

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100161417

R 405 III



ZEITSCHRIFT
FÜR
BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN
IM
PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM



SCHRIFTFLEITER:
INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS
HOCHBAU DR.-ING. GUSTAV LAMPMANN

80. JAHRGANG

1930



BERLIN
VERLAG VON HACKEBEIL A.-G.

1930.423



Inhalt des 80. Jahrgangs, 1930.

Alle Rechte vorbehalten.

I. Namenverzeichnis.

	Seite		Seite		Seite
<i>Abel</i> , Kraftwerk mit Schleuse der Staustufe Neckarsulm-Kochendorf	95	<i>Göderitz</i> , Schule in Magdeburg-Wilhelmstadt	147	<i>Nußbaum, Theo</i> , Grünflächen der Großstadt. Ein Beitrag zum Ausbau des Kölner Grünflächensystems	265
— Schützenwehr mit Straßenbrücke der Staustufe Neckarsulm-Kochendorf	95	<i>Hane</i> , Vom neueren Volksschulbau	153	<i>Oelker</i> , Einklassige Schule mit Lehrerwohnung in Bantum auf Sylt	156
— Schützenwehr mit Straßenbrücke der Staustufe Untertürkheim	102	<i>Harms</i> , Die neuen Eisenbahnanlagen in Königsberg (Pr.)		— Einklassige Schule mit Lehrerwohnung und Turnhalle in Humstrup	137
— Wehr mit Unterkanal der Staustufe Wieblingen	90	B. Die Gleisanlagen der neuen Bahnanlagen	155	<i>Ostmann</i> , Ausbau des Plauer und des Ihle-Kanals	225
<i>Bahr</i> , Der Bau der Nordostschutzmauer auf Helgoland	125	C. Größere Ingenieurbauten in Stein, Beton und Eisenbeton	276	<i>Richter</i> , Die neuen Eisenbahnanlagen in Königsberg (Pr.)	
— Die Südwestschutzmauer auf Helgoland und ihre Vorgeschichte 40.	75	<i>Haupt</i> , Schule in Magdeburg-Wilhelmstadt	147	E. Die Hochbauten	311
<i>Beermann, Dr. rer. pol.</i> , Die künstliche Entwässerung der Rheiniederung Bislich-Emmerich	69	<i>Heilig</i> , Dreiklassige Schule ohne Lehrerwohnung in Fischbach (Nahe)	159	<i>Rohde</i> , Die neuen Eisenbahnanlagen in Königsberg (Pr.)	
<i>Beyer, F.</i> , Grundschule in Frohnau bei Berlin	140	<i>Jelkmann</i> , Das neue Stadtbad Berlin-Mitte	157	A. Die Umgestaltung des Bahnnetzes	150
<i>Bickenbach, H., Dipl.-Ing.</i> , Umgemeindung und Siedlungswesen	185	<i>Jurisch</i> , Der Stand der Neckarkanalisation. I. Teil: Planung und Bauausführung	81	<i>Scheible, Dipl.-Ing.</i> , Perspektive der Stauanlage der Staustufe Neckarsteinach (Tafel 3, Heft 4)	
<i>Bonatz, Paul</i> , Doppelschleuse Ladenburg (Tafel 2, Heft 4)	105	<i>Kabel, Dr.-Ing.</i> , Der Baustufenplan der Stadt Dortmund	215	— Zusammenarbeit von Bauingenieur und Architekt beim Bau der Neckar-Kanalisation	104
— Hauptkraftwerk Ladenburg (Tafel 2, Heft 4)	—	<i>Kellermann</i> , Dreiklassige Schule mit Lehrerwohnung in Polanowitz	158	<i>Schmieder, Dr.</i> , Wehr mit Wasserkraftwerk der Staustufe Ladenburg	89
— Kraftwerk der Staustufe Horkheim	98	<i>Kiss, Edmund</i> , Die Rekonstruktion des Mausoleums Puma Punku und die Sonnenwarte Kalasasaya in Tihuanaku in Bolivien	64	— Hochwasserabschluß mit Straßenbrücke der Staustufe Ladenburg	89
— Kraftwerk der Staustufe Obereßlingen	108	<i>Klein, Alexander</i> , Beiträge zur Wohnungsfrage als praktische Wissenschaft	259	<i>Schmitt, Paul, Dr.-Ing.</i> , Die Besonnungsverhältnisse an Stadtstraßen und die günstigste Blockstellung	109
— Schützenwehr der Staustufe Horkheim	107	<i>Kneller, Dr.</i> , Schule in Magdeburg-Wilhelmstadt	147	<i>Schroeder</i> , Waldschule in Kottbus	141
— Schützenwehr der Staustufe Obereßlingen	104	<i>Kraatz</i> , Entwurf einer zweiklassigen Schule ohne Lehrerwohnung	157	<i>Schütte</i> , Schule in Frankfurt am Main, Roemerstadt	144
— Walzenwehr Heidelberg (Tafel 1, Heft 4)	91	<i>Krencker, D.</i> , Rekonstruktion der Kaiserthermen in Trier	60	<i>Seifert</i> , Ueber Wandern des Sandes im Küstensaum des Samlandes, Vorwort	199
— Wehr, Kraftwerk und Schleusenunterhaupt der Staustufe Neckarsteinach (Tafel 5, Heft 4)	—	<i>Lehmann, Hans</i> , Die bisherigen Ergebnisse der Ausgrabungen in Trier	59	<i>Stecher, Dr.-Ing.</i> , Statische Berechnung von Eisenbeton-Dückerrohren im Senkungsgebiet des Bergbaues (Emscher-Dücker)	255
<i>Brademann</i> , Hochbauten der elektrisierten Stadt- und Vorortbahnen, Reichsbahndirektion Berlin	25	<i>Lewerenz</i> , Die neuen Eisenbahnanlagen in Königsberg (Pr.)		<i>Stracke</i> , Die künstliche Entwässerung der Rheiniederung Bislich-Emmerich	69
<i>Burkhardt, E., Dr.-Ing.</i> , Der Stand der Neckarkanalisation. II. Teil: Zusammenarbeit von Bauingenieur und Architekt	104	D. Eiserne Brückenbauten	285	<i>Tiedemann, B., Dr.</i> , Ueber Wandern des Sandes im Küstensaum des Samlandes	199
<i>Dettmers</i> , Belastungsversuche an hölzernen Rammfähnen in Wesermünde-Geestemünde	15	<i>Lütcke</i> , Der Jubiläumsneubau des Kunstinstituts der Universität Marburg	1	<i>Verlohr</i> , Die Südwestschutzmauer auf Helgoland und ihre Vorgeschichte 40.	75
<i>Elsaesser, Martin</i> , Schule in Frankfurt am Main, Roemerstadt	144	<i>Mannsdorf</i> , Der Bau der Nordostschutzmauer auf Helgoland	125	<i>Wachtsmuth, Friedrich</i> , Der Ursprung des Querschiffes	55
<i>Fleischmann</i> , Entwurf einer einklassigen Schule mit Lehrerwohnung im Reg.-Bez. Oppeln	156	<i>Mensink, I. G. und P. K.</i> , Oranjenassau-School im Haag (Holland)	146	<i>Zeller, Werner, Dipl.-Ing.</i> , Praktische und theoretische Untersuchung von Schwingungsmessern zur Aufnahme und Beurteilung von Verkehrserschütterungen	171
<i>Frick</i> , Neunklassige Knabenvolksschule in Heilsberg (Ostpr.)	142	<i>Möhlmann, Dr.-Ing.</i> , Die Entwicklung des niederländischen Deichwesens im Laufe der Jahrhunderte	259		
		<i>Mügge, Dr.-Ing.</i> , Statische Berechnung von Eisenbeton-Dückerrohren im Senkungsgebiet des Bergbaues (Emscher-Dücker)	255		

II. Ortverzeichnis.

	Seite		Seite
<i>Allbachtal bei Trier</i> , Tempelbezirk	65	<i>Königsberg (Pr.)</i> , Die neuen Eisenbahn-	
<i>Bantum auf Sylt</i> , Einkl. Schule mit		anlagcn in K.	
Lehrerwohnung	156	A. Die Umgestaltung des Bahn-	150
<i>Berlin</i> , Reichsbahndirektion, Hochbauten		B. Die Gleisanlagen der neuen	155
der elektrisierten Stadt- und Vor-		Bahnanlagen	276
ortbahnen	25	C. Größere Ingenieurbauten in	
<i>Berlin-Mitte</i> , Das neue Stadtbad	157	Stein, Beton und Eisenbeton	285
<i>Bislich-Emmerich</i> , Die künstliche Ent-		D. Eiserne Brückenbauten	311
wässerung der Rheinniederung	69	E. Die Hochbauten	320
<i>Dortmund</i> , Der Baustufenplan der		— Empfangsgebäude, Altes E.	517
Stadt	215	— — Bahnhof Holländerbaum	517
— Wirtschaftsplan	218	— — Maraunenhof	517
<i>Fischbach (Nahe)</i> , Dreiklassige Schule		— — Hauptbahnhof	517
ohne Lehrerwohnung	159	— — Nordbahnhof	286
<i>Frankfurt am Main</i> , Römerstadt, Schule	144	— Ueberführung Dirschauer Straße	290
<i>Frohnau bei Berlin</i> , Grundschule	140	— Sammitter Allee	287
<i>Haag (Holland)</i> , Oranje-Nassau-School	146	— Unterführung Berliner Straße	289
<i>Heilsberg (Ostproußen)</i> , Neunklassige		— Dirschauer Straße	295
Knabenvolksschule	142	— Bahnkreuzung am alten Innenbahn-	295
<i>Helgoland</i> , Der Bau der Nordostschutz-		hof	295
mauer	125	— — beim Schlachthof	296
— Die Südwestschutzmauer und ihre		— — am Hauptbahnhof	501
Vorgeschichte	40, 75	— Reichsbahnbrücke über den Pregel	265
<i>Humstrup</i> , Einklassige Schule mit		<i>Köln</i> , Ausbau des Grünflächensystems	141
Lehrerwohnung und Turnhalle	157	<i>Kottbus</i> , Waldschule	157
<i>Ihle-Kanal</i> , Ausbau	225	<i>Liegnitz, Reg.-Bez.</i> , Zweiklassige Schule	
		ohne Lehrerwohnung (Entwurf)	71
		<i>Löwenberg</i> , Pumpwerke	147
		<i>Magdeburg-Wilhelmstadt</i> , Schule	1
		<i>Marburg</i> , Der Jubiläumsneubau des	211
		Kunstinstituts der Universität	—
		<i>Neukuhren</i> , Sturmtage	—
		— Winddruckdiagramme der Termin-	259
		beobachtungen der Sturm-	136
		warnungsstelle N. (Tafel Heft 8)	225
		<i>Niederlande</i> , Die Entwicklung des	158
		Deichwesens im Laufe der Jahr-	199
		hunderte	64
		<i>Oppeln, Reg.-Bez.</i> , Einklassige Schule	59
		mit Lehrerwohnung (Entwurf)	15
		<i>Plauer-Kanal</i> , Ausbau	
		<i>Polanowitz</i> , Dreiklassige Schule mit	
		Lehrerwohnung	
		<i>Samland</i> , Ueber Wandern des Sandes	
		im Küstensaum des S.	
		<i>Tihuanaku</i> in Bolivien, Die Rekonstruk-	
		tion des Mausoleums Puma	
		Punku und der Sonnenwarte	
		Kalasasaya	
		<i>Trier</i> , Die bisherigen Ergebnisse der	
		Ausgrabungen	
		<i>Wesermünde-Geestemünde</i> , Belastungs-	
		versuche an hölzernen Ramm-	
		pfählen	

III. Sachverzeichnis.

	Seite		Seite
<i>Ausgrabungen</i> , Trier, Die bisherigen	59	<i>Empfangsgebäude</i> , Berlin, Bahnhof	26
<i>Bäder</i> , Berlin-Mitte, Das neue Stadt-	157	— — Bahnhof Eichkamp	27
<i>Bahnkreuzungen</i> , Königsberg (Pr.), am		— Königsberg (Pr.), Altes Empfangs-	320
alten Innenbahnhof	295	gebäude	311
— — am Hauptbahnhof	299	— — Bahnhof Holländerbaum	317
— — spitze B. beim Schlachthof	295	— — Bahnhof Maraunenhof	317
<i>Baustufenplan</i> , Dortmund	215	— — Nordbahnhof	317
<i>Belastungsversuche</i> an hölzernen		<i>Entwässerung</i> der Rheinniederung Bis-	69
Ramppfählen in Wesermünde-		lich-Emmerich	150, 276, 285
Geestemünde	15	<i>Eisenbahnanlagen</i> , Die neuen, in Königs-	
<i>Besonnungsverhältnisse</i> , an Stadt-		berg (Pr.)	150
straßen und die günstigste Block-		A. Die Umgestaltung des Bahn-	150
stellung	109	netzes	155
<i>Blockstellung</i> , Die günstigste, und die		B. Die Gleisanlagen der neuen	276
Besonnungsverhältnisse an Stadt-		Bahnanlagen	285
straßen	109	C. Größere Ingenieurbauten in	311
<i>Bodengreifer</i> , Monaco	202	Stein, Beton und Eisenbeton	285
— Modell D. A. E.	202	D. Eiserne Brückenbauten	311
<i>Brücken s. a. Ueberführungen</i> , Ueber-		E. Die Hochbauten	31
führungen		<i>Gleichrichterwerke</i> , Cöpenick	31
— Bismarck-Brücke im Zuge der Haupt-		— Hennigsdorf	31
verkehrsstraße Berlin—Magde-		— Hermannstraße	31
burg	256	— Neubabelsberg	31
— Groß-Wusterwitzer Brücke im Zuge		— Niederschöneweide	31
der Kreisstraße Gr.-Wusterwitz—		— Nikolassee	31
Plaue a. Havel	257	— Rahnsdorf	31
— Heidelberg, Pfeilersicherung der		— Spandau	29
Karl-Theodor-Brücke	92	— Tegel	32
— Kader-Brücke im Zuge eines Feld-		— Weißensee	265
weges unterhalb der Schleuse	258	<i>Grünflächen</i> , Köln, Ausbau des Grün-	
— Klus-Brücke im Zuge des Feld-		flächensystems	35
weges Bury—Parchau	257	<i>Hauptschaltwerke</i> , Halensee	35
— Königsberg (Pr.), Drehbrücke	305	— Markgrafendamm	35
— — Reichsbahnbrücke über den		<i>Hochbauten</i> der elektrisierten Stadt-	
Pregel	501	und Vorortbahnen, Reichsbahn-	
<i>Deichwesen</i> , Die Entwicklung des		direktion Berlin	25
niederländischen D. im Laufe der		<i>Hochwasserabschlüsse</i> , Staustufe Hork-	
Jahrhunderte	259	heim	107
<i>Dücker</i> , Königsberg (Pr.), D. des Hufen-		— Staustufe Ladenburg	89
freigrabens	280	<i>Kanäle</i> , Ausbau des Plauer und des	
— Statische Berechnung von Eisenbeton-		Ihle-Kanals	225
Dückerrohren im Senkungs-		<i>Kanalisation</i> , Der Stand der Neckar-	
gebiet des Bergbaues (Emscher-		kanalisation	81
Dücker)	253		

