

179. 199







3/175199

*72*

**U N G A R N**

*Földmérési Tan*

ARBEITEN DES UNGARISCHEN GEODÄTISCHEN  
INSTITUTS VOM JUNI 1936 BIS JUNI 1939

**B E R I C H T,**

VORGELEGT DER IM SEPTEMBER DES JAHRES 1939  
ZU WASHINGTON ABGEHALTENEN SIEBENTEN HAUPTVERSAMM-  
LUNG DER INTERNATIONALEN GEODÄTISCHEN UND GEOPHYSIKA-  
LISCHEN UNION

ZUSAMMENGESTELLT UND EINGEREICHT DURCH

KARL OLTAÏ

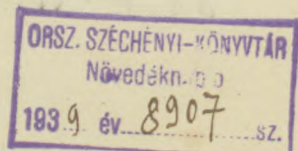
MITGLIED DER UNG. WISSENSCHAFTLICHEN AKADEMIE,  
ÖFF. ORD. UNIVERSITÄTSPROFESSOR

BUDAPEST, 1939.





175199





## BERICHT

vorgelegt der im September des Jahres 1939 zu Washington abgehaltenen siebenten Hauptversammlung der Internationalen Geodätischen und Geophysikalischen Union.

Prof. K. Oltaý.

### I. Bericht über die Neuberechnung der Budapester Basismessung.

In dem Bericht, welchen ich der sechsten Hauptversammlung zu Edinburg vorgelegt habe, wurden die wichtigeren Einzelheiten und Resultate der Budapester Basismessung (Seite 9—20.) mitgeteilt. Nach diesen ist die Länge der Basis (Seite 17.) 3, 576 313, 72 mm, ihr mittlerer Fehler (aus den Differenzen von 16 einfachen Werten berechnet)  $\pm 0,58$  mm, d. h.  $1/6\ 250\ 000$ .

Diese Werte haben sich etwas geändert.

Professor Bonsdorff hat nämlich die Konstanten der finnischen Messdrähte neuerlich bestimmt und hat im Mai 1938 für selbe folgende Werte angegeben:

Länge des Drahtes № 634 bei  $15^{\circ}\text{C}$ : 24 m + 0,3075 mm  
" " " " 635 " " " + 1,1685 "  
" " " " 636 " " " + 0,9455 "  
" " " " 637 " " " + 0,3340 "

Eine kleinere Veränderung erlitt auch die Temperaturkonstante. Mit den neuen und nun endgültigen Werten haben wir die Länge der Basis noch einmal durchgerechnet und als Resultat folgende Werte erhalten:

Draht	Messung	Richtung	Basislänge
634	I.	Nord	3 576 315,30
		Süd	15,19
635		Nord	14,45
		Süd	12,17
636		Nord	17,15
		Süd	18,22
637		Nord	14,12
		Süd	16,82
			15,10
637		II.	Nord
	Süd		13,32
636	Nord		20,21
	Süd		22,52
635	Nord		19,85
	Süd		14,66
634	Nord		18,18
	Süd		16,06
Mittel			3 576 316,50



Der mittlere Fehler einer einzigen Basismessung ist auf Grund der Differenzen vom Endresultat:

$$\pm 2,71 \text{ mm}$$

und der des Endresultats

$$\pm 0,68 \text{ mm},$$

d. h. der  $1/2\ 250\ 000$ -te Teil der Basislänge.

Wenn wir noch die konstanten und regelmässigen Fehler in Betracht ziehen, so ist der mittlere vollständige Fehler der Basismessung

$$\pm 1,75 \text{ mm},$$

d. h. rund der  $1/2\ 000\ 000$ -te Teil der Basislänge.

## II. Die durch Schwankungen des Wasserstandes verursachten Bewegungen von Mauerkörpern.

### 1. Einleitung.

Im Geodätischen Institut der Technischen Hochschule wurde ein Höhenhauptpunkt angebracht. Dieser Hauptpunkt ist der 0 (Null) Punkt einer Millimeterskala, welche sich auf einer in einem Mauerkörper sorgfältig eingelassenen Marmorplatte befindet.

Der Mauerkörper (in den Figuren mit *A* bezeichnet) ist auf eine 110 cm dicke und  $1080 \times 1492 \text{ cm}$  messende Betonplatte aufgesetzt. Das Gewicht des ganzen Mauerwerkes beträgt 1025 Tonnen. Da der Mauerkörper durch Vermittlung obigen Betonfundamentes auch mit den Hauptmauern des Gebäudes in Verbindung steht, dachten wir, dass die Bedingung der Unbeweglichkeit genügend gesichert sei. Aus Vorsicht haben wir aber eine auf einem Pfeiler des Mauerkörpers angebrachte genaue Höhenmarke durch Nivellement mit einer gleichen, auf dem Pfeiler eines ganz unabhängigen Mauerkörpers befindlichen Marke, verbunden. Dieses Vergleichsnivellement wurde durch mehrere Jahre (26. XI. 1923—7. X. 1932) monatlich wiederholt. Nach den Resultaten der sorgfältig durchgeführten Nivellements waren die Höhenunterschiede nicht immer gleich, u. z. zeigten sich nicht nur zwischen den zwei Mauerkörpern reale Höhenunterschiede, sondern wir fanden Veränderungen in der Höhenlage auch jener Pfeiler, welche auf dem längeren, unabhängigen und zum Flusslauf der Donau senkrecht stehenden Mauerkörper aufgesetzt waren.

Diese Beobachtung, sowie die Wahrnehmung, dass die Veränderungen mit der Wasserhöhe der Donau im Zusammenhange stehen, hat uns veranlasst, dass wir die Bewegungen der Mauerkörper genauer untersuchten. Wir haben deshalb vom 7. X. 1932 bis 27. VI. 1933 mit einigen Unterbrechungen *täglich*, vom September 1933 an, in Intervallen von 2—5 Tagen, die Höhenunterschiede der drei Pfeiler gemessen. Von den drei Pfeilern war einer, von der Donau entfernter auf dem 1025 Tonnen schweren Mauerkörper *A*, die beiden anderen auf den Enden des zur Donau senkrecht gelegenen 439 Tonnen wiegenden Mauerkörpers *B* aufgesetzt.

Die Lage der Gebäude der technischen Hochschule ist in *Figur 1.* und *2.* gegeben. Aus *Figur 1.* ist ersichtlich, dass das Hauptgebäude (in dessen nordwestlichem Flügel sich das Geodätische Institut befindet) vom Fusse des Gellértberges ca. 500 m entfernt ist. Die Entfernung vom Donauflusse beträgt ca. 60, respektive 150 m.

*Figur 2.* zeigt in schematischer Darstellung die Gebäude der technischen Hochschule mit den zwei Mauerkörpern und den daraufgesetzten Pfeilern.



Die Anordnung der zwei Mauerkörper im Grundriss ist in *Figur 3.*, in vertikalem Sinne in *Figur 4.* dargestellt. In letztere haben wir auch die geologische Schichtung, mit den wichtigeren Donauwasserständen eingezeichnet.

## 2. Die Lage der Mauerkörper und deren Daten.

Im Geodätischen Institut sind die zum Aufstellen der Instrumente dienenden fixen Pfeiler und beweglichen Ständer auf zwei verschiedene Mauerkörper aufgesetzt.

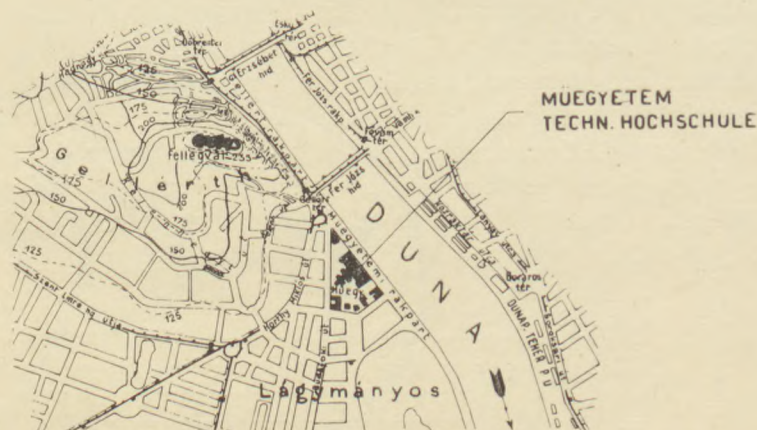


Fig. 1. Lageplan der Umgebung der Technischen Hochschule.

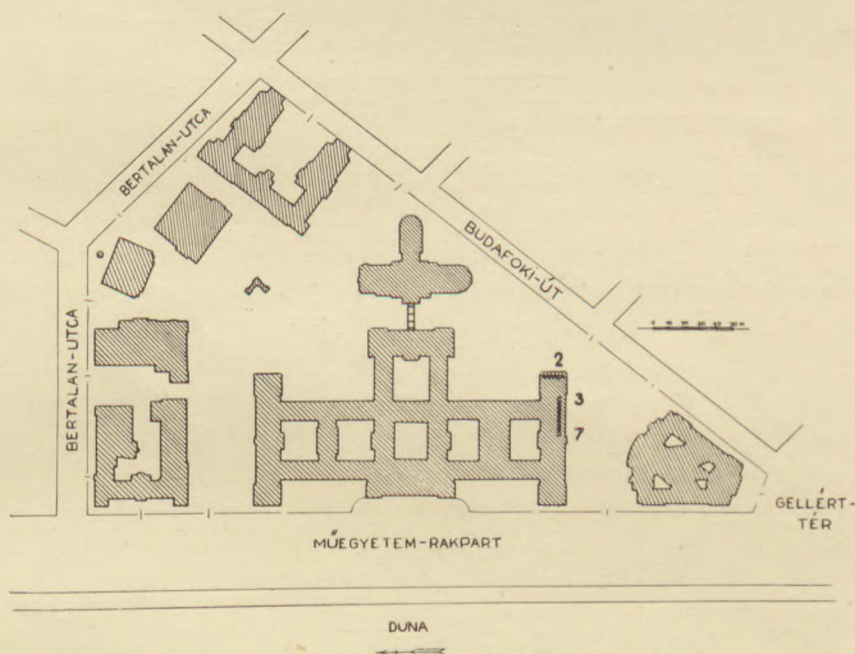


Fig. 2. Lageplan der Gebäude der Technischen Hochschule.

Von den zwei Mauerkörpern befindet sich einer (A) im Pendelsaal, der andere (B) im Komparatorsaal.

