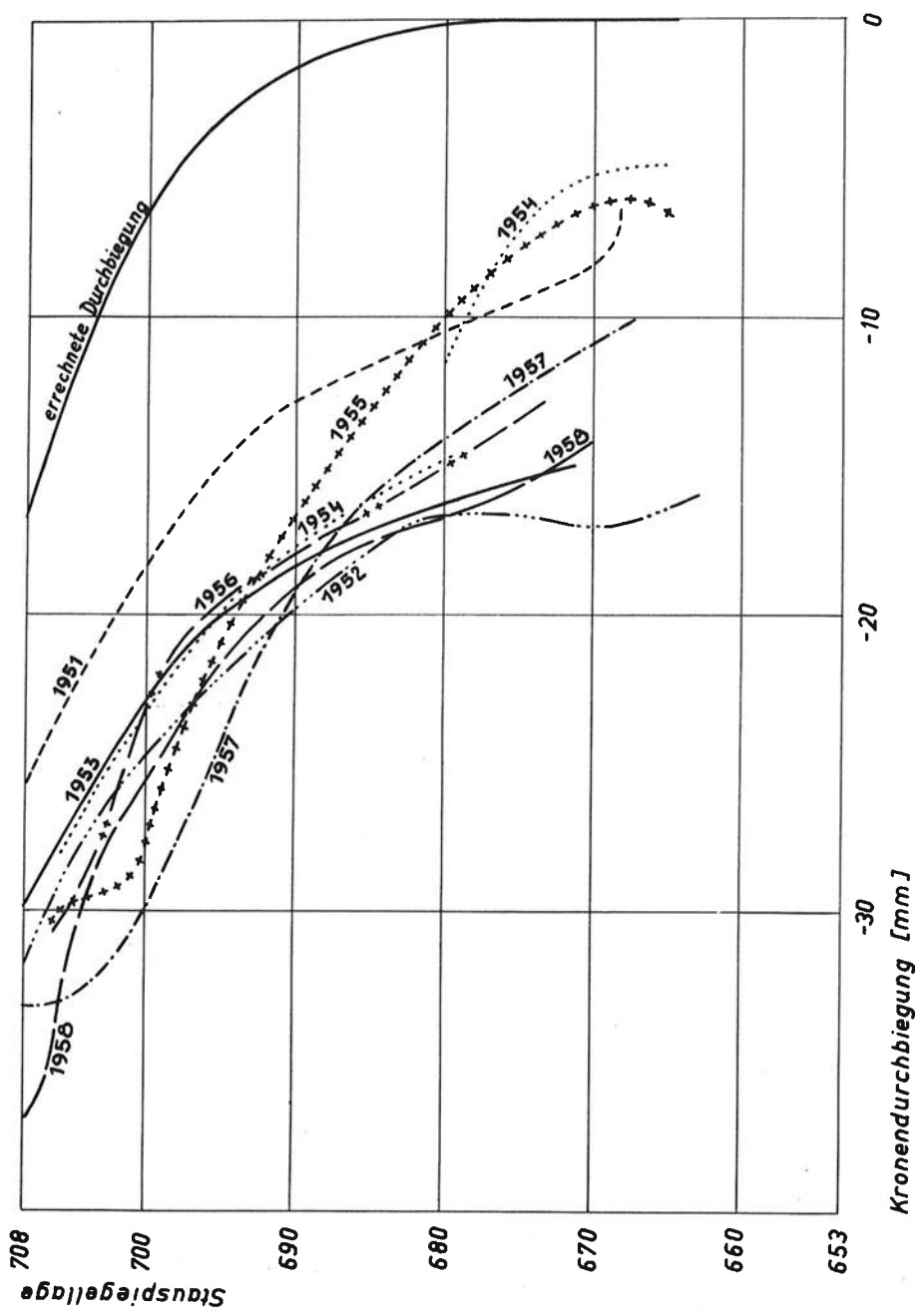


Abb. 12 Aufstaukurven

Zahlentafel 3: Numerische Daten zu den Aufstaukurven

Jahr	Datum	Stau m	t <sub>M</sub> oC	δ <sub>B</sub> mm	t <sub>2</sub> 1,7 t <sub>M</sub>	H <sub>2</sub> mm	Jahr	Datum	Stau m	t <sub>M</sub> oC	δ <sub>B</sub> mm	t <sub>2</sub> 1,7 t <sub>M</sub>	H <sub>2</sub> mm		
1951	19.4.1951	668,0	+5,9	+3,2	-10,0	-6,8	1955	1.4.1955	665,0	+2,6	-2,1	-4,4	-6,5		
	23.4.	670,0	7,0	+3,4	-11,9	-8,5		2.4.	670,0	2,7	-1,6	-4,6	-6,2		
	30.4.	680,0	7,9	+2,9	-13,5	-10,6		10.4.	680,0	4,3	-3,0	-7,3	-10,3		
	2.5.	690,0	8,2	+1,0	-14,0	-13,0		2.5.	690,0	8,2	-2,7	-14,0	-16,7		
	6.5.	701,0	8,8	-4,5	-15,0	-19,5		16.5.	695,0	10,4	-4,0	-17,7	-21,7		
	8.5.	705,0	9,0	-6,6	-15,3	-21,9		25.5.	700,0	11,4	-8,4	-19,4	-27,8		
	10.5.1951	706,0	+9,2	-8,2	-15,6	-23,8		31.5.	703,0	12,1	-9,1	-20,6	-29,7		
	24.5.1952	665,0	+12,8	+6,1	-21,8	-15,7		9.6.	705,0	12,6	-8,4	-21,4	-29,8		
	1.6.	670,0	13,5	+5,9	-22,9	-17,0		20.6.1955	705,5	+13,0	-9,9	-22,1	-32,0		
	4.6.	680,0	13,7	+6,5	-23,3	-16,8		1956	23.4.1956	672,0	+5,8	-3,0	-9,9	-12,9	
12.6.	690,0	14,3	+4,4	-24,3	-19,9	28.4.	680,0		6,7	-3,8	-11,4	-15,2			
26.6.	700,0	15,7	+1,3	-26,7	-25,4	1.5.	690,0		7,3	-5,8	-12,4	-18,2			
11.7.	705,0	17,2	+2,6	-29,2	-26,6	17.5.	700,0		9,7	-6,4	-16,5	-22,9			
18.7.	707,0	17,7	-0,6	-30,0	-30,6	24.5.	704,0		10,7	-10,9	-18,2	-29,1			