	Seite		Seite		Seite
<i>Staufufen, Heidelberg</i>	90, 100	<i>Ueberwachungswerk</i> Markgrafendamm	36	<i>Wandern des Sandes</i> im Küstensaum des Samlandes	199
— <i>Horkheim</i>	96, 107	<i>Umformerwerke</i> , Borgsdorf	29	<i>Wehre, W. mit Kraftwerk und Schleuse</i> der Staustufe Neckarsteinach (Taf. 5, Heft 4)	—
— <i>Ladenburg</i>	88, 105	— <i>Pankow</i>	29	— <i>W. mit Unterkanal</i> der Staustufe Wieblingen	91
— <i>Münster und Cannstatt</i>	98	<i>Unterführungen</i> s. a. <i>Brücken</i>		— <i>W. mit Wehrkraftwerk</i> der Staustufe Ladenburg	89
— <i>Neckargemünd</i>	95	— <i>Königsberg (Pr.)</i> , Berliner Straße	287	— <i>Schützenwehr</i> der Staustufe Horkheim	96, 107
— <i>Neckarsteinach</i>	95	— <i>Dirschauer Straße</i>	286	— <i>der Staustufe Neckarsulm</i>	94, 95
— <i>Neckarsulm</i>	95	<i>Volksschulbau</i> , Vom neueren	153	— <i>der Staustufe Obereflingen</i>	104
— <i>Obereflingen</i>	100, 104	<i>Volksschulen</i> , Bantum auf Sylt	156	— <i>der Staustufe Untertürkheim</i>	100
— <i>Unter- und Obertürkheim</i>	99	— <i>Fischbach (Nahe)</i>	159	— <i>Walzenwehr</i> der Staustufe Cannstatt 100	
— <i>Wieblingen</i>	90	— <i>Frankfurt am Main, Römerstadt</i>	144	— <i>der Staustufe Heidelberg</i> (Tafel 1, Heft 4)	91, 100
<i>Stellwerke</i> , Königsberg (Pr.), Bahnanlagen	282	— <i>Frohnau bei Berlin</i>	140	<i>Wohnungsfrage</i> , Beiträge zur W. als praktische Wissenschaft	239
<i>Stromversorgung</i> der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen	25	— <i>Haag (Holland)</i>	146		
<i>Tunnelanlagen</i> , Königsberg (Pr.), Hauptbahnhof	276	— <i>Heilsberg (Ostpr.)</i>	142		
— <i>Bahnhof Holländerbaum</i>	280	— <i>Humstrup, Reg.-Bez. Schlesw.-Holst.</i>	157		
— <i>unter dem Hansaring</i>	282	— <i>Kottbus</i>	141		
<i>Ueberführungen</i> s. a. <i>Brücken</i>		— <i>Liegnitz, Reg.-Bez.</i>	157		
— <i>Königsberg (Pr.)</i> , Dirschauer Straße	289	— <i>Oppeln, Reg.-Bez.</i>	156		
— <i>Samitter Allee</i>	290	— <i>Polanowitz, Reg.-Bez. Oppeln</i>	158		

IV. Zeitliche Folge der Aufsätze.

<i>Hochbau.</i>	Seite	<i>Ingenieurbau.</i>	Seite
<i>Heft 1:</i> Der Jubiläumsneubau des Kunstinstituts der Universität Marburg. Von Regierungsbaurat <i>Lütcke</i> , Marburg	1	<i>Heft 1:</i> Belastungsversuche an hölzernen Rammpfählen in Wesermünde-Geestemünde. Von Regierungsbaurat <i>Deltmers</i> , Harburg-Wilhelmsburg	15
<i>Heft 2:</i> Hochbauten der elektrisierten Stadt- und Vorortbahnen. Reichsbahndirektion Berlin. Von Reichsbahnoberrat <i>Brademann</i> , Regierungs- und Baurat a. D., Berlin	25	<i>Heft 2 und 5:</i> Die Südwestschutzmauer auf Helgoland und ihre Vorgeschichte. Von Ministerialrat <i>Verlohr</i> , Berlin, und Regierungsbaurat <i>Bahr</i> , Helgoland	75
<i>Heft 3:</i> Der Ursprung des Querschiffes. Von <i>Friedrich Wachtsmuth</i> , Marburg (Lahn)	55	<i>Heft 5:</i> Die künstliche Entwässerung der Rheinniederung Bislich—Emmerich. Von Regierungsbaurat <i>Stracke</i> und Regierungsbaumeister a. D. <i>Dr. rer. pol. Beermann</i> , Düsseldorf	69
Die bisherigen Ergebnisse der Ausgrabungen in Trier. Von Regierungsbaurat <i>Hans Lehmann</i> , Trier	59	<i>Heft 4:</i> Der Stand der Neckarkanalisation. I. Teil. Planung und Bauausführung. Von Regierungsbaurat <i>Jurisch</i> , Berlin	81
Die Rekonstruktion des Mausoleums Puma Punku und der Sonnenwarte Kalasasaya in Tihuanaku in Bolivien. Von <i>Edmund Kiss</i> , Recklinghausen	64	<i>Heft 5:</i> Der Bau der Nordostschutzmauer auf Helgoland. Von Regierungsbaurat <i>Mannsdorf</i> , Tönning, und Regierungsbaurat <i>Bahr</i> , Helgoland	125
<i>Heft 4:</i> Der Stand der Neckarkanalisation. II. Teil. Zusammenarbeit von Bauingenieur und Architekt. Von Regierungsbaurat <i>Dr.-Ing. E. Burkhardt</i> und Architekt <i>Dipl.-Ing. M. Scheible</i> , Stuttgart	104	<i>Heft 6, 11 und 12:</i> A. Die Umgestaltung des Bahnnetzes. Von Reichsbahnoberrat <i>Rohde</i> , Königsberg (Pr.)	150
<i>Heft 5:</i> Die Besonnungsverhältnisse an Stadtstraßen und die günstigste Blockstellung. Von <i>Dr.-Ing. Paul Schmitt</i> , Karlsruhe	109	B. Die Gleisanlagen der neuen Bahnanlagen. Von Reichsbahnrat <i>Harms</i> , Königsberg (Pr.)	155
<i>Heft 6:</i> Vom neueren Volksschulbau. Von Ministerialrat <i>Hane</i> , Berlin	153	C. Größere Ingenieurbauten in Stein, Beton und Eisenbeton. Von Reichsbahnrat <i>Harms</i> , Königsberg (Pr.)	276
<i>Heft 7:</i> Das neue Stadtbad Berlin-Mitte. Von Magistrats- oberbaurat <i>Dr.-Ing. Jelkmann</i> , Berlin	157	D. Eiserne Brückenbauten. Von Reichsbahn- obererrat <i>Lewerenz</i> , Königsberg (Pr.)	285
<i>Heft 8:</i> Umgemeindung und Siedlungswesen. Von <i>Dipl.- Ing. H. Bickenbach</i> , Berlin	185	<i>Heft 7:</i> Praktische und theoretische Untersuchung von Schwingungsmessern zur Aufnahme und Beurteilung von Verkehrserschütterungen. Von <i>Dipl.-Ing. Werner Zeller</i> , Hannover	171
<i>Heft 9:</i> Der Baustufenplan der Stadt Dortmund. Von Magistratsbaurat <i>Dr.-Ing. Kabel</i> , Dortmund	215	<i>Heft 8:</i> Ueber Wandern des Sandes im Küstensaum des Samlandes. Von <i>Dr. B. Tiedemann</i> , Berlin, mit einem Vorwort von Professor <i>Seifert</i> , Berlin	199
<i>Heft 10:</i> Beiträge zur Wohnungsfrage als praktische Wissenschaft. Von Baurat a. D. <i>Alexander Klein</i> , Berlin	259	<i>Heft 9:</i> Ausbau des Plauer und des Ihle-Kanals als Teil des Mittellandkanals. Von Oberregierungs- und -baurat <i>Ostmann</i> , Potsdam	225
<i>Heft 11:</i> Grünflächen der Großstadt. Ein Beitrag zum Ausbau des Kölner Grünflächensystems. Von Stadtbaurat <i>Theo Nufbaum</i> , Architekt für Gartenbau, Köln	265	<i>Heft 10:</i> Statische Berechnung von Eisenbeton-Dücker- rohren im Senkungsgebiet des Bergbaues (Emscher- Dücker). Von den Regierungsbauräten <i>Dr.-Ing. Stedter</i> , Münster i. W., und <i>Dr.-Ing. Mügge</i> , Olfen i. W.	255
<i>Heft 12:</i> Die neuen Eisenbahnanlagen in Königsberg (Pr.) E. Die Hochbauten. Von Reichsbahnoberrat <i>Richter</i> , Königsberg (Pr.)	311	Die Entwicklung des niederländischen Deich- wesens im Laufe der Jahrhunderte. Von Regie- rungsbaumeister <i>Dr.-Ing. Möhlmann</i> , Berlin	259





*Offene Vorhalle des Museums.
Bildhauerarbeiten der Bronzetüren von W. E. Lemcke, Berlin.*

DER JUBILAUMSNEUBAU DES KUNSTINSTITUTS DER UNIVERSITÄT MARBURG.

Zeitschrift für Baumesen, 80. Jahrgang 1950, Nr. 1.

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTLITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

80. JAHRGANG

BERLIN, JANUAR 1950

HEFT 1

Alle Rechte vorbehalten.

DER JUBILÄUMSNEUBAU DES KUNSTINSTITUTS DER UNIVERSITÄT MARBURG.

Von Regierungsbaurat L ü t c k e, Marburg.