Das Fundament des Mauerkörpers A bildet eine 110 cm hohe Betonplatte, deren Fläche  $1080 \times 1492$  cm misst. Auf ihr stehen nebeneinander (durch 20 cm Raum getrennt) zwei Betonklötze: der eine 190 cm hoch und  $840 \times 1452$  cm im Querschnitt, der andere gleichfalls 190 cm hoch aber  $180 \times 1452$  cm im Querschnitt. Auf letzterem befin-



det sich der ins Stockwerk reichende Ziegelaufbau, auf dem die zwei Beobachtungspfeiler aus Kalkstein No. 1. und No. 2. aufgestellt sind. Der Mauerkörper ist nicht als ganzes Prisma aufgebaut, sondern hat durch zwei Bögen gebildete Lichten.

Der Mauerkörper B ist auf ein Fundament aus Beton von 300 cm Höhe und  $180 \times 2500$  cm Grundfläche aufgebaut. Der Ziegelbau ist unten 125 cm oben 103, resp. 90 cm breit und hat 6 überwölbte Öffnungen. Am oberen Teil stehen die Beobachtungspfeiler aus Kalkstein No 3, 4, 5, 6 und 7.

Die zwei Mauerkörper sind daher voneinander unabhängig, aber der Mauerkörper A ist durch sein Betonfundament in Verbindung mit dem Betonfundament der Hauptmauern des Gebäudes. Die Betonfundamente des letzteren wurden früher fertiggestellt als jene des Mauerkörpers A. Bei der Herstellung war die Verbindung vollkommen, da das Betonfundament des Mauerkörpers A den Raum zwischen den zwei Hauptmauern vollkommen ausfüllt. Es muss noch bemerkt werden, dass die Fundamente der Hauptmauern des Gebäudes um 260 cm tiefer gelegt sind als das Fundament des Mauerkörpers A.

Zur Berechnung des Gewichtes der Mauerkörper nahmen wir das Spezifische Gewicht der Ziegelmauer zu  $1,8 \text{ Tonne/m}^3$ , der Betonmasse zu  $2,15 \text{ t/m}^3$  und des Kalksteins zu  $2,65 \text{ t/m}^3$  an.

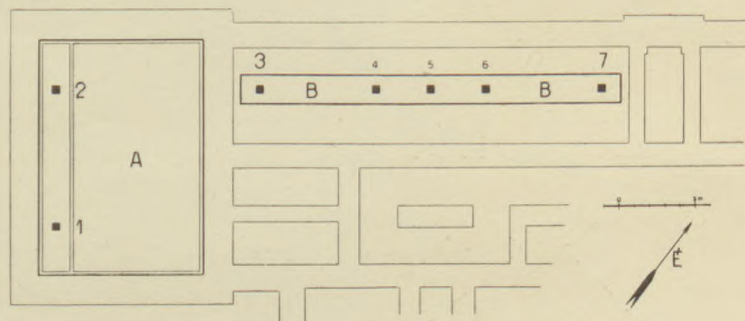


Fig. 3. Lageplan der Mauerkörper und der Pfeiler.

Auf Grund dieser Annahme berechneten wir die Gewichte und Belastungen. Die Resultate sind folgende:

#### 1. Am Mauerkörper A.

Gewicht des Betonfundamentes	370,9 t
„ der Betonkörper	605,0 „
„ des Ziegelmauerwerkes	42,5 „
„ der Steine	6,3 „
Gesamtgewicht des Mauerkörpers A	1024,7 t

#### 2. Am Mauerkörper B.

Gewicht des Betonfundamentes	290,3 t
„ des Ziegelmauerwerkes	125,0 „
„ der Steine	23,5 „
Gesamtgewicht des Mauerkörpers B	438,8 t

Diesen Gewichten entsprechend ist die Belastung des Baugrundes:

bei Mauerkörper A	0,653 kg/cm <sup>2</sup>
„ „ B	0,975 kg/cm <sup>2</sup>



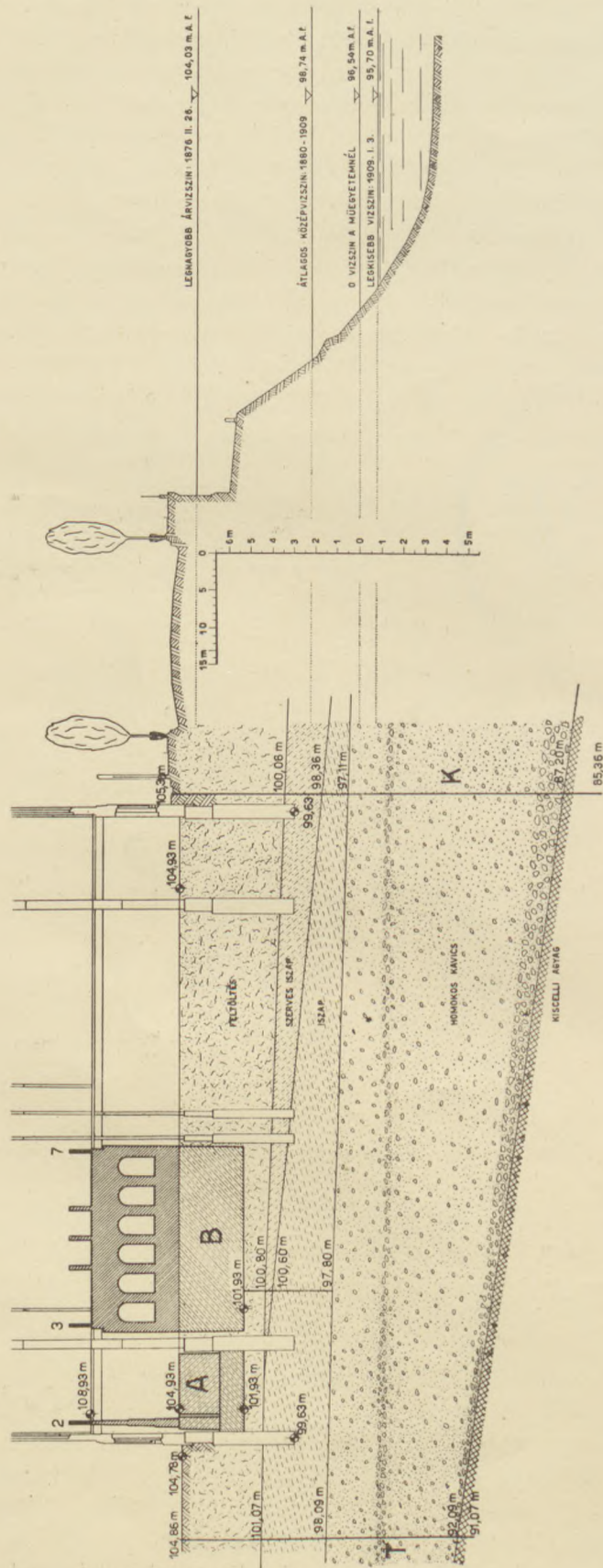


Fig. 4. Durchschnitt in der Längsachse des Mauerkörpers B.



Von diesen Belastungen hat nur der zweite realen Wert, da die Betonplatte des Mauerkörpers A mit den Fundamenten des Gebäudes in Berührung steht und so der Mauerkörper mit den Mauern des Gebäudes eigentlich ein Ganzes bildet.

Wie aus *Figur 4.* ersichtlich ist, ruhen die zwei Mauerkörper auf aufgeschüttetem Grund, während die Hauptmauern des Gebäudes in schlammigen Ton gebettet sind.

In *Figur 4.* ist auch der geologische Schichtenplan ersichtlich. Zur Bestimmung liessen wir 5 Bohrungen durchführen, von welchen K und T bis zum Kisceller blauen Ton hinunterreichen. Die drei anderen unter dem Mauerkörper B wurden nur bis zum Grunde des schlammigen Tons vorgetrieben.

In *Figur 4.* haben wir auch die wichtigeren Wasserstandshöhen der Donau und deren Höhen über dem Meeresspiegel eingezeichnet. Aus der Abbildung und den Daten ist gut ersichtlich, dass die Schichten alle gegen den Donaufluss geneigt sind.

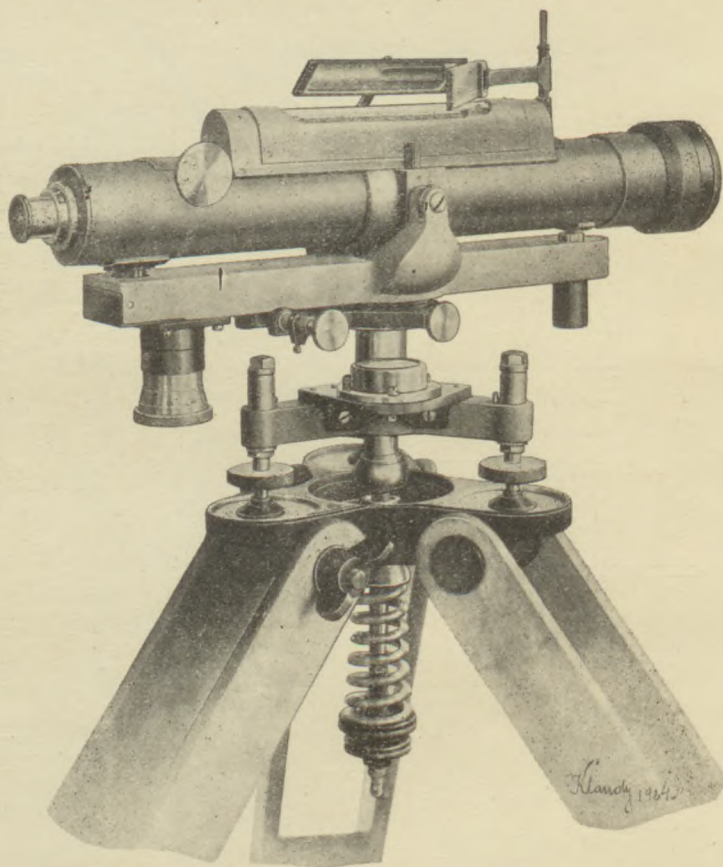


Fig. 5. Das angewandte Nivellierinstrument.

Die mit K und T bezeichneten Brunnen wurden im Jahre 1938 gebohrt, und können wegen ihrer durchlöcherten Röhren auch zur Bestimmung der Grundwasserhöhe benutzt werden.

### 3. Beschreibung der Messung.

Die Nivellements wurden mit einem Präzisions-Nivellierinstrument System Süss-Oltay durchgeführt (*Figur 5.*). An diesem Instrument ist die Vergrößerung des Fernrohres 40-fach, die Empfindlichkeit der Libelle 5" (pro Pariser Strich) es ist auch mit einer Feinbewegung erlaubenden Kippschraube versehen.