17.8.1952	708,0	+19,3	+0,6	-32,6	-32,0	26.5.	706,5		11,0	-13,0	-18,7	-31,7			
1953	30.5.1953	671,0	+11,6	+4,6	-19,7	-15,1	29.5.1956		708,0	+11,4	-12,0	-19,4	-31,4		
	3.6.	680,0	12,2	+4,2	-20,7	-16,5	1957		16.4.1957	667,0	+5,7	-0,5	-9,7	-10,2	
	10.6.	690,0	13,0	+3,5	-22,1	-18,6			23.4.	680,0	6,7	-3,0	-11,4	-14,4	
	20.6.	700,0	14,1	+0,9	-24,0	-23,1			5.5.	690,0	8,5	-5,1	-14,4	-19,5	
	25.6.	703,0	14,7	-0,3	-25,0	-25,3		17.5.	690,0	10,0	-2,4	-17,0	-19,4		
	28.6.	705,0	15,2	-1,7	-25,8	-27,5		29.5.	700,0	11,8	-10,0	-20,0	-30,0		
	2.7.1953	708,0	+15,5	-3,6	-26,4	-30,0		7.6.	705,0	13,0	-10,8	-22,1	-32,9		
	1954	4.4.1954	665,0	+4,1	+2,1	-7,0		-4,9	24.6.1957	708,0	+14,8	-8,1	-25,2	-33,9	
		5.4.	670,0	4,2	+2,0	-7,1		-5,1	1958	30.4.1958	670,0	+7,0	-2,4	-11,9	-14,3
		18.4.	680,0	6,2	-1,2	-10,5		-11,7		4.5.	680,0	8,0	-3,2	-13,6	-16,8
29.4.		680,0	7,5	-2,1	-12,8	-14,9		9.5.		690,0	9,3	-3,3	-15,8	-19,1	
6.5.		690,0	8,0	-4,4	-13,6	-18,0	19.5.	700,0		12,6	-4,4	-21,4	-25,8		
10.5.		700,0	8,5	-8,8	-14,5	-23,3	28.5.	703,0		14,4	-3,0	-24,5	-27,5		
15.5.		705,0	9,0	-11,5	-15,3	-26,8	7.6.	705,0		15,6	-4,9	-26,5	-31,4		
17.5.		706,7	9,2	-13,7	-15,6	-27,3	18.7.	707,5		16,2	-9,3	-27,5	-36,8		
4.6.		703,0	11,0	-6,7	-18,7	-25,4	23.7.1958	708,0		+16,2	-9,5	-27,5	-37,0		
6.6.1954		706,0	+11,4	-9,3	-19,4	-28,7									