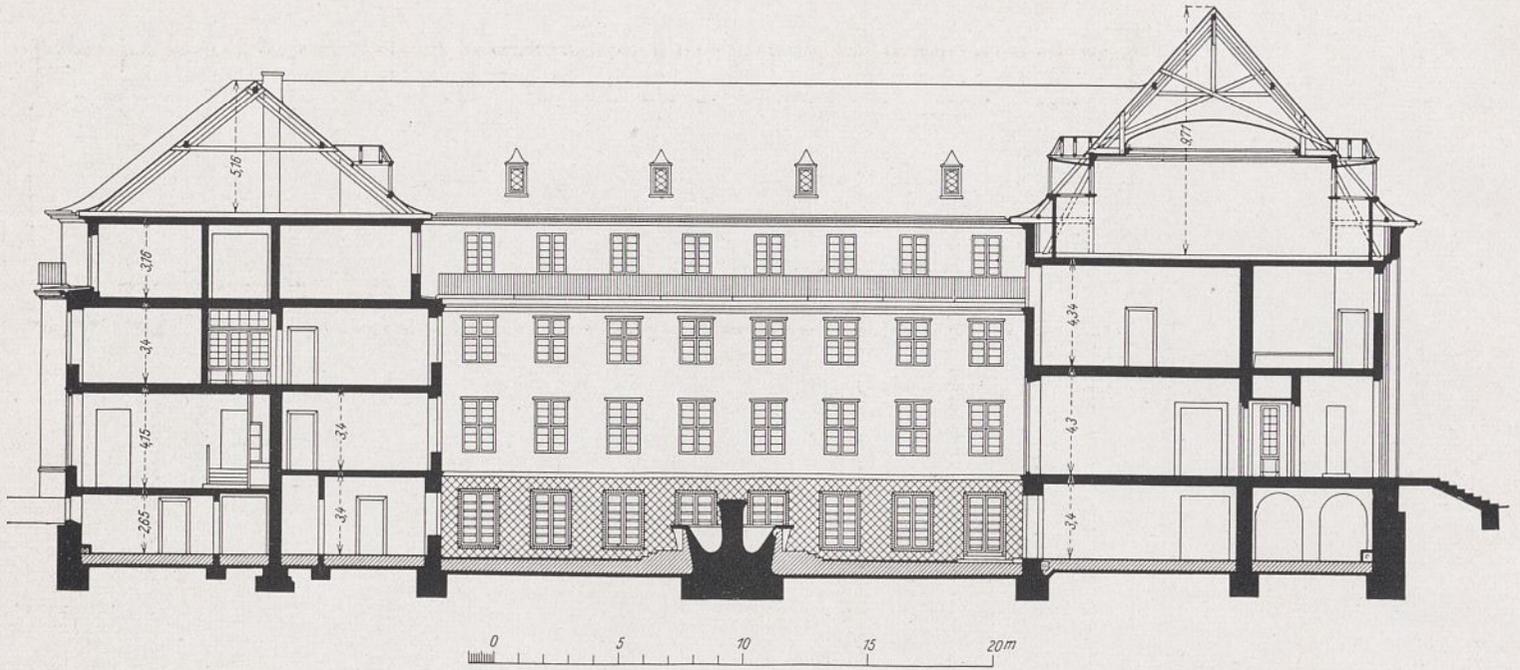
Mit den ersten Ausblicken auf das im Jahre 1927 zu feiernde vierhundertjährige Bestehen der von Landgraf Philipp dem Großmütigen gestifteten — damaligen Hessischen — Landes-Universität in Marburg entstand der Plan zur Schaffung eines besonderen Baues für alle kunstgeschichtlich gerichteten Lehrgebiete der Universität und ihre Sammlungen als zusammengefaßte Ehrengabe der Bevölkerung von Hessen-Nassau an die alma mater philippina. In der Öffentlichkeit wurde dieser Gedanke zum ersten Male am 22. Juni 1924 vor dem Universitätsbund Marburg vom Kurator der Universität, Geheimen Oberregierungsrat Dr. von Hülsen, vertreten und fand dort freudigen Widerhall. Auch der Landeshauptmann in Hessen von Gehren stellte sich zur Bildung eines Komitees zur Verfügung, dem dann der Oberpräsident der Provinz Hessen-Nassau, Dr. Schwander in Kassel, der Landeshauptmann in Nassau, Dr. Woell in Wiesbaden, der Präsident und Landesdirektor von Waldeck, Dr. Schmieding in Arolsen, sowie als Vertreter des Universitätsbundes der Geheime Regierungsrat Dr. Haeuser in Höchst a. M., der Bankherr Dr. L. Pfeiffer in Kassel und der Geheime Regierungsrat ord. Professor Dr. Troeltsch in Marburg beitraten. Im Verlaufe des Jahres 1924 sprach die preußische Staatsregierung ihre grundsätzliche Bereitwilligkeit zur Uebernahme der dauernden jährlichen Betriebskosten und der Unterhaltung des Instituts aus, wie auch schon Vorarbeiten des Entwurfes, insbesondere Bearbeitung der Fragen des Raumprogramms, durch das preußische Hochbauamt I in Marburg betrieben wurden. Im Juni 1925 begann die Sammlung der nötigen Baumittel mit einem Aufrufe an die gesamte Bevölkerung und alle öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Körperschaften, Verbände und Vereine der Provinz, insbesondere an die Bezirksverbände der Regierungsbezirke, sämtliche Landkreise, Städte und Gemeinden, sowie an alle ehemaligen Marburger Studenten und Angehörigen der Universität Marburg und an alle sonstigen Freunde und Förderer deutscher Wissenschaft innerhalb und außerhalb der Provinz zur Spendung von Gaben. Fast gleichzeitig wurde die Gründung eines besonderen Neubauamtes der mit der Errichtung des Baues beauftragten Staats-Hochbauverwaltung verfügt.

Anm.: Die Aufnahme Seite 6 unten ist von der photographischen Abteilung des kunstgeschichtlichen Seminars, alle anderen Aufnahmen sind von Franz Linkhorst, Berlin, hergestellt worden.

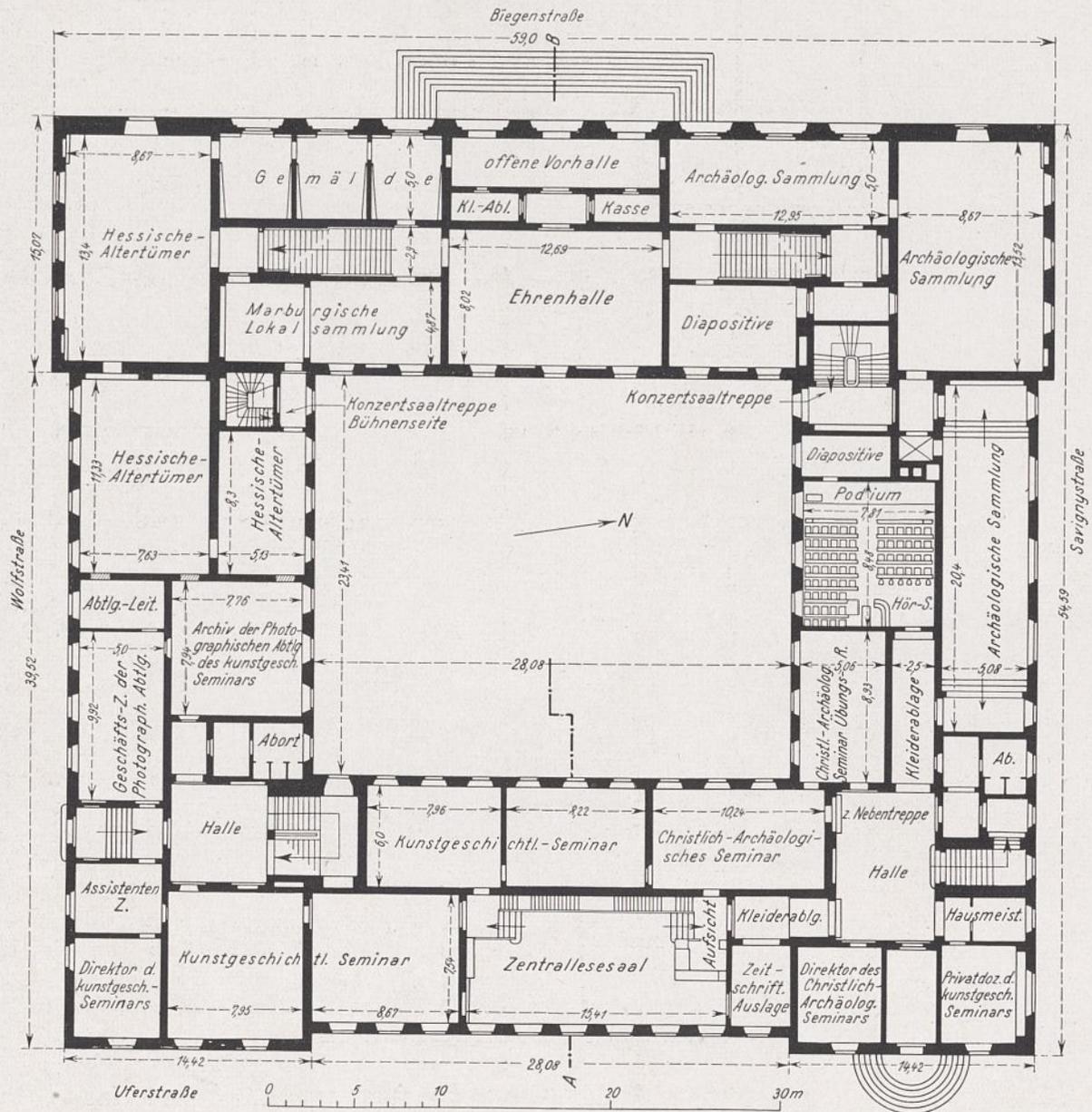
Der Gesamtbau bildet eine fast quadratische Anlage von etwa 60 m Einzelfrontlänge mit einem Hof von rund 24,0 × 28,0 m Größe. Als Bauplatz hatte die Stadt Marburg ein Grundstück — fast am Fuße des Schloßberges — zwischen einer der neueren Hauptstraßen, der Biegenstraße, und einem Promenadenweg längs der Lahn geschenkt. Das Grundstück liegt mit seiner Hauptfläche etwa 1,20 m unter der Hochwasserlinie, die umgebenden Straßen liegen wesentlich höher. Der Hof wurde nicht erhöht, um die Kellerräume, die sich infolge der erforderlichen Fundierungstiefe ergeben, zugleich nutzbringend verwerten zu können. Ein besonderer Schutz des Gesamtbaues gegen Hochwasser wurde erreicht durch Ausbildung der in das Flutgebiet reichenden Zone als isoliertes Bassin. Der Ueberlauf der Brunnen-schale in der Hofmitte ist dabei als eine Art Ventil wirksam. Eine natürliche Gruppierung der Einzelteile des Baues ergab sich derart, daß der Hauptflügel des Museums — gegen Westen — an die verkehrsreiche Biegenstraße, der Hauptflügel für die Lehrinstitute — gegen Osten — an die Lahnseite verlegt wurde, während die Zwischentrakte der Aufnahme der Sammlungen und der geschlossenen Seminarbetriebe dienen konnten.

Das Museum — entsprechend dem Plan der Stifter neben seiner Bedeutung als Lehrmittel der Universität durchaus auch für die Öffentlichkeit bestimmt — beherbergt in seinen Kabinetten und Sälen Sammlungen von Gemälden, Plastiken, Graphik und Wanderausstellungen, Sammlungen von hessischer Volkskunst und speziell hessischen Kunstwerken überhaupt, die Gipsabgußsammlung des archäologischen Seminars und die Sammlung des mit der heimischen Bodenforschung und der klassischen Archäologie in Fühlung stehenden vorgeschichtlichen Seminars. Das Museum erscheint von der Hauptzugangsseite an der Biegenstraße her als Bau mit zwei hohen Stockwerken über niedrigem Sockel, vom inneren Hof aus gesehen dreigeschossig. Institutsbau und Zwischentrakte wirken nach außen hin über niedrigem Sockel zweigeschossig — gesteigert um ein stark zurückgesetztes Terrassengeschoß mit Umgang und schmiedeeiserner Brüstung —, zum Hofe hin dreigeschossig, ebenfalls vermehrt um das Aufsatzstockwerk.

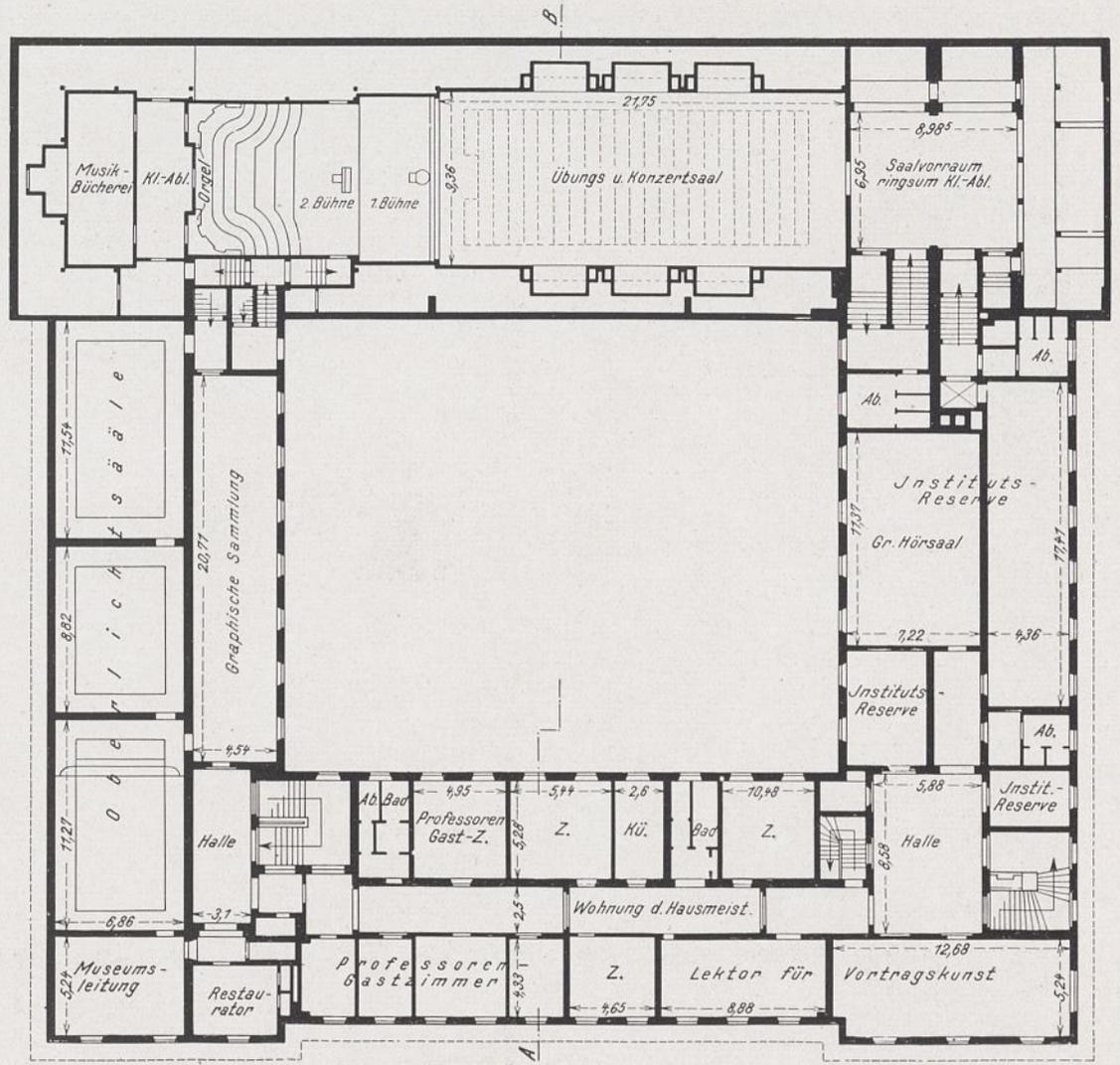
Die Erfordernisse der Raumgestaltung wurden durch Reisen zu den bemerkenswertesten Museen Deutschlands sowie zu denen in Kopenhagen, Zürich und Winterthur geklärt, besonders aber bestimmt durch Verarbeitung des reichen Erfahrungstoffes der Briefe Alfred Lichtwarks