Zur Bestimmung der Höhenunterschiede diente eine Glasskala mit Millimeter-



einteilung (Figur 6.). Der untere Teil der Glasskala steckte in einem zylindrischen Körper aus Kupfer, welcher während der Messungen in die Büchse eines mit Stellschrauben versehenen Dreifussgestells geschoben wurde (Figur 7.). Der Metallfuss der Glasskala endete unten in einer gewölbten Form, welche wir während des Nivellierens in die Mitte des flachgeschliffenen Metallbolzens, welcher in den Steinfeiler einzementiert ist, setzten.

Beim Messen stellten wir das Nivellierinstrument auf ein schweres Eisenstativ, oder auf die Steinfeiler, dass es von den einzunivellierenden Pfeilerpunkten in gleicher Entfernung sei (zuerst von 2 und 7, dann von 3 und 7). Der Beobachter sass während der Messung auf einem Holzschimmel, dessen Füsse aber nicht auf dem den Pfeiler tragenden Mauerkörper, sondern auf dem Fussboden standen.

Die Entfernung zwischen Skala und Instrument war  $18,16\text{ m}$  bei dem Nivellement  $\left(\frac{7}{2}\right)$  und  $11,45\text{ m}$  beim Nivellement  $\left(\frac{7}{3}\right)$ . Mit dem stark vergrössernden Fernrohr

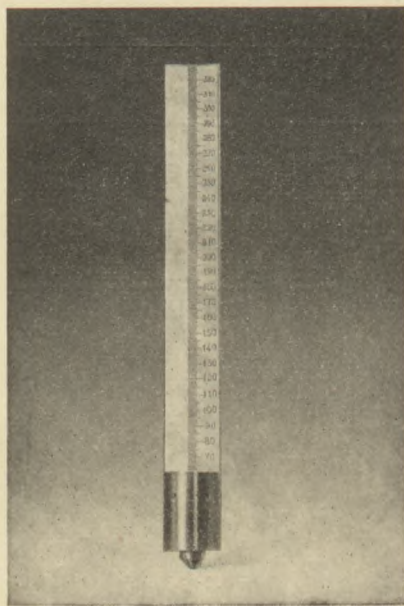


Fig. 6. Bild der Glasskala.



Fig. 7. Glasskala mit Dreifuss und Libelle.

konnten die zehntel Teile der  $mm$  von der Skala scharf abgeschätzt werden. Dies wurde noch erleichtert durch die Beleuchtung der Glasskala mit einer elektrischen Lampe.

Das Nivellement wurde in jedem Falle durch *Einspielen der Libelle*, als auch mit *Libellenausschlägen* durchgeführt. Von diesen zwei Verfahren gibt theoretisch letzteres genauere Resultate. Aber mit Rücksicht auf die solide Aufstellung des Instrumentes, sowie der Feinbewegung der Kippschraube, haben sich grössere Unterschiede aus den zweierlei Methoden nicht ergeben, so dass wir ohne Annahme von Gewichten, das arithmetische Mittel als Endresultat betrachteten.

Anfangs wiederholten wir die Messungen *je dreimal* mit Libelleneinschlag, als auch mit Libellenausschlag. Später haben wir zwecks Beschleunigung des Verfahrens nurmehr *zweimal* wiederholt. Das Endresultat war daher anfangs das arithmetische Mittel aus 6, später aus 4 einfachen Resultaten.



## 4. Die Genauigkeit der Messungen.

Aus den Differenzen der bei den einzelnen Gelegenheiten gewonnenen überzähligen Messungen können wir auf die Genauigkeit der durch das Endresultat bestimmten Höhenunterschiede Folgerungen schliessen.

Zum Zwecke, dass auch auf die personellen Fehler der Beobachter Rücksicht genommen sei, haben wir im *Februar 1937* besondere Untersuchungen zur Bestimmung der Genauigkeit der Pfeilernivellements durchgeführt. In diese Versuchsmessungen haben wir *sechs* Beobachter einbezogen, von denen jeder Einzelne 5—5 Höhenunterschiede mit *Libelleneinschlag* und mit *Libellenausschlag* bestimmte.

I. Táblázat.  
Tabelle I.

Észlelő Beobachter	Buborék középére állítással mit Libelleneinschlag				Buborék leolvasással mit Libellenablesung			
	$\frac{7}{2}$ mm	$\mu_t$ mm	$\mu_v$ mm	$\alpha$ mm	$\frac{7}{2}$ mm	$\mu_t$ mm	$\mu_v$ mm	$\alpha$ mm
Balthazár	+ 5,890	± 0,071	± 0,039	± 0,059	+ 5,942	± 0,059	± 0,062	i
Sipos	+ 5,880	± 0,084	± 0,048	± 0,068	+ 5,841	± 0,133	± 0,080	± 0,106
Tóth	+ 5,955	± 0,052	± 0,055	i	+ 5,966	± 0,100	± 0,104	i
Hönyi	+ 6,000	± 0,063	± 0,041	± 0,048	+ 6,009	± 0,080	± 0,057	± 0,056
Kürti	+ 5,960	± 0,045	± 0,046	i	+ 5,963	± 0,073	± 0,076	i
Mamuzsich	+ 5,985	± 0,061	± 0,053	± 0,030	+ 5,956	± 0,079	± 0,083	i
Közép, Mittel:	+ 5,945				+ 5,846			
Quadr. közép-mittel:		± 0,064	± 0,048			± 0,091	± 0,079	
Összes értékek közepe:								
Mittel sämtlicher Werte:								+ 5,946 mm

II. Táblázat.  
Tabelle II.

Észlelő Beobachter	Buborék középére állítással Mit Libelleneinschlag				Buborék leolvasással Mit Libellenablesung			
	$\frac{7}{3}$ mm	$\mu_t$ mm	$\mu_v$ mm	$\alpha$ mm	$\frac{7}{3}$ mm	$\mu_t$ mm	$\mu_v$ mm	$\alpha$ mm
Balthazár	+ 23,695	± 0,052	± 0,029	± 0,044	+ 23,599	± 0,070	± 0,051	± 0,048
Sipos	+ 23,735	± 0,093	± 0,041	± 0,084	+ 23,599	± 0,067	± 0,045	± 0,049
Tóth	+ 23,615	± 0,047	± 0,034	± 0,033	+ 23,624	± 0,068	± 0,063	± 0,015
Hönyi	+ 23,615	± 0,047	± 0,034	± 0,033	+ 23,598	± 0,061	± 0,033	± 0,051
Kürti	+ 23,740	± 0,097	± 0,039	± 0,089	+ 23,568	± 0,099	± 0,058	± 0,080
Mamuzsich	+ 23,785	± 0,137	± 0,025	± 0,135	+ 23,596	± 0,078	± 0,060	± 0,050
Közép, Mittel:	+ 23,698				+ 23,597			
Quadr. közép-mittel:		± 0,086	± 0,034			± 0,075	± 0,053	
Összes értékek közepe:								
Mittel sämtlicher Werte:								+ 23,648 mm

Die Resultate der Messungen haben wir in *Tafel I. und II.* zusammengestellt. In diesen bedeutet  $\mu_t$  den *mittleren vollständigen Fehler*,  $\mu_v$  den *mittleren zufälligen Fehler*. Ersteren haben wir aus den Differenzen von dem Mittel sämtlicher Messungen, letzteren



aus den Differenzen von dem mittleren Wert der Serien der einzelnen Beobachter berechnet. Die Werte  $\mu_t$  und  $\mu_v$  beziehen sich immer auf die einmalige Bestimmung der Höhenunterschiede.

Die Resultate der Versuchsmessungen zusammenfassend, sehen wir, dass der mittlere vollständige Fehler der einmaligen Bestimmung des Höhenunterschiedes

$$\pm 0,079 \text{ mm}$$

und der mittlere zufällige Fehler

$$\pm 0,056 \text{ mm}$$

ist.

Da die als Endresultat abgeleiteten Mittel aus 6, resp. 4 Wiederholungen stammen, so sind deren mittlere Fehler  $\pm 0,032 \pm \text{mm}$  resp.  $0,040 \text{ mm}$ .

Diese Werte sind mittlere Fehler, die maximalen Fehler dürfen die dreifache Grösse annehmen. Wir können daher behaupten, dass in den *als Endresultat abgeleiteten Höhenunterschieden der zehntel mm noch als realer Wert zu betrachten sei*.

Wir müssen bemerken, dass wir diese Versuchsmessungen während der Heizperiode (Februar) durchgeführt haben. In den Unterschieden der Werte kommen daher auch die kleinwertigen Refraktionsunterschiede zum Ausdruck, welche aus den verschiedenen Temperaturen der drei Räume entstanden.

### 5. Zusammenstellung der Resultate der Nivellements.

Die Resultate der Höhenunterschiedsmessungen des am Mauerkörper A stehenden Pfeilers 2 und des am Mauerkörper B stehenden Pfeilers 3 und 7 haben wir in den *Figuren 8.—13.* dargestellt.

In *Figur 8.* sind die *monatlichen Mittel* und in den *Figuren 9.—13.* die Resultate der *einzelnen Beobachtungen* ersichtlich. In letzterer Abbildung sind die einzelnen Messresultate mit dünnem und die mit der Methode von Bruns bestimmten Ausgleichslinien mit dickem Strich gekennzeichnet.

Die Wasserstandshöhen der Donau sind in obigen Figuren oben, darunter die beobachteten Höhenunterschiede der Pfeiler 7 und 3, 7 und 2, 3 und 2 und die ihnen entsprechenden Ausgleichslinien ersichtlich gemacht.

*Die Figuren zeigen klar, dass die Bewegung des Mauerkörpers B mit dem Wasserstand der Donau im Zusammenhang steht.*

Infolge der Wasserstandsschwankungen der Donau ändert sich auch die Höhenlage des Mauerkörpers B. u. z. ziemlich deutlich und rasch. *Die Folge* der Schwankungen ist, *dass der ganze Mauerkörper sich in steter Senkung befindet.* Dies sehen wir gut in *Figur 14.*, in welcher die jährlichen Höhenlageänderungen der Mauerkörper A und B zusammengestellt sind.

Am Mauerkörper A konnten wir zur Bestimmung der Bewegungen Messungen nicht durchführen, da bei diesem schmalen, mit der Flussrichtung der Donau parallelen Mauerkörper nur 2 Pfeiler aufgesetzt sind. Diese zwei Pfeiler (1 und 2) wurden zeitweise auch nivelliert (*Figur 15.*) es wurde aber hier eine real zu betrachtende Veränderung der Höhenlage nicht beobachtet.

Auf Grund der Nivellements können folgende Tatsachen konstatiert werden.