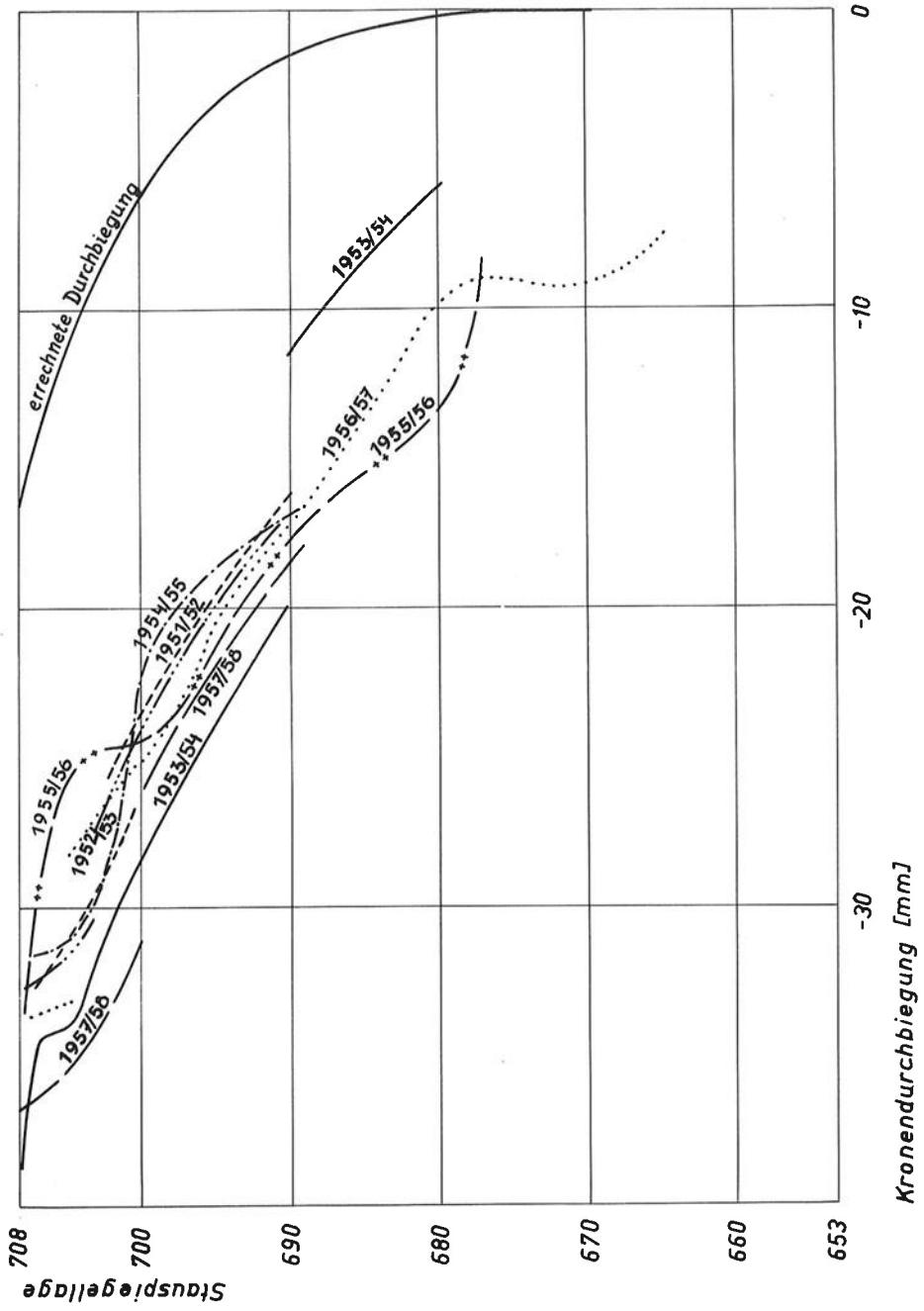


Abb. 13 Abstaukurven

Zahlentafel 4: Numerische Daten zu den Abstaukurven

Jahr	Datum	Stau m	t <sub>M</sub> °C	δ <sub>B</sub> mm	t <sub>2</sub> 1.7.t <sub>M</sub>	H <sub>2</sub> mm
1951 1952	10.12.1951	707,0	+8,3	-18,3	-14,1	-32,4
	19.12.1951	705,0	7,3	-18,9	-12,4	-31,3
	25.12.1951	701,0	6,4	-16,3	-10,9	-27,2
	18.1.1952	701,0	4,0	-18,0	-6,8	-24,8
	8.2.1952	690,0	+2,5	-12,2	-4,3	-16,5
	1.12.1952	707,8	+7,2	-20,2	-12,3	-32,5
	14.12.1952	705,0	5,4	-22,4	-9,2	-31,6
	24.12.1952	703,0	4,0	-22,7	-6,8	-29,5
1953 1954	16.1.1953	703,0	2,0	-24,2	-3,4	-27,6
	22.1.1953	700,0	1,7	-21,4	-2,9	-24,3
	13.2.1953	690,0	+1,9	-13,8	-3,2	-17,0
	13.10.1953	707,8	+16,4	-10,3	-27,9	-38,2
	19.10.1953	707,0	+16,0	-7,2	-27,2	-34,4
	23.10.1953	705,0	+15,4	-8,0	-26,2	-34,2
	24.11.1953	700,0	+10,2	-11,2	-17,3	-28,5
1955	23.12.1953	690,0	+5,2	-11,2	-8,8	-20,0
	12.2.1954	690,0	-2,0	-15,1	+3,4	-11,7
	24.2.1954	680,0	-1,6	-8,9	+2,7	-6,2
	18.1.1955	707,4	+3,0	-26,5	-5,1	-31,6
	22.1.1955	705,0	2,7	-26,6	-4,6	-31,2
	9.2.1955	700,0	1,6	-19,8	-2,7	-22,5