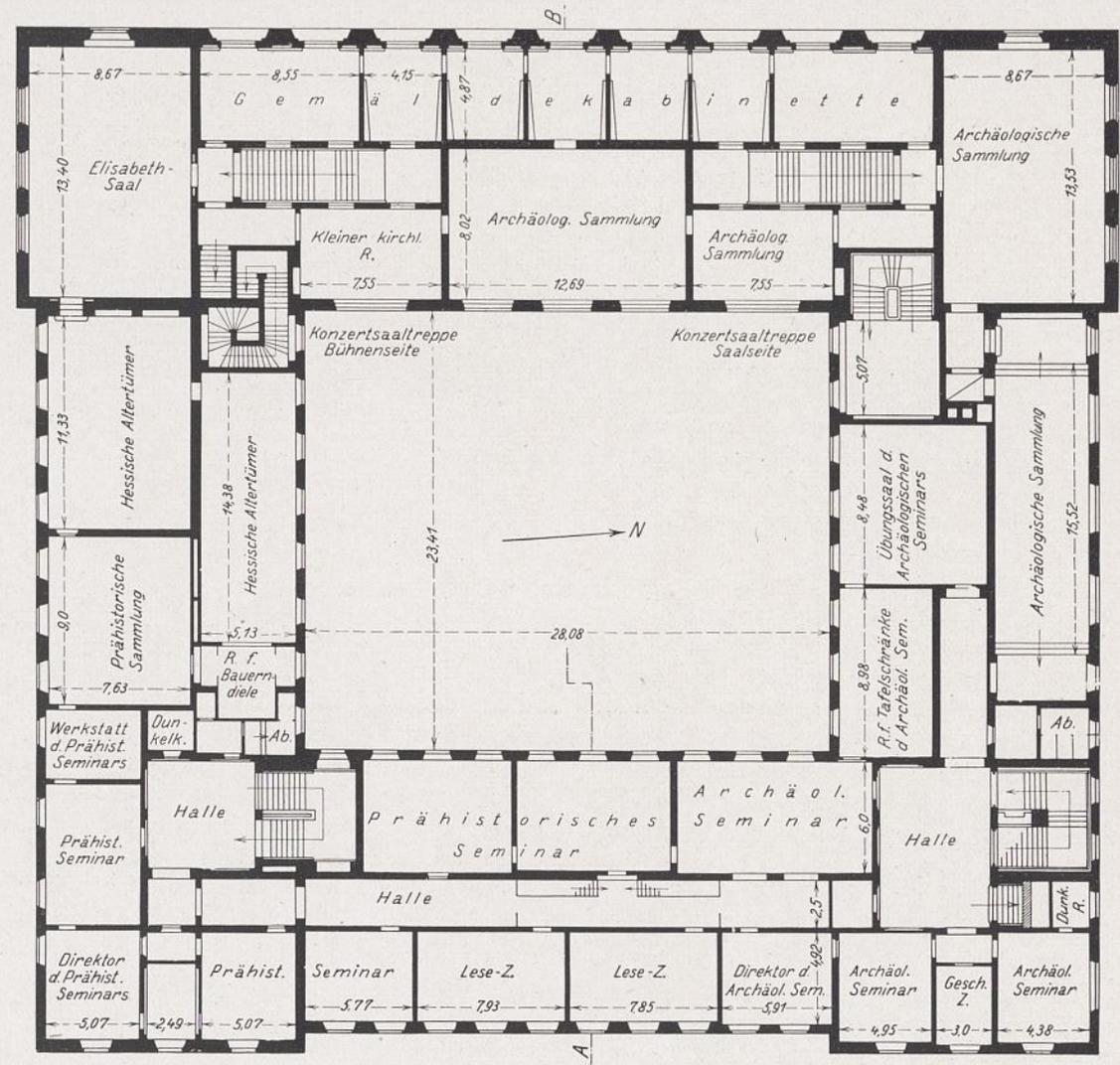
Querschnitt A-B. M. 1:500.



Hoherdgeschoß. M. 1:400.



Dachgeschoß. M. 1 : 400.



Obergeschoß. M. 1 : 400.



Universität. Universitätskirche.
Kunstinstitut. Physikalisches Institut.
Blick auf Marburg von Osten, von den Bahnbergen aus.

und der Reisetudie von Albert Erbe über „Belichtung von Gemäldegalerien“. So kam es zur Anwendung verschiedener Beleuchtungsarten: in den Räumen der Gemäldesammlungen und in denen der kirchlichen Kunst, wie auch im größten Teile der Räume für die Sammlungen des archäologischen Seminars mit hochliegendem Seitenlicht. In den Räumen für hessisches und allgemeines Kunstgewerbe (Möbel, Gerät, Textilien, Töpferei, Schmiedekunst, Eisenguß usw.) erfolgt die Beleuchtung mittels normal sitzender, z. T. bis zum Fußboden herunterreichender Fenster, ebenso im Kupferstichkabinett — einem galerieartigen Raume — durch gewöhnlich sitzende Fenster. Für die Säle der Wanderausstellungen wurde Oberlicht verwendet, zu dessen Regelung erfolgreiche Versuche mit verstellbar hängenden Segeln gemacht wurden, einmal zum Zwecke der Brechung des Sonnenlichtes überhaupt, insbesondere aber zur Lichtzerstreuung. Der Fußbodenbelag der Museumsräume wechselt: bei den Gemälden und bei der Wohnungskunst besteht er aus Buchenparkett, bei anderen Teilen des Kunstgewerbes aus weißgefugten roten Ziegelmustern oder großstückigem, rotfugigem Marmorterrazzo und bei der Gipsabgußsammlung aus Solnhofer Platten.

Die Anordnung der Museumsräume gestattet einen zusammenhängenden, alle Räume berührenden Rundgang, der ein Zurückkehren lediglich in jenen Räumen der Zwischentrakte erfordert, welche überhaupt am Rande der Museumsanlage liegen und zu den einzelnen Seminaren überleiten. Die beiden Treppen des Museums sind

so angeordnet, daß sie aus dem Empfangsaal einläufig in die entgegengesetzt liegenden Teile des Gebäudes führen und hierbei nur für Ausstellungszwecke wertloseren Raum verbrauchen. Sie erhalten genügend Licht aus dem unteren Saal und aus den oberen Kopfsälen, verstärkt durch hochliegende Oberlichte der seitlich gelegenen Ausstellungssäle. Bei Festlegung der Raumverhältnisse galt es auf einen lebhaften Wechsel Bedacht zu nehmen. Dieser erstreckt sich nicht nur auf die Grundrißfläche, sondern auch auf die Höhe der Räume. Sie ist nicht nur im Hauptmuseumsflügel entsprechend den Belichtungsverhältnissen oder Rücksichten auf Ausstellungsobjekte verschieden, sondern sie wechselt auch zwischen Hauptbau und Zwischentrakten. Ein elektrisch betriebener Aufzug vermittelt zwischen den verschiedenen Höhenlagen der an sich schon in zwei Stockwerken untergebrachten Gipsabgußsammlung.

Die Raumgruppierung im eigentlichen Kunstinstitute der Universität ist folgende: Den Mittelpunkt bildet ein allen Seminaren im Hause zugehöriger Lesesaal — erweitert durch über ihm liegende Räume: ein Zeitschriftenlesezimmer und drei kleinere Lesesäle, welche alle durch unmittelbar aus ihm hochführende Treppenläufe erreichbar sind. Um diese Gruppe gliedern sich beiderseits — auf zwei Stockwerke verteilt — die vier Hauptseminare: das kunstgeschichtliche Seminar, das vorgeschichtliche Seminar, das christlich-archäologische Seminar und das archäologische Seminar; jedes zunächst mit seiner Fachbücherei, dann den Uebungsräumen, Dunkelkammern, Geschäfts-



Museumsflügel an der Biegenstraße von Norden gesehen.

Assistenten- und Professorenzimmern. Die Seminare sind zugänglich über offene Treppenhäuser von dem unter besonderer Aufsicht stehenden Zentral-Leseaal. Jedes der beiden Institutstreppenhäuser besitzt seinen besonderen Außeneingang und Hofausgang sowie seine Flurhallen und zugehörigen Nebenräumlichkeiten. An das südliche Treppenhaus mit seinem Eingang von der Wolfstraße her sind im Tieferdgeschoß die Zugänge zu den Museumsmagazinen und zum photographischen Praktikum und zur photographischen Abteilung des kunstgeschichtlichen Seminars gelegt, welche im Erdgeschoß noch eine Flucht von Geschäfts- und Archivräumen erhalten hat. Gleichfalls an dies Treppenhaus angeschlossen sind die im Aufsatzgeschoß liegenden Räume der Museumsleitung, welche sich ihrerseits an die Oberlichtsäle anreihen, sowie die Gastzimmer für auswärtige Gelehrte. Die unmittelbar anschließende Hausmeisterwohnung ist unter Benutzung des nördlichen Treppenhauses vom Institutsgarten an der Lahnpromenade her zugänglich. Am gleichen Treppenhaus liegen die Unterrichtsräume für den Lektor für Vortragskunst ebenfalls im Aufsatzgeschoß sowie eine beträchtliche Institutsreserve — unter anderem Raum für einen größeren Hörsaal — und darüber im Dach nach Norden hin Atelierräume der photographischen Abteilung.

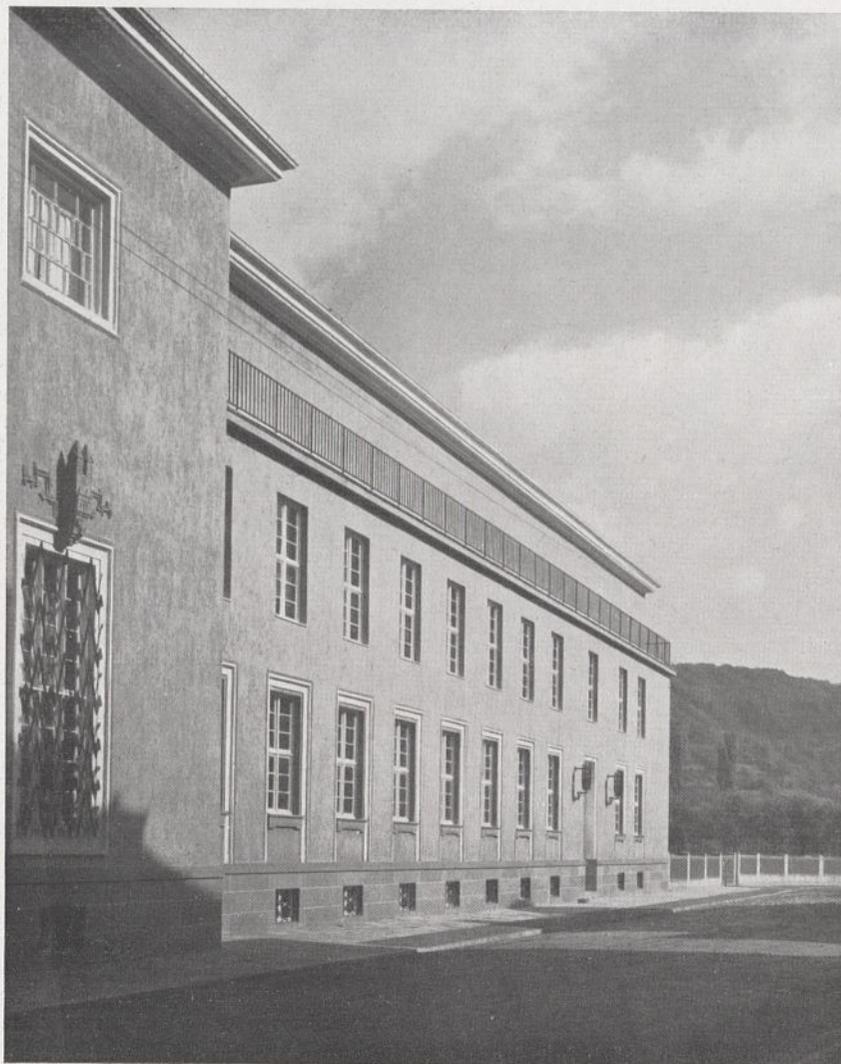
An der zugehörigen Flurhalle des Erdgeschosses liegt einerseits der Zentral-Leseaal mit besonderer Kleiderablage, andererseits ein kleinerer Hörsaal mit rund 70 Sitzplätzen und anschließendem Aufbewahrungsraum für Diapositive. Zwei weitere Treppenhäuser liegen in den beiden westlichen Hofwinkeln, erreichbar von der Rampe und der der Biegenstraße zu gelegenen Hofeinfahrt aus.

Sie führen zu den Räumen des Collegium musicum im Hauptbau des Museums, die nördliche außerdem nach dem Atelier für den akademischen Zeichenunterricht im Dachgeschoß des nördlichen Zwischentraktes. Diese nördliche, sehr geräumige Hofterrasse hat vor allem aber den Verkehr zum Konzertsaal des Collegium musicum zu bewältigen, während die südlich liegende Nebentreppe als Zugang zu den weiteren Räumen dieses Seminars — einer Bücherei und einem kleineren Uebungssaal, welcher letzterer zugleich Podium des Konzertsalles ist — dienen soll. Da diese beiden Treppen auch von Nichtangehörigen der Universität benutzt werden, waren sie so anzuordnen, daß sie weder andere Institute noch Räume des Museums berührten, ohne deren Zusammenhänge zu stören. Sie besitzen die erforderlichen Nebenräume, insbesondere am oberen Ende der Hauptterrasse vor dem Saale eine Kleiderablage, ausreichend für einen Besuch von rund 550 Personen.