1. *Die Höhenlage des Mauerkörpers B ist veränderlich, d. h. dass dieser Mauerkörper um eine auf die Längsachse senkrechte Achse Verdrehungen vollführt.* Die Niveauveränderungen sind klein, aber real bestimmbar, weil ihre Grösse über der Genauigkeitsgrenze unserer Nivellements liegt. Ihr grösster Wert beträgt  $0,8 \text{ mm}$ .



DUNAVIZSIN  
WASSERSTÄNDE DER DONAU

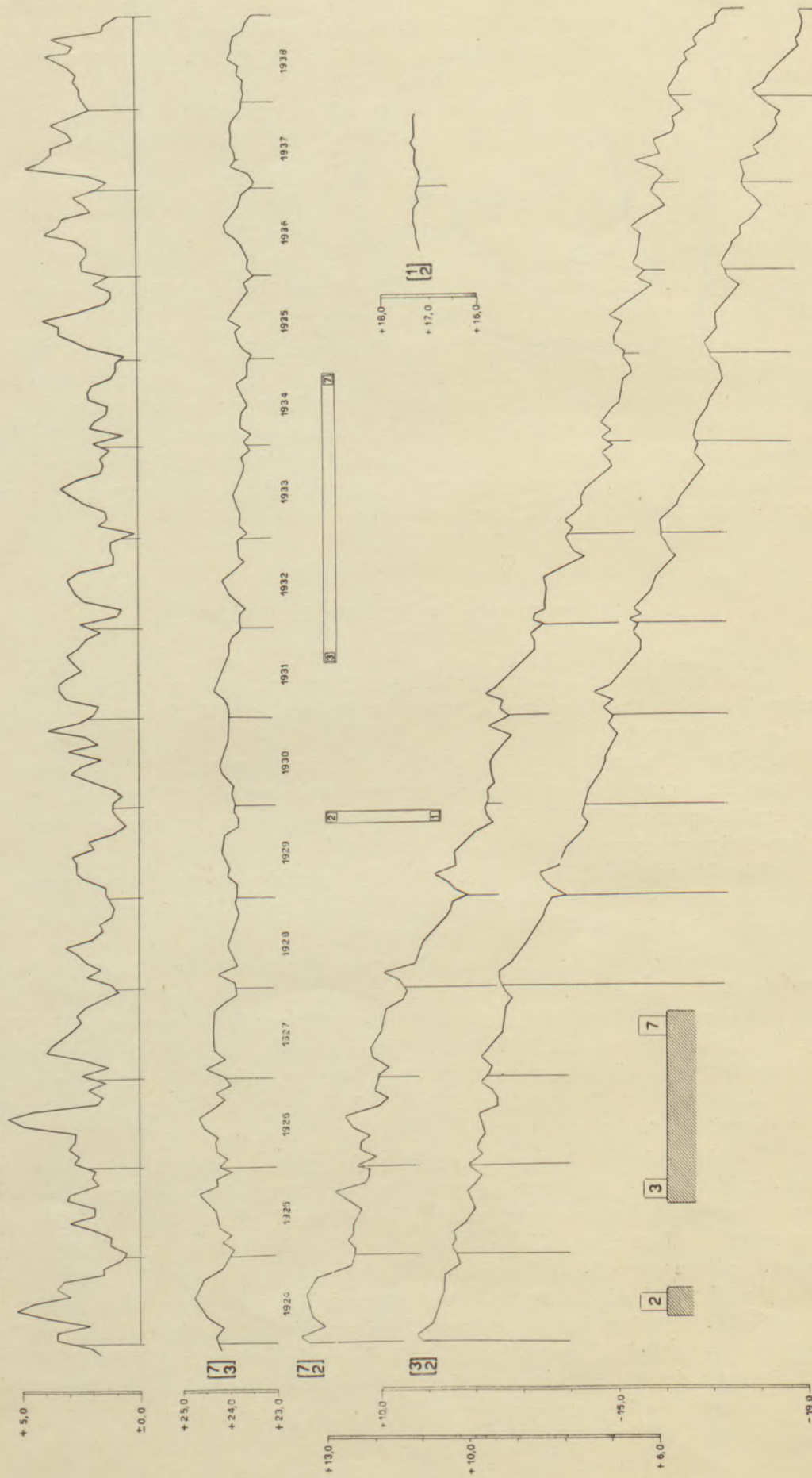


Fig. 8. Die Monatsmittel des gemessenen Höhenunterschiedes der Pfeiler 2, 3 und 7.



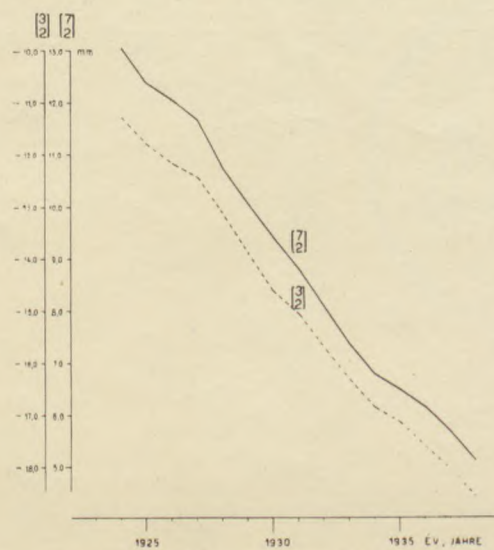


Fig. 14. Die Jahresmittel des Höhenunterschiedes der beobachteten Pfeiler.

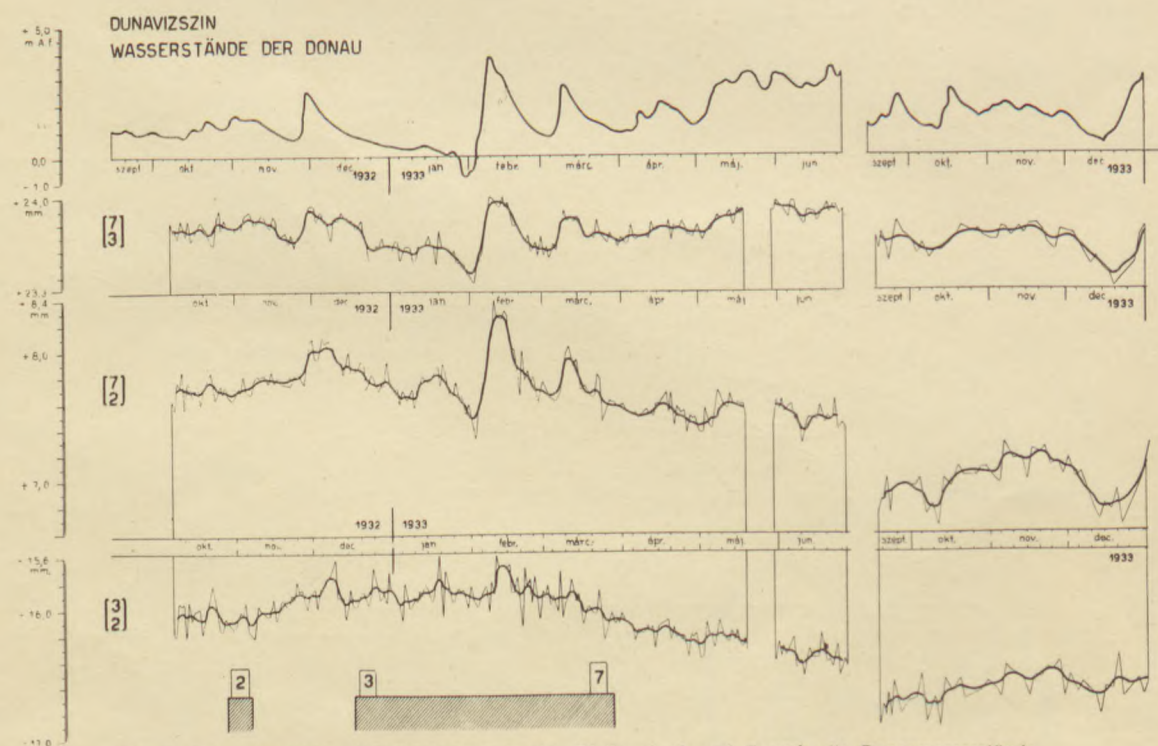
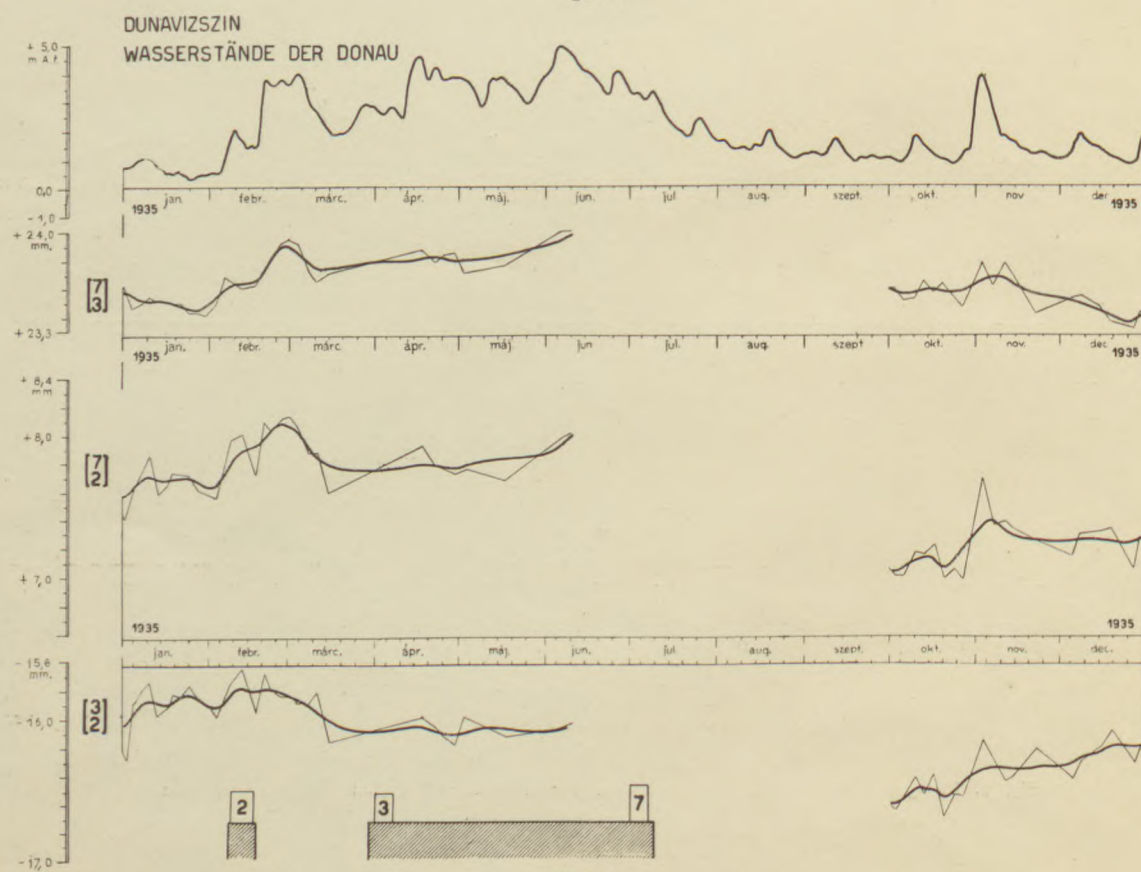
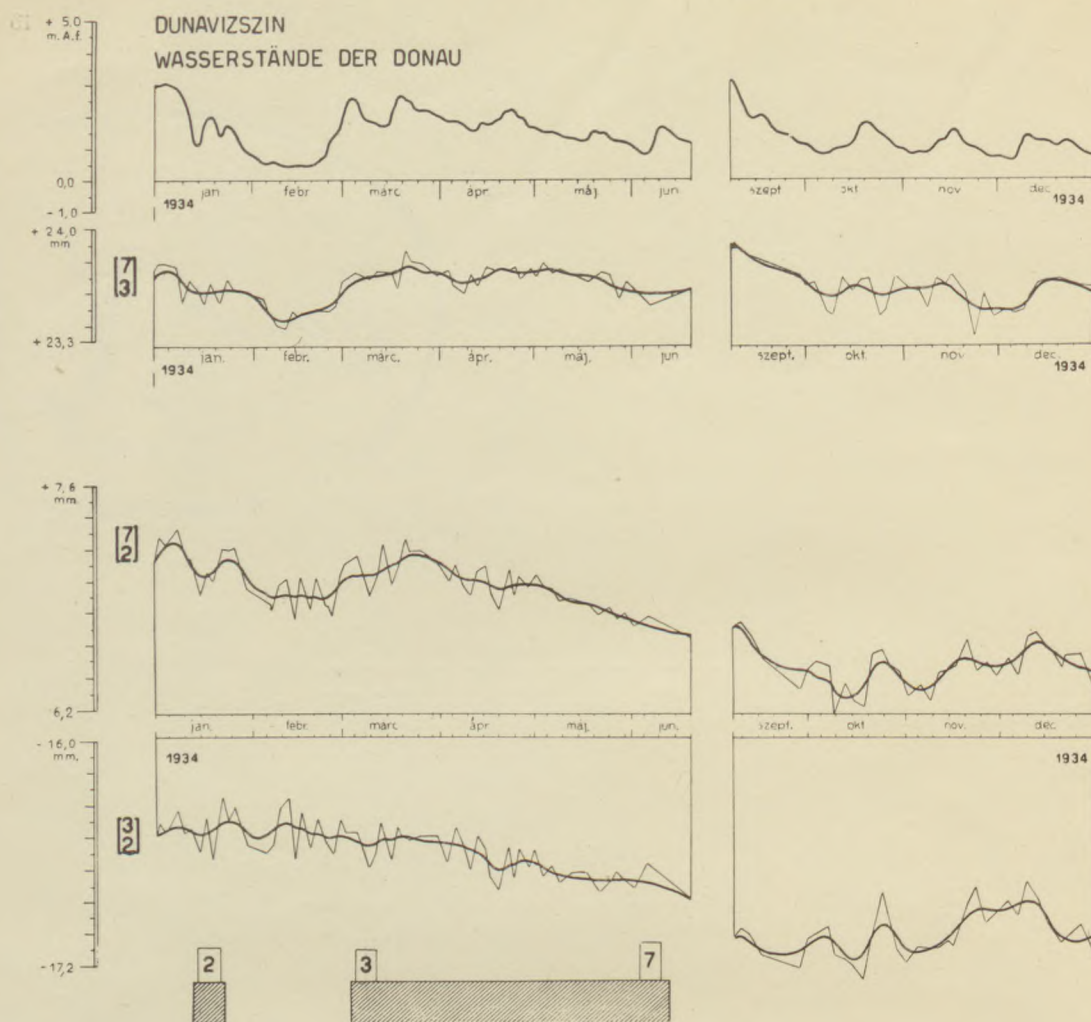