24.2.1955	690,0	+1,2	-15,0	-2,0	-17,0	
1956 1957	9.1.1956	707,8	+3,4	-27,8	-5,8	-33,6
	26.1.1956	705,0	+1,5	-23,4	-2,5	-25,9
	2.2.1956	700,0	+0,8	-23,2	-1,4	-24,6
	8.2.1956	690,0	+0,3	-17,3	-0,5	-17,8
	12.2.1956	680,0	-0,1	-14,0	+0,2	-13,8
	18.2.1956	677,0	-0,6	-9,0	+1,0	-8,0
	14.1.1957	707,6	+3,6	-27,6	-6,1	-33,7
	20.1.1957	705,0	3,3	-27,5	-5,6	-33,1
	18.2.1957	705,0	3,0	-23,9	-5,1	-28,0
	27.2.1957	700,0	3,4	-19,5	-5,8	-25,3
1957 1958	12.3.1957	690,0	3,8	-10,8	-6,5	-17,3
	16.3.1957	680,0	3,8	-3,4	-6,5	-9,9
	28.3.1957	670,0	3,9	-2,7	-6,6	-9,3
	30.3.1957	665,0	+4,0	-0,7	-6,8	-7,5
	17.11.1957	707,8	+9,8	-20,0	-16,7	-36,7
	26.11.1957	705,0	8,8	-20,4	-15,0	-35,4
1958	6.12.1957	700,0	7,5	-18,6	-12,8	-31,4
	23.1.1958	700,0	2,1	-22,6	-3,6	-26,2
	30.1.1958	690,0	+2,3	-14,7	-3,9	-18,6

bis  $-5^{\circ}\text{C}$  brachten, ging die Aussentemperatur gerade in der Abstauperiode bis auf  $-15^{\circ}\text{C}$ . Wie schon früher bemerkt, scheinen solche tiefe Aussentemperaturen bei der Hierzmanmauer zur Komponente "Vorgeschichte" beizutragen.