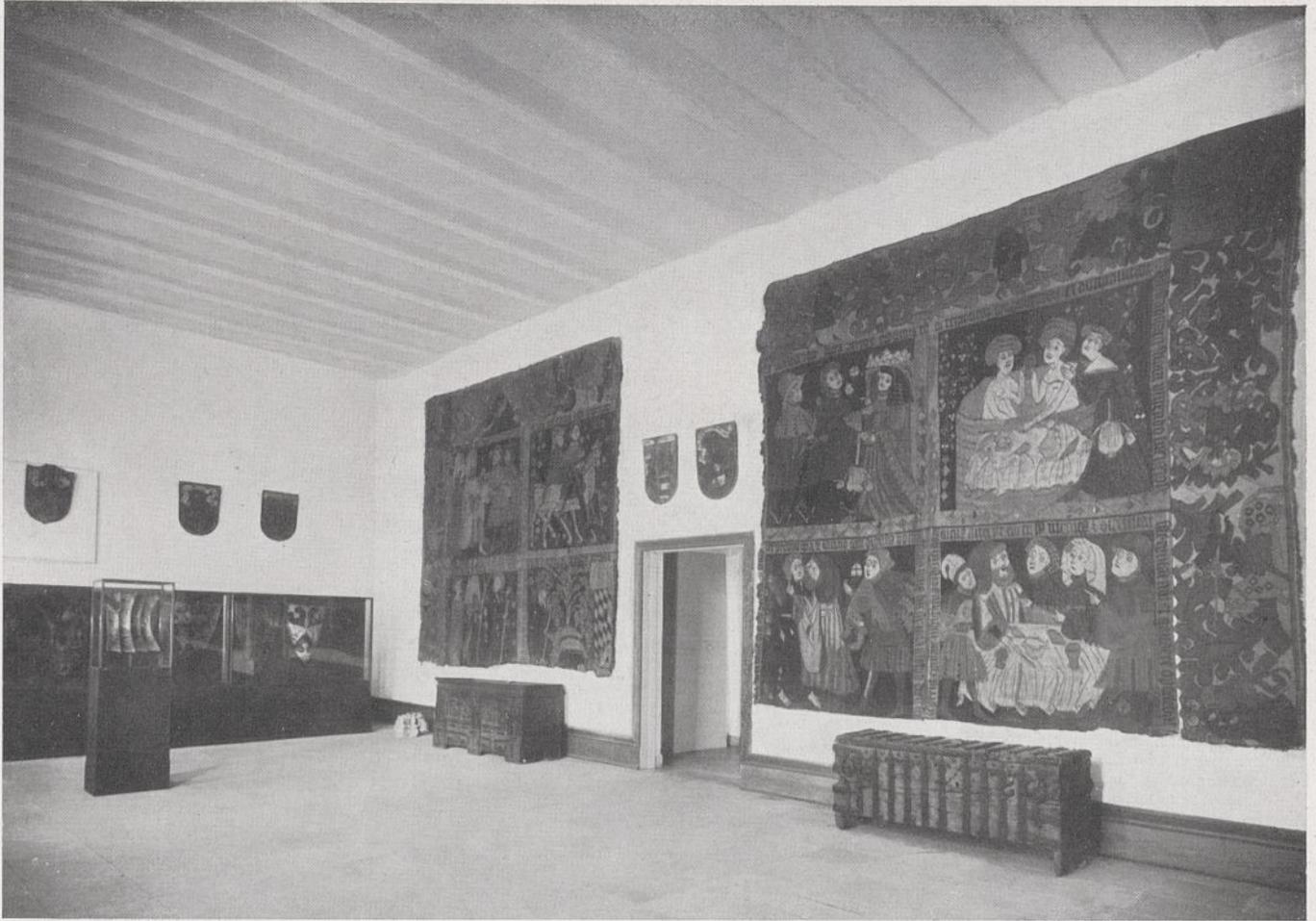
In seinem Aeußeren ist der Bau in hellem, braungrauem Ton verputzt und trägt nur an wenigen Stellen und zwar an der Museumsfront, etwas reicheren, an den Fronten der Wolfstraße und der Lahnseite bescheidenen Schmuck aus bildhauerisch bearbeitetem Rot sandstein. Seine Ausführung wurde auf Grund von Ideenskizzen des Entwurfes dem Bildhauer W. E. Lemcke in Berlin (die Stifter-Schlußsteine der Museumsfront und die Bronzetur in der offenen Vorhalle des Museums) und der Bildhauerin Gertrud Falk in Marburg (die übrigen Arbeiten) anvertraut. Die vorerwähnten Schlußsteine über den neun mittleren und den sechs seitlichen Museumsfenstern und Oeffnungen der Haupteingangshalle sollen Dokumente



*Oben:
Innenhof mit Ziegel-
brunnen.*



*Links:
Südfront an der Wolf-
straße.*



Saal mit Kunstschätzen aus der Elisabethkirche.



Gipsabgußsammlung des archäologischen Seminars im Nordwestsaal des Erdgeschosses.



Zentrallesesaal.



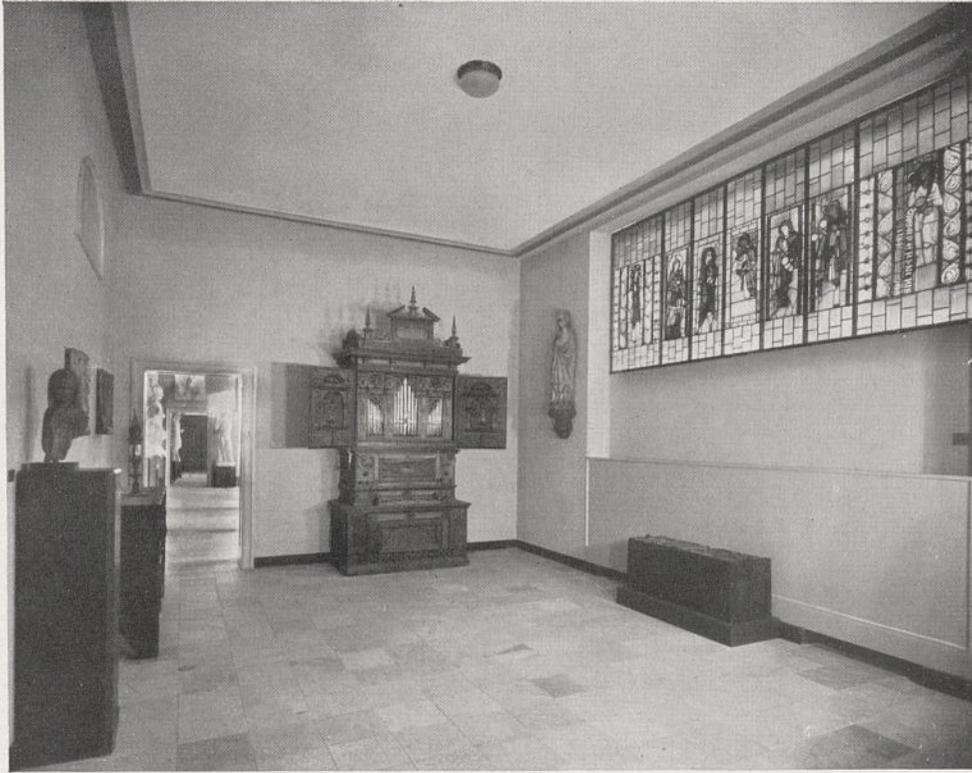
Halle hinter dem nordöstlichen Eingang im Erdgeschoß.



Saal für hessische Töpferkunst im Tieferdgeschoß.



Saal für Handarbeiten und Glasmalereien.



Raum für kirchliche Kunst im Obergeschoß.

der Stiftung des Baues durch die gesamte hessen-nassauische Bevölkerung sein. Die Erinnerung an deren Opferfreudigkeit wird durch die Darstellung von fünfzehn eindrucksvollen Wahrzeichen der hessen-nassauischen Landschaft lebendig gehalten. Besondere Erwähnung verdient auch die Bronzetüre des Haupteingangs zum Museum deshalb, weil sie die Stiftung der Arbeiter und Angestellten der Universität ist.

Der Innenhof erfuhr die ihm gebührende Bereicherung durch Verkleidung des Sockelgeschosses mit hellfarbigen Meißener Kacheln, durchsetzt von schmalen Terrakottastreifen, während die Fensterfaschen durch zu-

gehauene und zugeschliffene Ziegelbänder gebildet sind: Baustoffe und Formen, die in den oberen Wandteilen der Hoffronten und in der Behandlung des Hofbrunnens in handwerklicher Ziegeltechnik weiteren Ausdruck finden konnten.

Der umbaute Raum des Gebäudes beträgt (abgesehen von dem noch nicht vollendeten Musiksaal) rd. 33 500 cbm, seine bebaute Fläche rund 2450 qm. Die Baukosten berechnen sich abzüglich von Aufwendungen für tiefere Gründung (21 000 RM) und Hochwasserisolierung (74 800 Reichsmark) auf rund 1 150 000 RM, so daß sich 1 cbm umbauten Raumes auf rd. 34,50 RM stellte.



Saal für hessische Volkskunst im Erdgeschoß.



Oberlichtsaal mit einfachem Sonnensegel.



Oberlichtsaal mit verstellbarem Lichtreflexsegel.



Ehrenhalle hinter dem Haupteingang des Museums.

Der Entwurf, welcher auf Grund der Beurteilung durch die Akademie des Bauwesens zur Ausführung bestimmt war, entstand in ständiger Fühlung mit den Direktoren der im neuen Hause unterzubringenden Seminare. Der Auftrag zur Aufstellung des ausführlichen Entwurfes erfolgte am 27. März 1926, die feierliche Grundsteinlegung am 9. Mai 1926, die Uebergabe des Baues mit eingerichtetem Museum — nach knapp 15monatiger Bauzeit — am 30. Juli 1927, dem ersten Festtag der Jubelfeier der Universität.

Mit der Entwurfsbearbeitung und Ausführung des

Baues unter Oberleitung von Ministerialrat Dr. Schindowski in der Hochbauabteilung des preußischen Finanzministeriums und unter Aufsicht durch Regierungs- und Baurat Bode in den ersten Anfängen, für die Hauptzeit durch Oberregierungs- und -baurat Trümpert bei der Regierung in Kassel wurde der Verfasser betraut; zur besonderen Unterstützung standen ihm der Regierungsbauobersekretär Schade, der Regierungsbauführer (jetzt Regierungsbaumeister) Fick und die Regierungsbauführer Romeyer, Gabler und Albrecht sowie der Hochbautechniker Jensen zur Seite.



Einblick in die Gemäldekabinette.

BELASTUNGSVERSUCHE AN HÖLZERNEN RAMMPFÄHLEN IN WESERMÜNDE-GEESTEMÜNDE.

TRAGFÄHIGKEIT AUF ZUG UND DRUCK IM UNTERGRUNDE UND ZUGFESTIGKEIT IM BETON.

Von Regierungsbaurat D e t t m e r s in Harburg-Wilhelmsburg.

A. Tragfähigkeit auf Zug und Druck im Untergrunde.

1. Allgemeines. Bei der Erweiterung und Einschleusung des Fischereihafens zu Wesermünde-Geestemünde (1920 bis 1927) sind u. a. eine Reihe von Tief- und Hochbauten mit Pfahlgründung errichtet worden. Voraussetzung für eine wirtschaftliche Planung derartiger Bauten unter den vorliegenden Verhältnissen ist eine genaue Kenntnis der Tragfähigkeit der Pfähle im Untergrunde. In der Literatur sind aber bisher nur wenig Angaben dieser Art enthalten. Um zuverlässige Unterlagen zu erhalten, wurden daher von dem staatlichen Neubauramt für die Hafenerweiterung Belastungsversuche an hölzernen Ramppfählen auf Zug und Druck ausgeführt. Die Anordnung, Durchführung und Ergebnisse dieser Versuche sollen nachfolgend wiedergegeben werden.

2. Zugversuche. Die Rammtiefe der Pfähle sollte auf Grund von Proberammungen und an anderer Stelle ausgeführter Probelastungen so gewählt werden, daß die Tragfähigkeit auf Druck mindestens 80 t betrug. Die zulässige Druckbelastung wurde in die Berechnung mit 40 t eingeführt. Als rechnermäßige Zugbelastung der Pfähle ergaben sich bis zu 26,8 t.

Um festzustellen, welchen Widerstand auf Zug die Pfähle in dem vorhandenen ungünstigen Untergrunde leisten und ob mit Rücksicht auf diese Werte die errechneten Zugbeanspruchungen als zulässig bezeichnet werden können, wurden am Pfahlrost der im Bau befindlichen Mauer am Westufer des neuen Hafens (Abb. 1) Zug-

versuche durchgeführt. Da die Rostpfähle der Mauer wegen ihrer Schrägstellung für Versuche wenig geeignet waren, wurde für jeden Versuch zwischen den Rostpfählen rd. 70 cm wasserseitig vor der hinteren Abschlußpundwand ein besonderer Versuchspfahl senkrecht eingerammt.

Die Mauer ist auf einer Schlickwattfläche errichtet worden und kreuzt die bisherige Mündung der Luneweser, eines Nebenarmes der Weser. Der Untergrund besteht aus weicherem und härteren Schlick und Klei mit darunter gelagertem Sand (Abb. 2 und 3). Die Pfähle stecken in den Klei- und Schlickschichten. Nur die Spitzen, und zwar auch nur bei Pfahl 2 und 3, ragen bis in den Sand hinein (vgl. Spalte Bemerkungen in Liste 1).