Fig. 9. Die gemessenen Höhenunterschiede der Pfeiler 2, 3 und 7 und die Donauwasserstände.







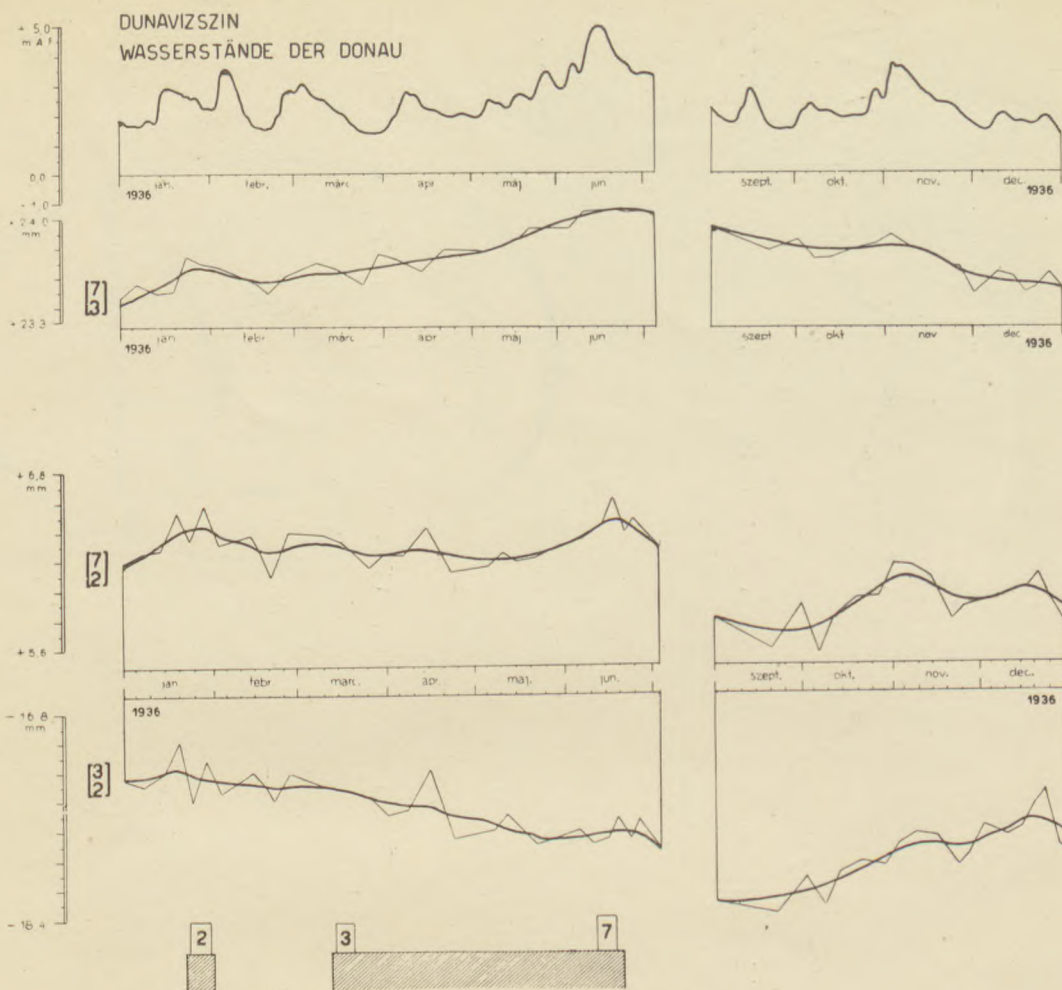


Fig. 12.

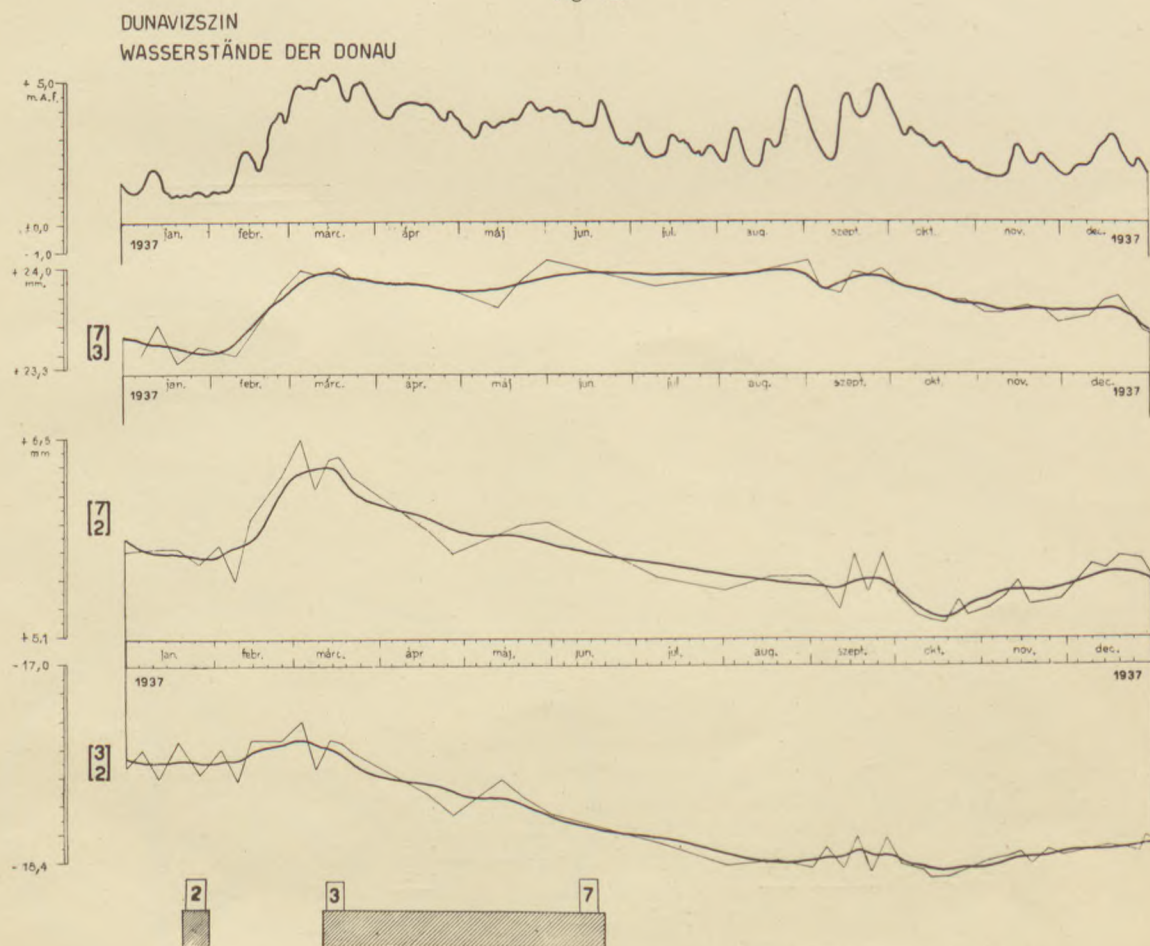


Fig. 13.