Der Höchststau 708 bringt in der Aufstaukurve einen von der Temperatur bereinigten Durchbiegungswert im Mittel der acht Jahre von:

16.9.1951	30,7 mm
17.8.1952	32,0 mm
2.7.1953	30,0 mm
6.6.1954	31,7 mm (28,7 + 3 mm)
20.6.1955	32,0 mm
29.5.1956	31,4 mm
24.6.1957	33,3 mm
23.7.1958	<u>37,0 mm</u>
Im Mittel:	32,2 mm

In der Abstaukurve dagegen (bei 7 Jahren):

10.12.1951	34,1 mm (32,4 + 1,7)
1.12.1952	32,9 mm (32,5 + 0,4)
13.10.1953	38,6 mm (38,2 + 0,4)
18. 1.1955	32,6 mm (31,6 + 1,0)
9. 1.1956	34,0 mm (33,6 + 0,4)
14. 1.1957	34,4 mm (33,7 + 0,7)
17.11.1957	<u>37,3 mm</u> (36,7 + 0,6)
Im Mittel:	34,9 mm

Hier scheint sich eine leichte Zunahme der Kronendurchbiegung im Laufe der Staubelastung des Sommers und Herbstes anzudeuten. Die Grenzwerte liegen zwischen 30,0 und 38,6, zeigen also eine Spanne von 9 mm. Auch hier ist ein Fehler von über  $5^{\circ}\text{C}$  in der Temperaturerfassung unwahrscheinlich. Die Analyse weist hier auf eine Komponente "Vorgeschichte", die im Sommer die Durchbiegung in flussabwärtiger Richtung verstärkt.

#### 8. DER BEWEGUNGSANTEIL "ZEITABHÄNGIGE VORGESCHICHTE"

Geht der Aufstau rasch vor sich, so ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung zwischen der errechneten Einflusslinie der Kronenbewegung und der aus der Beobachtung abgeleiteten Kurve.

Dagegen zeigen Vergleiche besonders in den kalten Wintern 1953/54 und 1955/56, aber auch - allerdings scheinbar in geringerem Masse - über den Sommer eine zusätzliche Bewegungskomponente neben Stau und Temperatur. Über ähnliche Beobachtungen berichtet auch Gicot von der Sperre Rossens (9). Er unterscheidet dort einen elastischen und einen plastischen Bereich und hält eine gewisse Rückbildung der plastischen Deformation während eines thermischen Zyklus für möglich.

Auch bei der kürzlich in Betrieb genommenen Staumauer Mauvoisin zeigt sich ein Unterschied in der Auf- und Abstaukurve von immerhin 20 mm, bei insgesamt 70 mm Durchbiegung an der Krone. Der Bericht (12) meint, dass der Grund hiezu sowohl im Schwinden des Betons als auch in einer bleibenden Verformung der Felswiderlager liegen kann. Erst an Hand von weiteren Messperioden dürfte eine genauere Erklärung dieses Phänomens möglich sein.

Für die Hierzmannmauer scheint folgendes Ergebnis wesentlich: Die beobachtete und temperaturbereinigte Kronendurchbiegung infolge Stau stimmt mit der errechneten Grösse von etwa 17 mm gut überein, wenn man den Zeiteinfluss ausschaltet.

Als absolute Grenzwerte der Kronendurchbiegungen ergaben sich bisher +7 mm im Mai/Juni 1952 und -28 mm im Jänner 1955, 1956, 1957 und 1959, also eine grösste Bewegung von 35 mm. Grenzwerte der repräsentativen Mauertemperatur  $T_M$  brachten der August 1952 mit +19,5° C und der Feber 1954 und 1956 mit -2° C. Eine Spanne von über 20 Temperaturgraden liefert aber eine Durchbiegung der Krone von etwa der gleichen Grössenordnung wie die grösste gemessene Bewegung.