Aus den Proberammungen für die Mauer und den Ergebnissen der Rammung bei der Bauausführung war bekannt, daß die Beschaffenheit des Untergrundes sehr stark wechselte. Um diese Verschiedenartigkeit des Untergrundes bei den Versuchen zu erfassen, wurden die drei Versuchspfähle so über die Länge der Mauer verteilt, daß je einer in besonders weichem (Pfahl 1), in mittlerem (Pfahl 2) und in besonders hartem (Pfahl 3) Untergrund saß. In ihren Stärkenabmessungen, ihren Rammtiefen und ihrer äußeren Beschaffenheit (entrindet und glatt entästet) wurden die Pfähle möglichst den Verhältnissen des Mauerentwurfes angepaßt. Die Rammung erfolgte von festem Gerüst aus mittels Dampftramme mit 2,5 t schwerem Bären, mit Schnepfer und Rücklaufkatze. Die Rammprotokolle sind nachstehend in Liste 1 wiedergegeben:

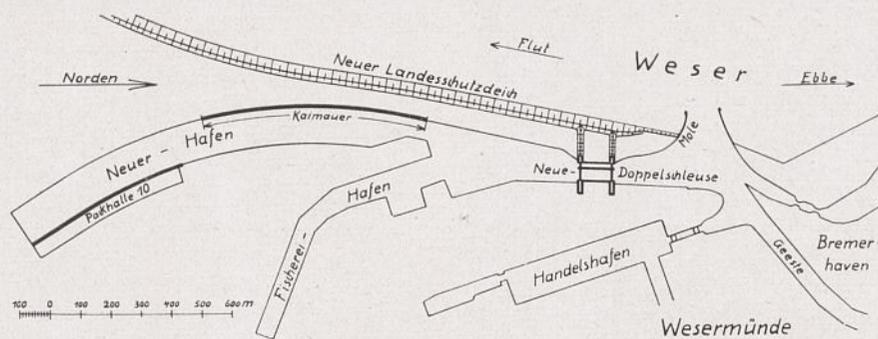


Abb. 1.

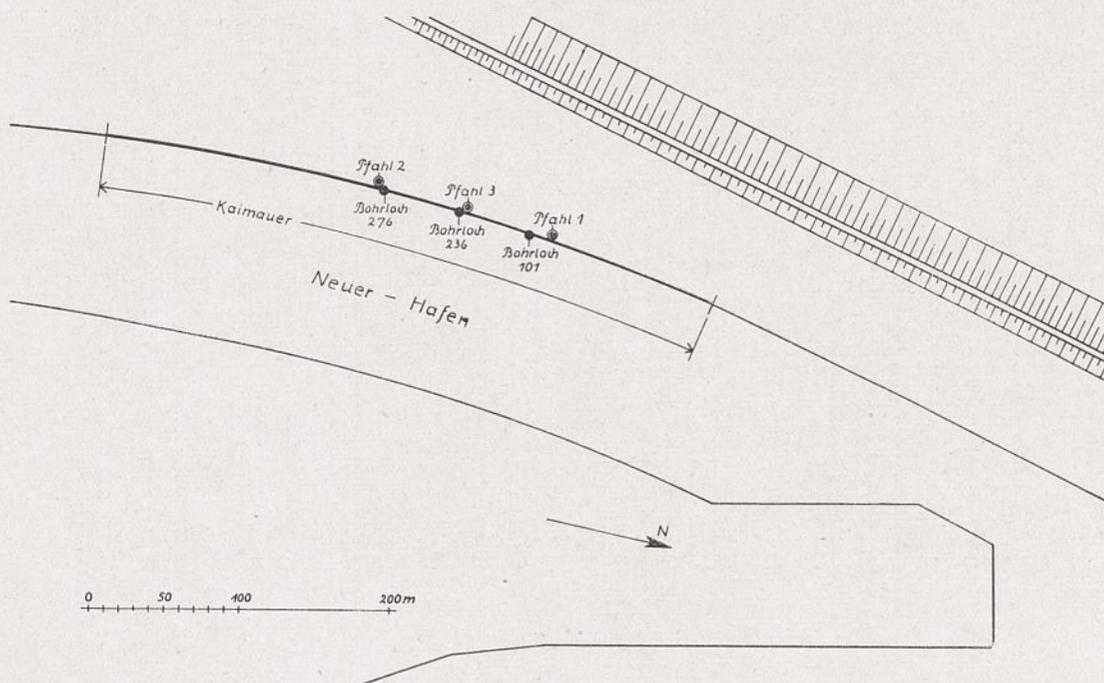


Abb. 2.

Liste 1.

Pfahl 1					Pfahl 2					Pfahl 3																		
Abmessungen	Zeitpunkt	Fallhöhe in m	Zieht in 10 Schlägen in m	Bemerkungen	Abmessungen	Zeitpunkt	Fallhöhe in m	Zieht in 10 Schlägen in m	Bemerkungen	Abmessungen	Zeitpunkt	Fallhöhe in m	Zieht in 10 Schlägen in m	Bemerkungen														
Gesamtlänge = 17,90 m	6. 10. 1925	1,00	2,05	Ohne Spülung Bär-gewicht 2,5 t	Gesamtlänge = 18,00 m	9. 11. 1925	0,80	4,50	Ohne Spülung Bär-gewicht 2,5 t	Gesamtlänge = 18,00 m	25. 10. 1925	0,60	0,61	Ohne Spülung Bär-gewicht 2,5 t														
Länge über Boden 5,66 m	3 Uhr	1,00	1,90		Länge über Boden = 5,50 m	5.25 Uhr	1,00	1,28		Länge über Boden = 5,48 m ¹⁾	1.05 Uhr	1,00	0,79		0,71	1) Nach dem Kappen												
Ø Stamm = 52 cm	bis 5.29 Uhr	1,00	0,69		Ø Stamm = 48 cm	bis 4.10 Uhr	1,50	1,46		Ø Stamm = 50 cm	bis 2.55 Uhr	1,00	1,09		0,71		2) Ramm-pause 1,50 bis 2,55											
Ø Mitte = 40 cm		1,00	0,83		Ø Stamm = 59 cm		1,50	1,27		Ø Mitte = 40 cm		1,20	0,71		0,73			3) nach einer Probe-hitze um 2,45 m ge-kappt										
Ø Zopf = 27 cm		1,50	0,72		Ø Zopf = 50 cm		1,50	0,64		Ø Zopf = 50 cm		1,50	0,70		0,69				Sand									
		1,50	0,64				1,50	0,44				1,50	0,69		0,69													
		1,50	0,66				1,50	0,40				1,50	0,60		0,60													
		1,50	0,61				1,50	0,34				1,50	0,60		0,56													
		1,50	0,51				1,50	0,35				1,50	0,64		0,64													
		1,50	0,47				1,50	0,32				1,50	0,60		0,60													
		1,50	0,43				1,50	0,30				1,50	0,60		0,60													
		1,50	0,45				1,50	0,27				1,50	0,47		0,47													
		1,50	0,38				1,50	0,25				1,50	0,34		0,34													
		1,50	0,36				1,50	0,24				1,70	0,26 ²⁾		0,26 ²⁾													
		1,50	0,06		In 2 Schlägen		1,50	0,22				1,70	0,18 ³⁾		0,18 ³⁾													
						1,50	0,20		In 2 Schlägen	1,70	0,16	0,16																
						1,50	0,04			1,70	0,13	0,13																
										1,70	0,11	0,11																
										1,70	0,06	0,06																
										1,50	0,06	0,06																

Die Kraft zum Ziehen der Pfähle wurde jeweils durch eine 20 t-Oeldruckpresse A ausgeübt (Abb. 4 und Abb. 5), die zu diesem Zweck auf einen vorderen Druckpfahl des Mauerrostes gesetzt war. Die Presse wurde mittels des Handhebels B bedient, und die Kraft durch einen einarmigen 6,50 m langen Hebel C aus zwei U-Eisen Nr. 28 als Zug auf den Pfahl übertragen. Der Hebel war auf der Spundwand aufgelagert und am Zugpfahl angeblattet und verbolzt. Bei den beiden Auflagern am Zugpfahl und an der Spundwand waren die C-Träger durch angenietete innere Stehbleche D verstärkt. Außerdem waren sie gegen seitliches Ausknicken miteinander durch Flacheisen E verbunden, die beim jedesmaligen Wechsel von einem Zugpfahl zum nächsten ab- und wieder aufgeschraubt wurden. Auf den Pfahl wurde die Kraft vom Hebel C durch mehrere kräftige Eisenplatten F übertragen. Beiderseits diente als Drehgelenk am Pfahl je ein zwischen den Platten F angeordnetes schmales

Flacheisenstück G. Um ein Abscheeren des Pfahlkopfes zu verhüten, blieb er über dem Hebel in einer Länge von etwa 1,20 m bestehen. Denselben Zweck dienten die Querverbindungen der beiden Hebelträger — bei dem zeitlich früher ausgeführten, weiter unten in Abschnitt B beschriebenen Versuch hatten die Querverbindungen gefehlt, und daher hatte seitliches Ausknicken am Pfahl zum Aufspießen des Pfahlkopfes geführt und infolgedessen das Abscheeren begünstigt — ferner oben am Pfahlkopf unmittelbar über dem Hebel eine aufgelegte zweiteilige Eisenschelle J.

Das Auflager an der Spundwand bildete ein mit dem Steg auf den Spundwandkopf gelegtes I-Eisen K, Profil Nr. 25, zur Druckverteilung. Es war anfangs 1,50 m lang. Nachdem aber in einem Falle beobachtet war, daß die Spundwand durch den Druck tiefer sackte, wurde der Träger bei den weiteren Versuchen auf 3,50 m verlängert. Danach trat ein Sacken der Spundwand nicht mehr ein.

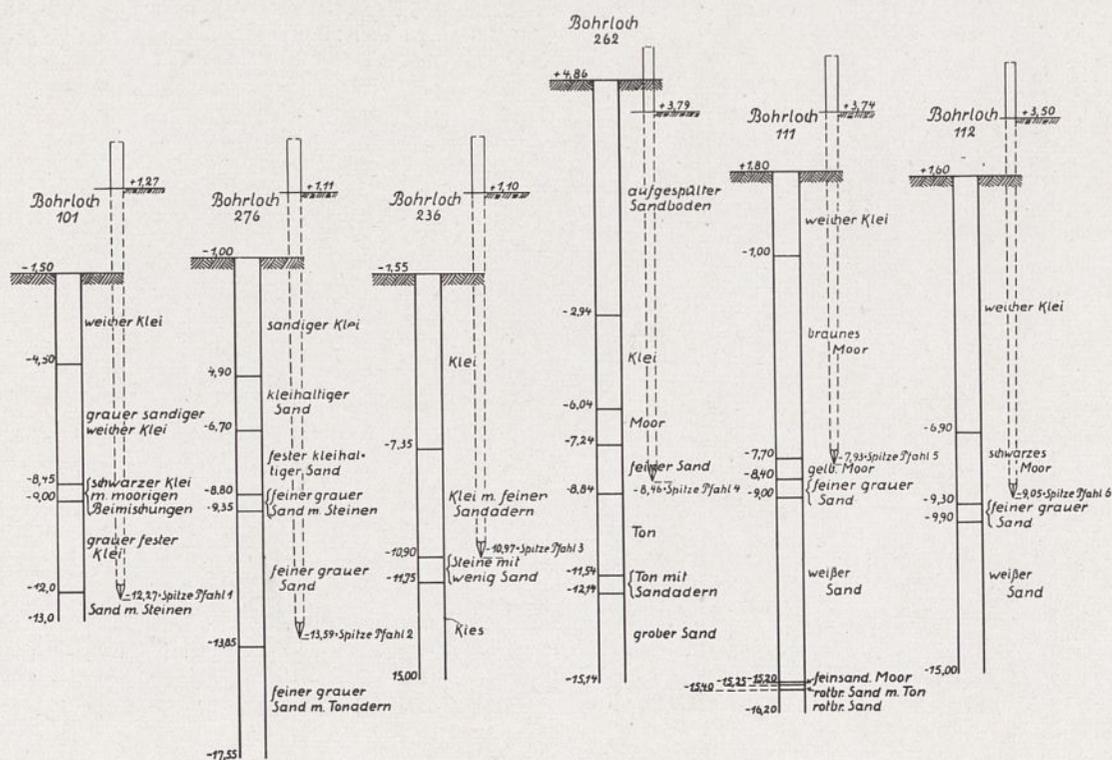


Abb. 5.

Als Auflagerschneide dienten zwei Winkeleisen *L*, die auf den Steg des Auflagerträgers *K* aufgenietet waren.

Die auf den Zugpfahl ausgeübte Kraft wurde mit Hilfe eines an der Oelpresse angebrachten Manometers *M* gemessen, das vor Beginn und nach Beendigung der Versuche geeicht wurde. Zur Feststellung des Maßes, um das sich der Pfahlkopf hob, diente ein ungleicharmiger zweiarmiger Holzhebel *N*. Die Ablesevorrichtung bestand aus einer Nadel *O* am freien Hebelende, die sich vor einem Zollstock *P* auf und ab bewegte. Bei Versuch 1b bis 3 war eine ebensolche Hebel- und Ablesevorrichtung *Q* zur Feststellung etwaigen Sackens der Spundwand unter der Auflagerlast vorhanden. Etwaige wagerechte Bewegungen des Pfahlkopfes wurden ohne Hebelvorrichtung unmittelbar mit Hilfe einer am Pfahl befestigten Nadel und eines auf dem Bohlenbelag des Pfahlrostes angebrachten Zollstockes gemessen.