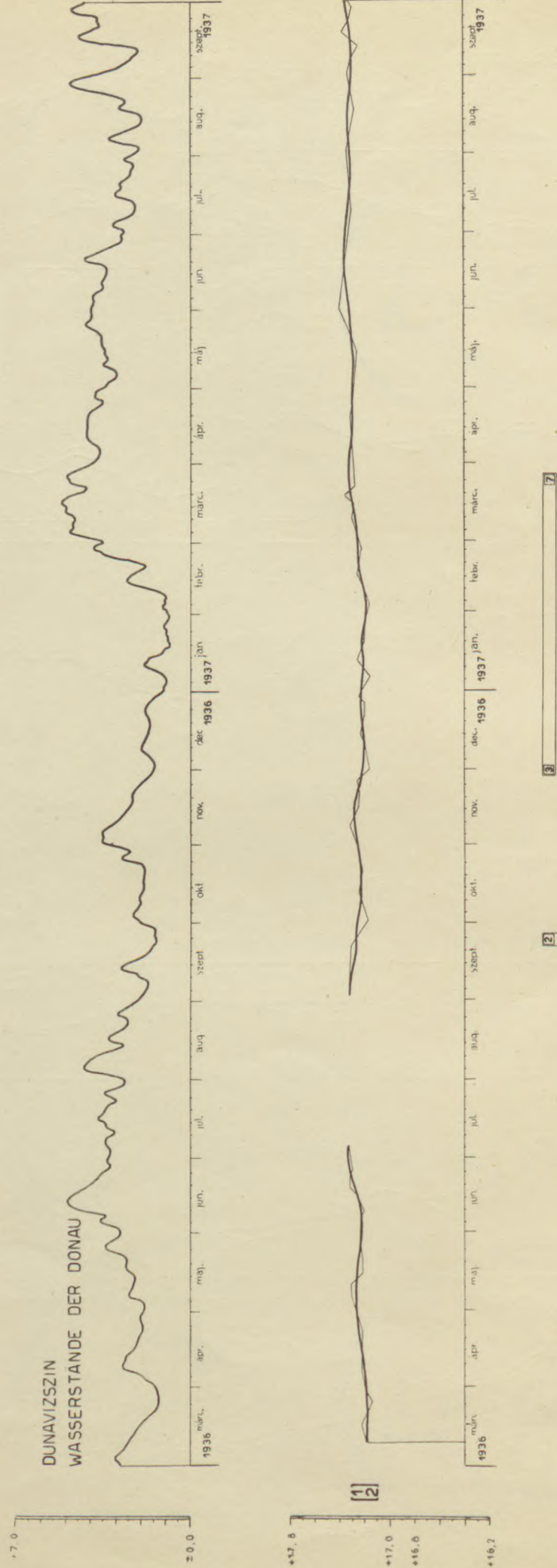


Fig. 15. Höhenunterschiede der Pfeiler 1 und 2 (auf dem Mauerkörper A).



2. Der Mauerkörper **B** sinkt gegenüber dem Mauerkörper **A** ständig. Das Sinken ist gleichmässig, steht mit der Zeit in linearem Verhältnis und beträgt im Jahre 0,5 mm.

3. Die Schwankungen der Höhenlage der Endteile des Mauerkörpers **B** folgen den Schwankungen des Wasserstandes der Donau. Dies ist besonders gut zu beobachten bei plötzlichem Steigen, oder Fallen des Wasserspiegels. In diesem Falle hebt sich, oder sinkt der zum Flusse näher gelegene Pfeiler fast sofort. Später verflaut die Bewegung, weil auch das andere Ende des Mauerkörpers anfängt zu steigen resp. zu sinken. Z. B. begann am 29. Jänner 1933 die Donau von ihrem tiefsten Wasserstande innerhalb von 12 Tagen rapid um 456 cm zu steigen. Der Pfeiler 7 stieg gegenüber Pfeiler 2 um 1,1 mm, er erreichte das Maximum schon am 10. Jänner. Das schnelle Reagieren auf die Wasserstandsveränderungen zeigt, dass der Untergrund sehr wasserdurchlässig ist. Dies beweisen auch die Grundwasserveränderungen, welche durch Messen der Wasserhöhen in den Brunnen *K* und *T* gefunden wurden. (Figur 18.)

#### 6. Daten zur absoluten Bewegung der zwei Mauerkörper.

Obige Versuche beziehen sich auf die relativen Bewegungen der Mauerkörper *A* und *B*.

Es war von Wichtigkeit zu bestimmen, ob der Mauerkörper *A* selbst, sich auch bewegt, wenn ja, in welchem Masse?

Zur Lösung dieser Frage verbanden wir zuerst durch ein Nivellement den am Mauerkörper *A* befindlichen s. g. *Höhenhauptpunkt* (der 0 Strich der Millimeterskala auf der Marmorplatte, welche in den Mauerkörper einzementiert ist) und den in dem äusseren Sockel des Gebäudes eingelassenen *Stahlbolzen*.

Der Höhenunterschied zwischen beiden im Sinne „*Höhenhauptpunkt* weniger *Mauerbolzen*“ war

im Sommer 1923	+ 1,049 4 m	± 0,4 mm
„ „ 1931	+ 1,050 2 m	± 0,4 mm
am 13—16. VIII. 1935	+ 1,050 1 m	± 0,2 mm

Der Unterschied zwischen dem ersten und letzten Nivellement war daher 0,8 mm.

In Jahre 1936 haben wir anstatt des Stahlbolzens einen aus Bronze angebracht. Den Höhenunterschied zwischen dem bronzenen Bolzen und dem Höhenhauptpunkt haben im Jahre 1936 *Dr. Béla Guóth* und im Jahre 1939 *Vilmos Kürti* und *Ferenc Martin* bestimmt.

Die Resultate sind folgende:

15. I. 1936	1,018 8 m	± 0,4 mm
18. IV. 1939	1,019 6 m	± 0,1 mm,

d. h. wenn wir diese Werte auf den alten Bolzen umrechnen:

15. I. 1936	1,050 2 m	± 0,4 mm
18. IV. 1939	1,051 0 m	± 0,1 mm

Diese Werte mit den vorigen verglichen zeigt sich, dass der Mauerkörper *A* und die Gebäudegrundmauern sich von einander entfernten, u. z. dass sich die *Hauptmauern* gegenüber dem Mauerkörper *A* senkten.

Obige Daten haben wir grafisch in *Figur 16.* dargestellt.

Die Senkung ist gering, sie beträgt in 16 Jahren 1,6 mm, d. h. jährlich 0,1 mm.



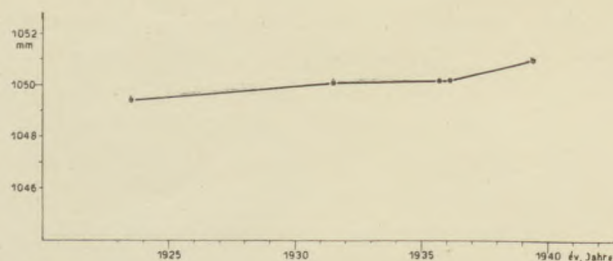


Fig. 16. Veränderungen der Höhenunterschiede zwischen Gebäudemauer und Mauerkörper A.

Zur Bestimmung der absoluten Verschiebung benützt man die durch das königlich ungarische Staatliche Vermessungsamt im Jahre 1923 in dem Dolomithfelsen des Gellértberges angebrachten Eisenbolzen. Diese Höhenmarke, welche von unserem Höhenhauptpunkt an der technischen Hochschule ca. 500 m entfernt ist, wurde mit diesem fünfmal durch Nivellement verbunden. U. z. im Jahre 1923 und 1931 durch das k. ung. staatliche Vermessungsamt, im Jahre 1923 bei Gelegenheit des neuen hauptstädtischen Nivellements durch Dr. Béla Guóth und im Jahre 1938 und 1939 durch die Budapester Stadtvermessungsabteilung (durch die Ingenieure Tivadar Becker und Aladár Veress).

Die Resultate der Nivellements sind folgende.

Die Höhe des Bolzens am Gellértberg über dem Höhenhauptpunkt war:

im Sommer 1923	+ 3,496 3 m
im Sommer 1931	+ 3,499 3 m
13—16. VIII. 1935	+ 3,501 2 m
6. VII. 1938	+ 3,503 8 m $\pm 0,6$ mm
18. IV. 1939	+ 3,503 5 m $\pm 0,3$ mm

Obige Werte sind in Figur 17. grafisch zusammengestellt.

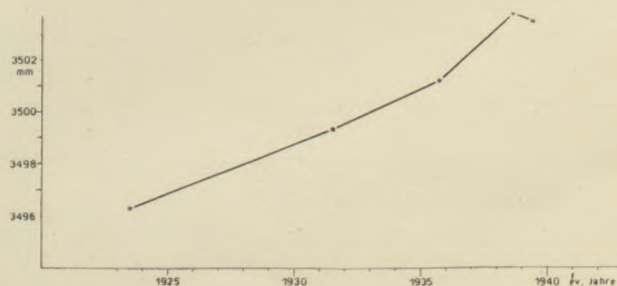


Fig. 17. Veränderungen der Höhenunterschiede zwischen Gellértberg und Mauerkörper A.

Nach ihnen hat sich die Höhenlage in den vergangenen 16 Jahren um 7,2 mm verändert, d. h. wenn obige Werte real sind, so hat sich der Mauerkörper A um selbe Zahl von mm, also jährlich um 0,45 mm gesenkt.