Der Temperatureinfluss lässt sich durch die lineare Funktion  $\delta^t = 1,7 T_M$  darstellen. Die elastische Kronenbewegung infolge Stau entspricht gut der errechneten Einflusslinie. Wie aber besonders deutlich die temperaturbereinigte Durchbiegungslinie des Abstaus 1953/54 und 1955/56, bzw. des Aufstaus 1954 und 1955 zeigt, treten hier zeitabhängige Einflüsse in der Grössenordnung von etwa 10 mm auf. Sie verschieben im Winter den Kronenpunkt flussaufwärts, wirken also der Kälte und der Staulast entgegen. Dagegen scheinen sich im Laufe des Sommers die Durchbiegungen infolge Stau etwas zu vergrössern, ein Umstand, der auf eine zeitabhängige Verformung des Untergrundes in den luftseitigen Aufstadbereichen der Mauer hinzuweisen scheint.

## 9. ERGEBNIS

Zusammenfassend bringt die Beobachtung folgende Werte der Kronenbewegung:

Der Parameter "repräsentative Mauertemperatur" bestreicht eine Skalenbreite von über 20 Temperaturgraden von etwa -2° C bis +19° C; er verursacht eine Kronenbewegung von rd. 35 mm.

Der Parameter Stau bringt 17 mm Kronendurchbiegung; da ein volles Becken eine extreme Durchkältung der Mauer ausschliesst, wirkt der Staueinfluss meist subtraktiv gegenüber dem Temperatureinfluss.

Als dritte Komponente erscheint ein Zeiteinfluss, die "Vorgeschichte". Er tritt in kalten Wintern (Aussentemperaturen unter -5° bis -15° C) im Sinne eines positiven Beitrages zur Kronenbewegung auf (im Grösstwert rd. 10 mm); im Sommer, bei länger andauerndem Stau, scheint sich hingegen eine zusätzliche Durchbiegung von etwa 4 mm im Mittel und 8 mm im Grösstwert flussabwärts, also additiv zum Staueinfluss einzustellen.

Auf jeden Fall aber erlaubt die Aufspaltung der Kronenbewegung in die Komponenten Temperaturänderung und Stau unter Berücksichtigung der Komponente "Vorgeschichte" jederzeit einen Überblick über den Soll- und Iststand des beobachteten Kronenpunktes. Solange beim Vergleich der aus den Werten der Temperaturprofile errechneten und der beobachteten Kronendurchbiegungen nur Unterschiede von wenigen Millimetern auftreten, beweist dies die unveränderte Stabilität und Elastizität der Hierzmannmauer und ermöglicht so eine laufende Beobachtung und Kontrolle des Verformungszustandes der Mauer. Lediglich beim Wiederaufstau treten in einzelnen Jahren grössere positive Abweichungen

der Beobachtung gegenüber der errechneten Durchbiegung auf, die auf die dritte Komponente neben Temperatur und Stau, auf die "Vorgeschichte", als zeitabhängigen Faktor hinweisen. Da diese Komponente subtraktiv auftritt, (bei sich füllendem Becken und kalter Mauer positiv, also dem Stau gegenwirkend; bei vollem Becken wohl negativ, also additiv zum Stau, aber durch die warme Mauer mit ihrem überwiegenden Temperatureinfluss kompensiert), erhöht sie in keinem Fall die Mauerbeanspruchung. Die Aufspaltung der Kronendurchbiegung in ihre Komponenten gibt aber die Grundlage für die Beurteilung des Mauerzustandes zu jedem beliebigen Zeitpunkt und liefert auch eine Grössenordnung des Einflusses der zeitabhängigen Komponente.

## LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Fischer und Grengg: Die Gewölbemauern Salza und Hierzmann der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts - Aktiengesellschaft. ÖBZ 1951, Heft 11/12.
- (2) Reitz: Beobachtungseinrichtungen an den Talsperren Salza, Hierzmann, Ranna und Wiederschwing. Die Talsperren Österreichs, Heft 1.
- (3) Fischer: Die Kronenbewegung der Hierzmannstaumauer. ÖBZ 1953, Heft 8.
- (4) Fill: Kluftmessung und Talsperrenlage. Geologie und Bauwesen, 1950, Heft 4.
- (5) Goriupp: Die Berechnung der Gewölbemauer am Hierzmann (Steiermark) nach dem Versuchslastverfahren. ÖBZ, 1950, Heft 9.
- (6) Tschech und Jaburek: Berechnungen von Bogenstaumauern im Vergleich mit den Ergebnissen statischer Modellversuche. ÖBZ 1951, Heft 2.
- (7) Reitz und Mitarbeiter: Beobachtungen an der Ranna-Talsperre 1950-1952. Die Talsperren Österreichs, Heft 3.
- (8) Tremmel: Limbergssperre, Statistische Auswertung der Pendelmessungen. Die Talsperren Österreichs, Heft 7.
- (9) Gicot: Le comportement du barrage de Rossens durant les premières années d'exploitation. Wasser- und Energiewirtschaft, 48. Jahrgang, Juli-August-September 1956, Heft 7-9.
- (10) Ferry, Willm: Méthode d'analyse et de surveillance des déplacements observés par le moyen de pendules dans les barrages. Commission internationale des grands barrages de la conférence mondiale de l'Énergie, Question Nr. 21, R 118.
- (11) Xerez, Lamas: Methods of analysis of arch dam behaviour. Commission internationale des grands barrages de la conférence mondiale de l'Énergie, Question Nr. 21, R 39.
- (12) Elektrowatt, Zürich: Erfahrungen beim Betrieb der Kraftwerke Mauvoisin. Schweizerische Bauzeitung, Heft 39, vom 24. 9. 1959.

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND ZAHLENTAFELN

Abb. 1) Ansicht der Mauer

Abb. 2) Lageplan

Abb. 3) Schnitt a) und e) aus Literatur (7)

Abb. 4) Rechnungsgestalt der Mauer bei mehrschnittigem und einschnittigem Tragwerksystem.

Abb. 5) Lage der Lotablesung.

Abb. 6) Temperaturmessstellen

Abb. 7) Tagesgang der Kronendurchbiegung.

Zahrentafel 1 Beobachtete und errechnete Kronendurchbiegungen der Jahre 1950 - 1959.

Abb. 8a - 8h Jahresganglinien 1951 - 1958.

Abb. 9) Kronenbewegung infolge Mauertemperatur, hiezu Zahrentafel 2.

Abb. 10) Einflusslinie für Temperaturänderung.

Abb. 11) Einflusslinie für Temperaturdifferenz.

Abb. 12) Aufstaukurven hiezu Zahrentafel 3

Abb. 13) Abstaukurven hiezu Zahrentafel 4

## Schriftenreihe:

### Die Talsperren Österreichs

- Heft 1: Prof. Dr. A. W. Reitz: Beobachtungseinrichtungen an den Talsperren Salza, Hierzmann, Ranna und Wiederschwing S 32,--
- Heft 2: Dipl. Ing. Dr. techn. Helmut Flögel: Der Einfluss des Kriechens und der Elastizitätsänderung des Betons auf den Spannungszustand von Gewölbesperren S 26,--
- Heft 3: Prof. Dr. A. W. Reitz, R. Kremser u. E. Prokop: Beobachtungen an der Ranna-Talsperre 1950 bis 1952 mit bes. Berücksichtigung der betrieblichen Erfordernisse S 48,--
- Heft 4: Prof. Dr. Karl Stundl: Hydrochemische Untersuchungen an Stauseen S 20,--
- Heft 5: Prof. Dr. Josef Stini: Die baugelogischen Verhältnisse der österreichischen Talsperren S 52,--
- Heft 6: Dipl. Ing. Dr. Hans Petzny: Messeinrichtungen und Messungen an der Gewölbesperre Dobra S 36,--
- Heft 7: Dozent Dipl. Ing. Dr. techn. Erwin Tremmel: Limbergssperre, statistische Auswertung der Pendelmessungen S 30,--
- Heft 8: Dr. techn. Dipl. Ing. Roland Kettner: Zur Formgebung und Berechnung der Bogenlamellen von Gewölbemauern S 54,--
- Heft 9: Dipl. Ing. Hugo Tschada: Sohlwasserdruckmessungen an der Silvretta-sperre S 30,--
- Heft 10: Dipl. Ing. Wilhelm Steinböck: Die Staumauer am Grossen Mühdorfersee S 48,--

Zu beziehen durch den Springer - Verlag Wien I, Mölkerbastei 5