Bei den Versuchen wurde der Druck der Oelpresse am Anfang in Stufen von 20 kg/qcm, im übrigen in Stufen von 10 kg/qcm allmählich bis zum endgültigen Ziehen des Pfahles gesteigert. Gleichzeitig wurden die Anzeigevorrichtungen ständig beobachtet und abgelesen. Auf jeder Druckstufe wurde die Presse mindestens eine Stunde belassen. Durch Nachpumpen, soweit erforderlich, mit dem Handhebel *B* wurde der Druck ständig auf gleicher Höhe gehalten. Zeigte sich bei fortschreitendem Versuch, daß der Pfahl sich in dieser Zeit bewegt hatte, so wurde der Druck unverändert durch ständiges Nachpumpen so lange gehalten, bis keine Bewegung des Pfahles mehr eintrat. War der Pfahl wieder zur Ruhe gekommen, so wurde der unveränderte Druck noch eine oder mehrere weitere Stunden gehalten und dann erst bis zur nächsten Stufe gesteigert. Auch des Nachts wurde die Presse unter Druck gehalten. Aus praktischen Gründen konnte allerdings in den Nachtstunden der Druck nicht auf derselben Höhe gehalten werden, sondern er fiel in dieser Zeit allmählich ab; doch war die Druckabnahme im allgemeinen verhältnismäßig gering. Gegen Ende der Belastung wurde der Versuch möglichst verlangsamt, um den Grenzwert der Tragfähigkeit richtig zu erfassen. Zeigte sich, daß der Pfahl nicht wieder zur Ruhe kam, so wurde der Versuch noch so lange fortgesetzt, bis mit Sicherheit angenommen werden konnte, daß der Pfahl auch bei weiterer Fortsetzung des Versuchs nicht wieder zur Ruhe kommen würde.

Bei dieser Art der Ausführung dauerte jeder Versuch etwa zehn Tage ausschließlich Auf- und Abbau der Versuchseinrichtung. Während dieser gesamten Zeit stand der Pfahl ununterbrochen unter langsam wachsendem Zug. Die Zugkräfte hatten also reichlich Zeit, sich im Untergrund genügend auszuwirken. Bei Versuch 3 wurde vor jeder Drucksteigerung auf Null zurückgegangen, um festzustellen, ob und inwieweit die beobachteten Veränderungen am Pfahl elastischer und daher vorübergehender Natur waren. Da aber — um den Versuch nicht übermäßig in die Länge zu ziehen — die Entlastung nur wenige Minuten dauerte, so war die beobachtete zurückgehende elastische Sackung des Pfahlkopfes jeweils nur gering. (Wegen Beeinflussung der Hebung des Pfahles durch die Entlastungen s. weiter unten). Bei den übrigen Versuchen wurde der Druck möglichst ohne Unterbrechung gesteigert. Bei diesen letzteren war daher eine mehrtägige möglichst ununterbrochene langsam wachsende Belastung vorhanden, so daß sich diese Versuche mit mehr Genauigkeit den späteren Dauerbelastungen am Bauwerk anpassen.

Auf eine vollzählige Wiedergabe sämtlicher Versuchsprotokolle wird hier wegen ihres erheblichen Umfangs verzichtet. Als Beispiel wird nachfolgend nur der Versuch 2 im Auszug wiedergegeben:

Liste 2.

Versuchspfahl 2.

Pfahllänge = 18,00 m,
Länge über Boden: $l_1 = 3,50$ m,

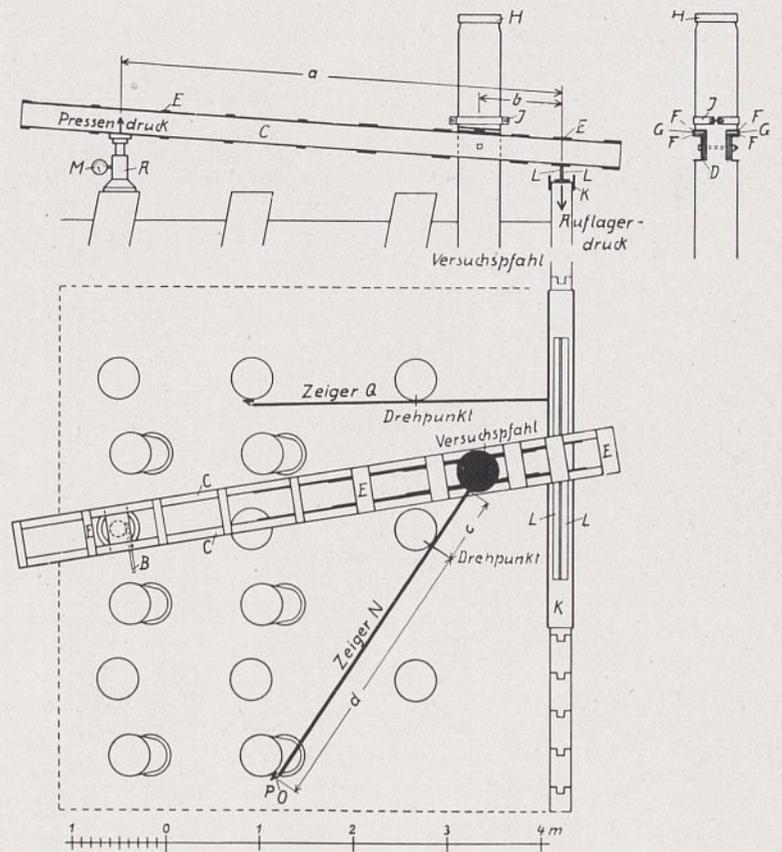


Abb. 4.



Abb. 5.

Länge im Boden: $l_2 = 14,70$ m, davon im Sand $l_3 = 3,63$ m,
Durchmesser: Stamm: $d_1 = 0,48$ m

Mitte: $d_2 = 0,59$ m

Zopf: $d_3 = 0,50$ m

Mittlerer Durchmesser im Boden:

$$d_m = 0,5735 \text{ m,}$$

Im Boden befindlicher Mantel: $M = \pi d_m l_2 = \pi 0,5735 \cdot 14,70 = 17,22 \text{ qm,}$

Hebelarme des Trägers: $a = 4,975$, $b = 0,685$ m (Abb. 4).

Hebelarme des Zeigers: $c = 1,085$, $d = 2,375$ m

Pressendruck: $P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p = \frac{\pi \cdot 7,6^2}{4} \cdot p = 45,4 p \text{ kg} = 0,0454 p \text{ Tonnen,}$

Pfahlzug: $Z = \frac{4,975}{0,685} \cdot P \text{ Tonnen,}$

Reibung am Pfahlumfang: $\varrho = \frac{Z}{M} \text{ t/qm} = \frac{Z}{17,22} \text{ t/qm,}$

Ziehen des Pfahles: $\Delta l = \frac{1,085}{2,375} \cdot \Delta s \text{ in mm.}$

Liste 2

Datum und Zeit	Manometerablesung jekg/qcm	Pressendruck P in Tonnen	Pfahlzug Z in Tonnen	Auflagerdruck A in Tonnen	Erdreibung am Pfahlumfang ρ in t/qm	Zeiger-Ablesungen			Ziehen d. Pfahles am		Bemerkungen	
						wager. w mm	senkr. s mm	Spundwand mm	Zeiger Δs in mm	Pfahl Δl in mm		
5. 1. 1926	10.30	0	0	0	0	202,0	403,0	100,0				
	11.30	20	0,908	6,60	5,692	0,383	202,0	404,0	100,0	1,0	0,46	
	12.30	40	1,815	13,20	11,385	0,767	202,0	404,0	100,0	1,0	0,46	
	1.30	60	2,720	19,80	17,08	1,150	204,0	406,0	100,0	2,0	0,91	
	2.30	80	3,630	26,40	22,77	1,320	204,0	407,5	100,0	4,5	2,06	
	3.30	100	4,540	33,00	28,46	1,915	204,0	409,0	100,0	6,0	2,74	
6. 1. 1926	8.30	80	3,63	26,40	22,77	1,320	204,0	409,0	100,0	6,0	2,74	
	8.40	0	0	0	0	0	204,0	407,0	100,0	4,0	1,83	
	9.40	110	5,000	36,40	31,40	2,110	206,0	411,0	100,0	8,0	3,65	
	10.40	110	5,000	36,40	31,40	2,110	207,0	412,0	100,5	9,0	4,11	
	11.40	110	5,000	36,40	31,40	2,110	208,0	412,0	100,5	9,0	4,11	
	12.40	120	5,450	39,60	34,15	2,300	208,0	413,0	100,5	10,0	4,57	
	1.40	120	5,450	39,60	34,15	2,300	208,0	413,0	100,5	10,0	4,57	
	2.40	130	5,900	42,90	37,00	2,490	209,0	414,0	101,0	11,0	5,03	
	3.40	130	5,900	42,90	37,00	2,490	210,0	414,5	101,0	11,5	5,25	
7. 1. 1926	8.30	120	5,450	39,60	34,15	2,300	210,0	415,0	101,0	12,0	5,48	
	8.40	0	0	0	0	0	209,0	412,5	101,0	9,5	4,40	
	9.40	130	5,900	42,90	37,00	2,490	209,0	415,0	101,0	12,0	5,48	
	10.40	130	5,900	42,90	37,00	2,490	209,0	415,0	101,0	12,0	5,48	
	11.40	140	6,360	46,30	39,94	2,690	209,0	416,0	101,0	13,0	5,94	
	12.40	140	6,360	46,30	39,94	2,690	209,0	416,0	101,2	13,0	5,94	
15. 1. 1926	8.30	200	9,070	65,90	56,830	3,830	—	433,0	—	30,0	13,71	Die Tage vom 8. 1. bis 14. 1. sind hier nicht wiedergegeben. Versuchsergebnis
	8.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	9.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	10.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	11.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	12.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	1.45	220	9,980	72,60	62,620	4,220	—	433,5	—	30,5	13,93	
	1.55	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	434,0	—	31,0	14,16	
	2.55	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	434,5	—	31,5	14,39	
	3.55	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	435,0	—	32,0	14,62	
16. 1. 1926	8.30	160	7,260	52,70	45,44	3,050	—	435,0	—	32,0	14,62	Pumpe unterbaut
	8.45	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	436,5	—	33,5	15,30	
	9.45	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	436,5	—	33,5	15,30	
	10.45	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	437,0	—	34,0	15,53	
	11.00	0	0	0	0	0	—	434,0	—	31,0	14,16	
	11.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	438,0	—	35,0	15,99	
	12.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	438,5	—	35,5	16,22	
	1.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	439,0	—	36,0	16,45	
	2.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	439,0	—	36,0	16,45	
	3.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	439,5	—	36,5	16,67	
	4.30	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	439,5	—	36,5	16,67	
17. 1. 1926	9.30	160	7,260	52,70	45,44	3,05	—	441,0	—	38,0	17,40	Vor dem Ablesen und Aufpumpen Zeiger von Eis befreit Schluß d. Versuchs
	10.00	230	10,400	75,75	65,350	4,400	—	441,0	—	38,0	17,40	
	4.00	160	7,260	52,70	45,44	3,05	—	442,0	—	39,0	17,82	
	4.30	230	10,400	75,75	65,35	4,400	—	442,5	—	39,5	18,05	

Nachstehend sind die Versuchsergebnisse zusammen- und den Entwurfsannahmen gegenübergestellt:
Liste 5

Laufende Nr.	Pfahlreihe bzw. Versuch Nr.	Pfahl-Nr.	Der Pfahl zog in der letzten Hitze von 10 Schlägen in cm	Pfahllänge in m	Pfahldurchmesser			Ordinate		Länge im Boden			Mantelfläche Fm im Boden in qm	Zugkraft Z in t	Zugkraft Zm = Mittelwert aus Spalte 14 in t	Reibung am Umfang q in t/qm	Reibung qm = Mittelwert aus Spalte 16 in t/qm	Sicherheitsgrad n (Entwurfswerte: Versuchsergebnisse) gemäß			
					Zopf in cm	Mitte in cm	Stamm in cm	Oberkante Gelände	Oberkante Sand	Pfahlspitze	insgesamt in m	im Klei*) in m						im Sand*) in m	Spalte 15	Spalte 17	Mittel aus Spalte 18 u. 19
Spalte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	Vord. Zugpfahlreihe	—	—	16,95						— 12,6 bis — 13,5	12,27			14,02	20,80		1,48				
2.	Hint. Zugpfahlreihe	—	—	16,45						— 12,1 bis — 13,0	12,27			14,03	26,80		1,91				
3.	1 a }	1	36	17,90	27	40	52	+ 1,27	—	— 12,97	14,24	14,24	—	16,7	(41,3)		(2,48)				
4.	1 b }														54,5		3,26				
5.	2	2	20	18,00	30	39	48	+ 1,11	— 9,96	— 13,59	14,70	11,07	3,63	17,2	72,6		60,43	4,22			3,79
6.	3	3	6	15,55	30	40	50	+ 1,10	— 9,67	— 10,97	12,07	10,77	1,30	13,9	54,2		(63,40)	3,90			4,06
																			$n_{zm} = 2,53$ (2,66)	$n_m = 2,23$ (2,38)	$n = 2,40$ ($n = 2,52$)

Bemerkungen: Die Klammerwerte der Spalten 15, 17 u. 18 bis 20 gelten unter Ausscheidung von Versuch 1 a u. b für Versuch 2 u. 3.

*) Vgl. Spalten „Bemerkungen“ in Liste 1.