## 7. Das Grundwasser und seine Veränderungen.

Im November des Jahres 1937 wurden in der Verlängerung der Längsachse des Mauerkörpers B zum Zwecke der Untersuchung des Untergrundes zwei Bohrungen durchgeführt. Die mit K bezeichnete Bohrung liegt vom Donauflusse ca. 60 m seitwärts, die mit T bezeichnete liegt hinter dem Gebäude, in ca. 160 m Entfernung von der Donau. Mit den zwei Bohrungen sind wir bis zur Kisceller Lehmschicht, welche das Flussbett der



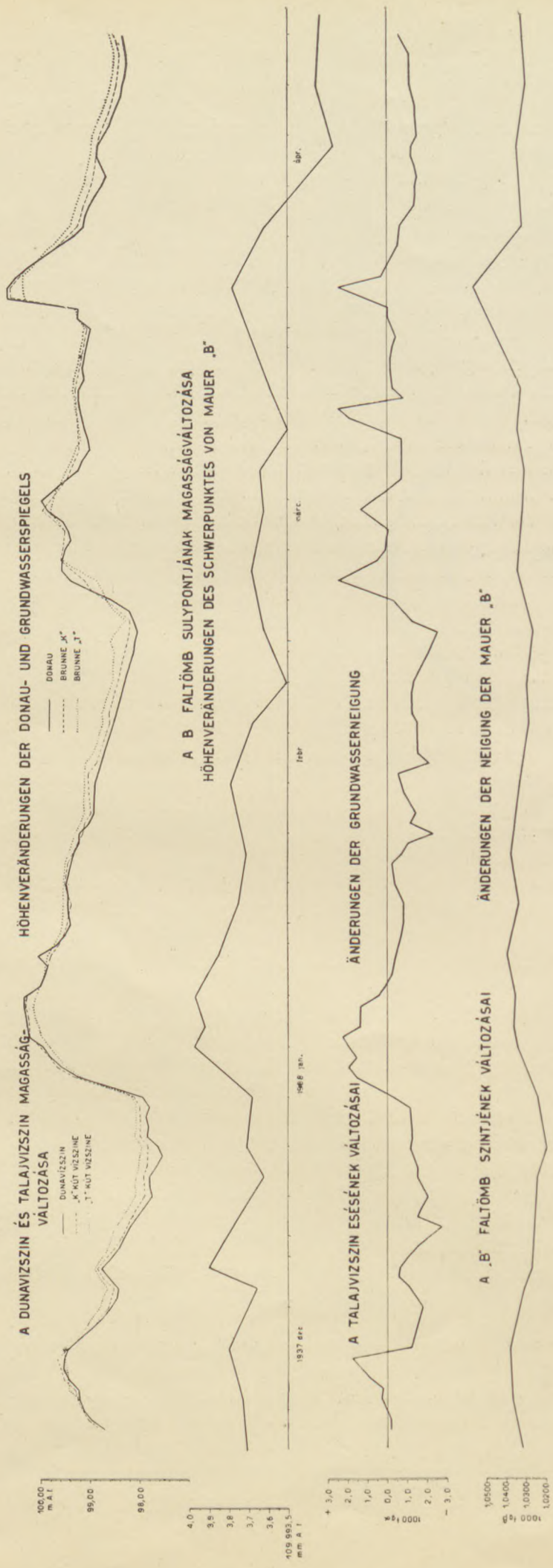


Fig. 18.



Donau bildet, hinuntergegangen. Mit Verwendung der Daten dieser zwei Bohrungen wurde das geologische Profil unter den Pfeilern konstruiert (*Figur 4.*).

Nach Beendigung der Bohrung wurden in die Bohrlöcher durchbrochene Eisenrohre versenkt, so dass die Beobachtung des Grundwasserstandes jederzeit möglich ist.

Zu diesem Zwecke haben wir vom 13. Dezember 1937 bis 9. Mai 1938, mit wenigen Ausnahmen, täglich zwischen 12 und 13 Uhr die Höhe des Grundwassers gemessen. Zwischen 10. V. und 13. VI. wurde nur spärlich, zwischen 13. VI. und 20. VII. wieder mit einigen Ausnahmen *täglich*, zwischen 20. VII. und 1. IX. nur spärlich und vom 1. X. an, wurde wieder *täglich* gemessen.

Diese Beobachtungen geben ziemlich viele Daten, welche folgende Tatsachen beweisen: 1. dass der Grundwasserstand sehr hoch ist, 2. dass seine Schwankungen den Veränderungen des Donauwasserstandes regelmässig und schnell folgen.

Aus *Figur 18.* ist dies alles gut ersichtlich.

Wir haben hier für den Zeitraum von 10. X. 1937. bis 20. IV. 1938. den Donauwasserstand, den Grundwasserstand der zwei Brunnen, die Neigung des Grundwasserstandes, weiters die Höhenschwankungen des Schwerpunktes des Mauerkörpers B und die Neigungsveränderungen des Niveau's am selben Mauerkörper dargestellt.

Bemerkenswert ist, dass der Grundwasserstand nur bei steigendem Wasserstand niedriger als die Wasserhöhe der Donau ist, sonst ist er immer höher.

Interessant ist auch, dass *die Neigung des Grundwasserstandes sich beträchtlich ändert und dass mit ihm auch die Höhenlage der 7 Pfeiler in gleichem Sinne wechselt.*

Die Angaben der *Figur* zeigen auch, dass die Wasserdurchlässigkeit des Grundes unter den Pfeilern sehr gross ist. Die Donau fliesst nämlich nicht nur in ihrem Bett, sondern auch noch in beträchtlicher Entfernung unter der Erde.

Hier kann bemerkt werden, dass in den verflossenen 16 Jahren der niederste Wasserstand der Donau 95,78 m und der höchste 103,20 m ü. d. *Adria* betrug. Der durchschnittliche Wasserstand ist 98,76 m ü. d. *Adria*. Die jährlichen durchschnittlichen Schwankungen erreichen 4,54 m. Das Spiel der Wasserstandshöhen war in den letzten 16 Jahren 7,42 m.

*Das Messen der Höhen des Grundwassers zeigt deutlich, dass die Höhenschwankungen der Pfeiler am Mauerkörper B die Bewegungen in der Neigung des Grundwassers mitmachen.*

Wenn das Grundwasser gegen die Donau zu steigt, so hebt sich der Pfeiler 7, wenn es sinkt so senkt sich dieser Pfeiler.

Dieser Zusammenhang erklärt die Schwankungen in der Höhenlage des Mauerkörpers B. Wenn nämlich das Grundwasser unter dem Pfeiler 7 steigt (gegenüber seiner Höhe unter Pfeiler 3), dann wächst hier die auftriebende Kraft und diese hebt dann das Ende des Mauerkörpers unter Pfeiler 7. Sinkt hier aber das Grundwasser gegenüber seiner Höhe unter Pfeiler 3, so verringert sich die auftriebende Kraft, infolgedessen sinkt das Ende des Mauerkörpers unter Pfeiler 7, senkt.

Das ständige Sinken des Mauerkörpers B, das jährlich ca. 1 mm beträgt, wird erklärlich dadurch, dass sich dieser Mauerkörper, durch seine alternative Bewegung, in den immer feuchten lehmigen Grund eindrückt. Dieses Sinken steht vorläufig mit der Zeit in linearem Verhältnis, es wird aber später wahrscheinlich infolge Zusammenrückens des Grundes, kleiner werden und kann auch ganz stehen bleiben.

#### 8. Die bodenmechanische Untersuchung der Schluffschichten.

Unter dem Mauerkörper B befinden sich ausser der wasserdurchlässigen Schicht noch zwei zusammenhängende schlammige Lehmschichten (*Figur 4.*), deren Gesamthöhe



ca. 3 m beträgt. Von diesen zwei Schichten birgt die obere organische Stoffe. Diese organische Schluffschichte beginnt unter der Mitte des Mauerkörpers A; die Neigung der unteren Fläche ist grösser als jene der anorganischen Schichte. Die Höhe der Schichte ist daher verschieden. Unter der Mitte des Mauerkörpers A ist sie 0, beim Brunnen Kl.: 1,70 m. D. h. während sich die Dicke der unteren Schluffschichte der Donau zu verringert, wächst gleichzeitig jene der oberen Schichte. Die Gesamthöhe der beiden Schichten ist überall gleich (3,0 m).

Die Zusammensetzung und Eigenschaften dieser Schichten hat aus den entnommenen Proben, der Leiter des bodenmechanischen Laboratoriums der technischen Hochschule Herr Professor Dr. József Jáký im Jahre 1933 freundlichst untersucht.

Diese im Jahre 1933 bewerkstelligten Untersuchungen beziehen sich auf Proben, welche den unter dem Mauerkörper B befindlichen Bohrungen entnommen wurden.

Bei den in die oberen Schichten vorgetriebenen Bohrungen I. und II. haben wir gelbe lehmartige Erde die an beiden Orten identisch sein dürfte und bei der Bohrung II. graue lehmartige Erde emporgehoben.

Ziel der Untersuchung war, einesteils den *Kolloidgehalt*, andererseits die *Volumenän-*

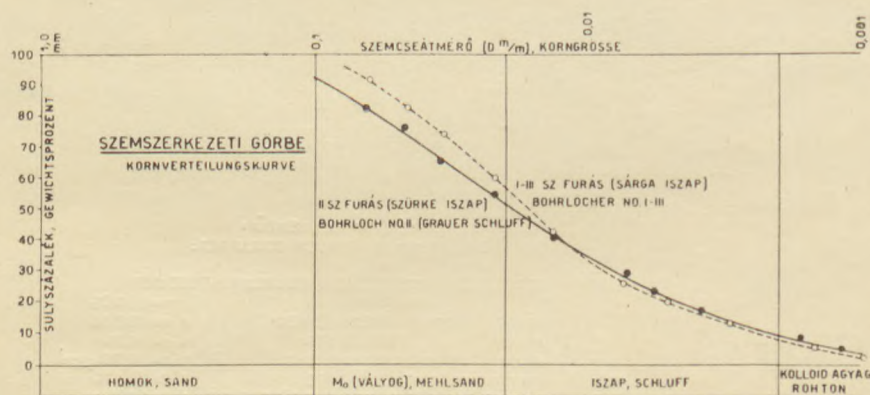


Fig. 19. Die Kornverteilungskurven der Schluffschichte.

derung, besonders die *Schwellungs-, resp. Schrumpfeigenschaften* beider Bodenarten zu bestimmen.

In Figur 19. sind die *Kornverteilungskurven*, welche durch die hydrometrische nasse mechanische Analyse gewonnen wurden, dargestellt. Nach diesen sind diese Bodenarten im allgemeinen von feiner Struktur. Im Wesentlichen sind sie Mischungen von Mo (Mehlsand 0,1 mm — 0,02 mm) und Schluff (0,02 mm — 0,002 mm). Ihr Kolloidgehalt ist nicht sehr gross: 8—10%, da sie aber gröbere Bestandteile (Sand) nicht enthalten, dürfte ihre Volumenänderungsfähigkeit sehr beträchtlich sein.

Aus der Untersuchung der Konsistenzgrenzen (Fließ-, Plastizitäts- und Schrumpfgrenze) ging hervor, dass die Bodenproben tatsächlich kein *Lehm*, sondern *mehlsandreicher Schluff* sind.

Figur 20., welche auf Grund der Schrumpfgrenze und dem Schrumpfverhältnis gezeichnet wurde, stellt die *Gerade der Volumenänderung* dar. Es zeigte sich, dass zwischen Volumenänderung der beiden Bodenarten kein besonderer Unterschied besteht, auch wurde beobachtet, dass einer 1%-ige Feuchtigkeitsabnahme eine 1,7%-ige Volumenänderung entspricht.

Im Dezember 1937 haben wir aus der *unteren Schluffschichte*, welche sich unter dem Mauerkörper B befindet, in natürlichem Zustande befindliche Proben entnommen,



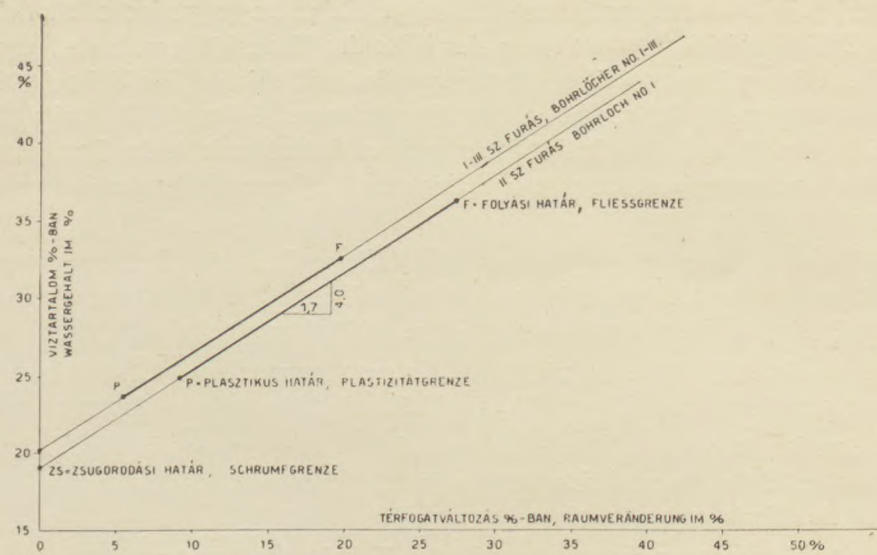


Fig. 20. Gerade der Volumenänderung der Schluffschichte.

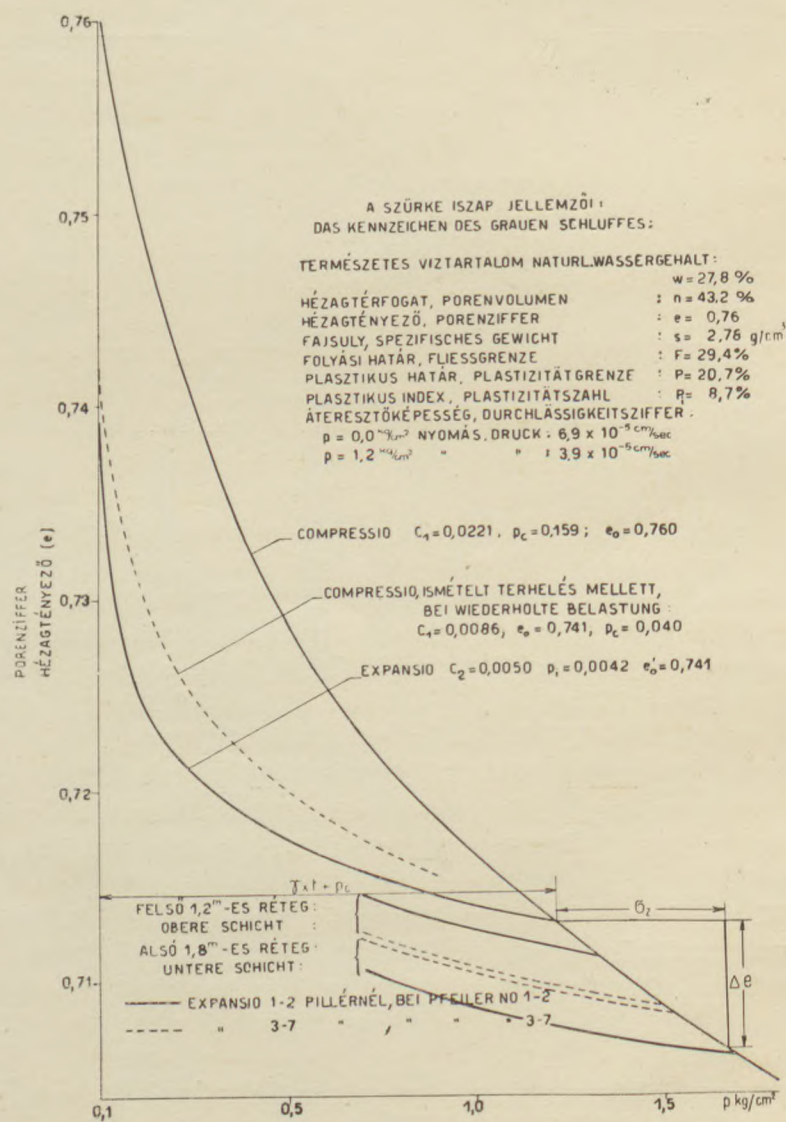


Fig. 21. Die Kompression und Expansion der Schluffschichte.



welche Herr Professor Dr. József Jáky im Bodenmechanischen Laboratorium einer neuerlichen Untersuchung unterzog.

Die Resultate dieser Untersuchungen (Figur 21.) hat Prof. Jáky im folgenden zusammengefasst:

1. Die Plasticität des Schluffbodens ist *mittelmässig* ( $P = 8,7\%$ ), sein natürlicher Wassergehalt ( $w = 27,8\%$ ) übersteigt beträchtlich die Plastizitätsgrenze ( $P = 20,7\%$ ) und ist in der Nähe der *Fliessgrenze* ( $F = 29,4\%$ ), d. h. dass die Bodenschicht in sehr losem Zustand ist; sein Porenvolumen beträgt  $n = 43,2\%$ . Der Zustand des Bodens ist zweiphasig, da die Poren gänzlich mit Wasser ausgefüllt sind; der Beweis ist:

$$e = w \cdot s = 27,8\% \times 2,78 \text{ gr/cm}^3 = 0,77$$

2. Im natürlichen Zustand ist die *Wasserdurchlässigkeit* trotz seines Schluffzustandes gross. Nach unseren Versuchen: bei  $p = \text{kg/cm}$  Druck:  $k = 6,9 \times 10^{-5} \text{ cm/sec.}$ , welcher Wert der Permeabilität von Sandmehlboden sehr nahe ist, d. h. dass das schnelle Einstellen des Grundwassers dem Donauwasserstand entsprechend, der relativ sehr hohen Wasserdurchlässigkeit zugesprochen werden kann.

3. Die Zusammendrückbarkeit des Bodens zeigt die Kompressionskurve der Figur 21., die elastische *Formveränderung* bei der Entlastung ist durch die *Expansionskurve* gekennzeichnet.

Die elastische Eigenschaft des Bodens ist — bei solchem Schluffboden ungewöhnlich — gross, wie es die Kurven der Figur 21. auch zeigen. Der Boden gewinnt nach der Entlastung  $\frac{2}{3}$  seiner Volumenverminderung zurück, ca.  $\frac{1}{3}$  ist die *bleibende Volumenveränderung*.

#### 9. Die Ursachen der Pfeilerbewegung. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

Die Bodenschichten, selbst die mehlsandigen Lehmschichten, welche unter den Mauerkörpern und Gebäudemauern liegen, sind ziemlich wasserdurchlässig, was die Resultate der Grundwassermessungen sehr gut beweisen. Nach letzteren fliesst die Donau nicht nur in ihrem Flussbett, sondern auch noch unter den Uferteilen, u. z. vom Wasserrande noch beträchtlich entfernt. Dies beweist die Wasserstandsbeobachtung des Brunnens T. Dieser Brunnen ist von der Donau 160 m entfernt, trotzdem ist kaum ein Unterschied zwischen der Grundwasserhöhe und dem Wasserstand der Donau.

Die Höhenschwankungen des Mauerkörpers B sind auf die Schwankungen des Grundwassers zurückzuführen. Infolge letzterer ändert sich die Auftriebskraft an den zwei Enden des Mauerkörpers, die dadurch entstehenden Kräfterdifferenzen heben, resp. senken das eine Ende des Mauerkörpers B gegenüber dem anderen Ende. Die Höhenunterschiede sind klein, im Durchschnitt einige *zehntel mm*, ihr grösster beobachteter Wert war 1.1 mm.

Der Mauerkörper B ist demnach in ständiger u. z. alternativer Bewegung. Der Mauerkörper A und das Gebäude bewegen sich natürlich ähnlich.

Wahrscheinlich ist es, dass solche, aber viel kleinere alternative Bewegungen auch parallel zur Flussrichtung der Donau den Höhenveränderungen des Wasserstandes entsprechend auftreten.

Beim Mauerkörper B, weiters bei jenem von A sowie auch bei den Gebäudemauern konstatierten wir, dass sie sich alle senken. Diese fortwährende mit der Zeit in linearem Verhältnis stehende Senkung beträgt jährlich beim Mauerkörper A: 0.5 mm, bei den Tragmauern des Gebäudes: 0.6 mm und beim Mauerkörper B: 1.0 mm.

Die Ursache der ständigen Senkung ist, dass die infolge der alternativen Bewe-





gungen auftretenden Kräfteüberschüsse den Boden unter den Mauerteilen verdichten. Dies erleichtert, in unserem Falle besonders noch, jene schluffartige Lehmschichte, welche zwischen der wasserdurchlässigen, sandigen und kieseligen Schichte liegt. Die kleinen Körnchen dieser Schichte können seitwärts und auch aufwärts ausweichen, wahrscheinlich erklärt dies den mit der Zeit linearen Charakter der derzeitigen Senkungen.

Die auf die Pfeilersenkungen bezugnehmenden Beobachtungen sind noch im Gange. Eine ausführlichere Untersuchung der Resultate und deren Veröffentlichung wird später erfolgen.