Das Maß, um das sich der Pfahlkopf bei seiner Belastung bis an die Grenze der Tragfähigkeit (s. Spalte 15 und 16 der Liste 5) gehoben hat, betrug bei den drei Versuchen 1 b bis 5:

Pfahl 1: $\Delta l_1 = 1,0$ cm,

Pfahl 2: $\Delta l_2 = 1,4$ cm,

Pfahl 5: $\Delta l_3 = 1,9$ cm.

Auffällig ist zunächst, daß bei Pfahl 2 und in noch stärkerem Maße bei Pfahl 5 die Hebung des Pfahlkopfes größer ist als bei Pfahl 1, obgleich letzterer doch in erheblich weicheren Bodenschichten stand.

Dabei ist aber zu beachten, daß bei Pfahl 1 die Last ohne jede zwischenzeitliche Entlastung langsam bis zur Grenzlaster gesteigert wurde, während bei Pfahl 2 und 5 in der Zwischenzeit mehrmals auf Null zurückgegangen wurde. Die Entlastung und das Wiederaufpumpen auf die nächste Laststufe erfolgte jeweils rasch, so daß die Ent- und Wiederbelastung bis zu einem gewissen Grade stoßweise auftrat. In dieser stoßweisen Ent- und Belastung, wie sie in dieser ungünstigen Form übrigens im fertigen Bauwerk nicht auftreten, wird der Grund für das stärkere Nachgeben der Pfähle 2 und 5 erblickt. Daß wiederum Pfahl 5 mehr nachgab als Pfahl 2, trotzdem letzterer doch in weicheren Bodenschichten steckte, paßt gut zu der Tatsache, daß Pfahl 2 nur einige Male, Pfahl 5 dagegen nach jeder Laststufe entlastet wurde.

Bei Vergleich der Versuchsergebnisse vorstehender Liste 5 fällt ferner auf, daß die Ergebnisse des Versuchs 1a mit einer Gesamtzugkraft $Z = 41,5$ t und einer Reibung am Pfahlumfang von $q = 2,48$ t/qm erheblich geringer sind als die vom Versuch 1b. Versuch 1a ist vierzehn Tage nach der Rammung ausgeführt. Er wurde in Erwartung besserer Ergebnisse einige Monate nach der Rammung an demselben Pfahl als Versuch 1b wiederholt. Dabei wurden die höheren Werte $Z = 54,5$ t und $q = 3,26$ t/qm erzielt. Der Pfahl hatte sich also im Laufe der Zeit im Untergrund fester gesetzt.

Bei weiterer Betrachtung der Ergebnisse sei zunächst daran erinnert, daß die Pfähle absichtlich in ungleichen Untergrund gerammt wurden, um bei den Versuchen auch den Einfluß dieser Verschiedenartigkeit auf die Zugfestigkeit mit festzustellen. Ein Vergleich zwischen Spalte 2 und 16 zeigt, wie zu erwarten stand, daß die Zugfestigkeit bei Pfahl 1 mit den geringsten Rammwiderständen des Untergrundes am kleinsten ist, Pfahl 1 weist von Pfahl 2 und 5 in den Ergebnissen einen verhältnismäßig großen Abstand auf. Der Grund ist darin zu suchen, daß Pfahl 1, wie die Spalten 10 bis 12 zeigen, nicht wie die andern beiden Pfähle mit der Spitze den Sand erreicht hat, sondern in ganzer Länge im Klei steht.

Pfahl 2 weist höhere Werte auf als Pfahl 5, obgleich er nach den Rammergebnissen besser gezogen hat. Dabei ist aber zu beachten, daß Pfahl 5 so schlecht zog, daß er um $2\frac{1}{2}$ m höher stehen bleiben mußte als Pfahl 2. Er steckt daher mit der Spitze weniger tief in der tragfähigen Sandschicht als Pfahl 2. Unter Beachtung dieses Umstandes paßt er sich auch richtig in den Gesamtrahmen ein.

Im nachstehenden soll des Näheren dargelegt werden, in welcher Weise die Versuchsergebnisse mit den Ergebnissen der statischen Untersuchung der Mauer in Beziehung gebracht und bei Errichtung der Mauer beachtet worden sind:

Im Entwurf ist für die vordere Zugpfahlreihe eine Zugkraft $Z = 20,80$ t und eine Reibung von $q = 1,48$ t/qm und für die hintere $Z = 26,8$ t und $q = 1,91$ t/qm ermittelt. Wegen der Anordnung einer biegungsicheren Eisenbetonplatte in Höhe der Pfahlköpfe und ihrer steifen Verbindung mit den Pfählen ist eine weitergehende Belastungsverteilung auf die Pfähle gewährleistet, als es bei der vielfach üblichen Form des Pfahlrostes mit elastischem Holzabund und aufgesetzter Mauer ohne innigeren Zusammenhang zwischen beiden Bauteilen der Fall war. Da ferner durch Versuchspfahl 1 die überhaupt ungünstigsten Bodenverhältnisse auf der ganzen Mauerstrecke erfaßt worden sind und derartig ungünstige Bodenverhältnisse nur auf kurze Strecken innerhalb der Baublocklängen vorhanden sind, ist es zulässig, bei Ermittlung des Sicherheitsgrades den Mittelwert zugrunde zu legen.

Bei der Ausführung ist auf die geringeren Ergebnisse bei Pfahl 1 dadurch Rücksicht genommen, daß die Pfähle an den Stellen mit besonders ungünstigen Untergrundverhältnissen entsprechend tiefer gerammt wurden bzw. der Rost durch einen weiteren Zugpfahl verstärkt wurde. Infolge dieser Anordnung sind also die ungünstigeren Werte des Pfahles 1 nicht in Erscheinung getreten. Sicherheitshalber sind aber doch bei Ermittlung des vorhandenen Sicherheitsgrades die Ergebnisse des Versuchs 1b mit einbezogen worden. Es ergibt sich demnach als mittlere Höchstlast: 1. $Z_m = 60,45$ t und als mittlerer Einheitswiderstand gegen Zug 2. $q_m = 3,79$ t/qm oder der mittlere Sicherheitsgrad für die Z -Werte zu: 3. $n_{zm} = 2,55$ bzw. für Reibung 4. $n_m = 2,25$. Die entsprechenden höheren Werte unter Ausschaltung von Versuch 1b sind in Liste 5 in Klammern angegeben. Der günstigere Sicherheitsgrad für die Z -Werte ist dadurch begründet, daß die Pfähle weiter im Boden steckten als im Entwurf vorgesehen. Der richtige Vergleichswert mit dem Entwurf liegt also zwischen den Werten der Gleichungen 5 und 4 und kann etwa in der Mitte zwischen beiden zu $n = 2,40$ geschätzt werden, d. h. der wirkliche Zugwiderstand der Pfähle ist 2,4 mal so groß wie im Entwurf angenommen.

3. Druckversuche. Zur Beschaffung zuverlässiger Berechnungsunterlagen für die Gründung der Packhalle 10 auf dem Ostufer des neuen Hafens (Abb. 1) wurden drei Druckbelastungsversuche ausgeführt. Zur Ausführung dieser Versuche dienten drei der bereits vorhandenen hölzernen Proberammpfähle (Abb. 6). Das Baugelände stellt eine Wattfläche dar, die in den vorhergehenden Baujahren bis Geländehöhe mit Sand aufgespült war. Die Untergrundverhältnisse waren ähnlich denen auf der Ostseite (s. vorstehenden Abschnitt Zugversuche). Die Versuchspfähle wurden mit einer Ramme mit 2,2 t schwerem Bären, mit Schnepfer und Rücklaufkatze gerammt. Die Rammergebnisse werden nachstehend in Liste 4 wiedergegeben:

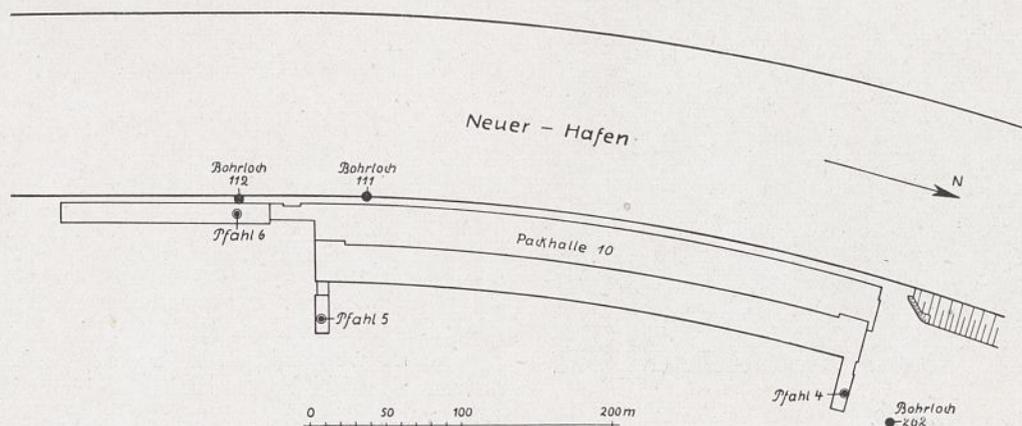


Abb. 6.

Liste 4.

Pfahl 4				Pfahl 5				Pfahl 6			
Lfd. Nr. der Hitze	Fallhöhe des Bären in cm	Der Pfahl zog in einer Hitze zu 10 Schlägen in cm	Ordinate der Pfahlspitze	Lfd. Nr. der Hitze	Fallhöhe des Bären in cm	Der Pfahl zog in einer Hitze zu 10 Schlägen in cm	Ordinate der Pfahlspitze	Lfd. Nr. der Hitze	Fallhöhe des Bären in cm	Der Pfahl zog in einer Hitze zu 10 Schlägen in cm	Ordinate der Pfahlspitze
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pfahllänge = 15,65 m Mittendurchmesser = 35 cm senkrecht geschlagen.				Pfahllänge = 15,78 m Mittendurchmesser = 35,5 cm senkrecht geschlagen.				Pfahllänge = 15,70 m Mittendurchmesser = 35 cm senkrecht geschlagen.			
1	50	258,5		1	60	228		1	60	270,5	
2	80	42		2	80	63,5		2	100	56	
3	100—140	43		3	100	44		3	150	62	
4	150	38		4	100	42,8		4	150	75	
5	150	45,5		5	150	45,2		5	150	135	
6	150	55,3		6	150	45		6	150	134	
7	150	56		7	150	48		7	150	75	
8	150	36,5		8	150	40		8	150	81,5	
9	150	30,5		9	155	49		9	170	98	
10	150	31		10	150	60,3		10	155	97,5	
11	150	27		11	150	63		11	150	99	
12	140—150	31,5		12	150	57,2		12	150	85,8	
13	150	26		13	150	75		13	150	77,5	
14	150	32,5		14	150	60,8		14	150	53,5	
15	150	30		15	150	62		15	150	20,4	
16	150	22,5		16	140—150	55		16	150	15	
17	150	24		17	155	66		17	150	13	
18	150	22,5		18	150	53,5		18	150	11	
19	150	23		19	150	41,8		19	150	9,5	
20	140—150	22		20	150	38		20	150	8,5	
21	150	18,5		21	150	23				7,5	-9,05
		21,5		22	150	18,8					
				23	155	20,5					
22 bis 45	wechselnd zwischen 18 und 25,5 cm, meist 22 bis 25 cm			24	150	24,5					
				25	160	24					
44	150	18,5		26	150	19,8					
45	150	16		27	150	14,5	-7,93				
46	150	15									
47	150	5									
48	150	6,5									
49	150	5,5	- 8,46								

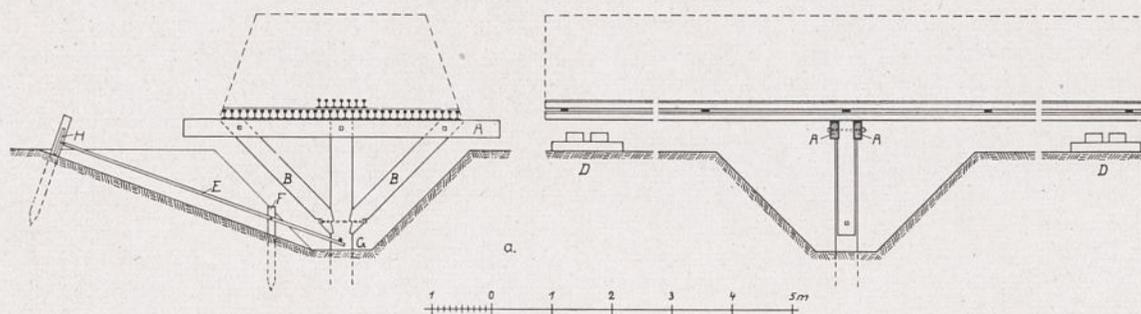


Abb. 7.



Abb. 8.

Die Versuchspfähle wurden wenige Dezimeter über Gelände Höhe abgeschnitten. Am Pfahlkopf wurde zur Lastaufnahme eine gut aufgekömte eichene Doppelzange A angebracht (Abb. 7). Diese wurde nach Freischachtung des Pfahles auf etwa 1,50 m Länge durch zwei eichene Kopfbänder B gegen den Pfahl abgestrebt. Da an den Auflagerstellen der Doppelzange bei Pfahl 4 im Laufe des Versuchs zu starke Verdrückungen eintraten, wurde bei den weiteren Versuchen die Doppelzange durch einen auf den Pfahlkopf gelegten starken eichenen Holm ersetzt (Abb. 8).

Zur Belastung des Pfahles wurden vorhandene neue Reichsbahnschienen „S 49“ von 15 m Länge und 0,753 t Stückgewicht auf die Doppelzange bzw. auf den Holm aufgebracht, und zwar anfangs mittels eines Eisenbahnkranes, später von Hand, wobei die Schienen mit eisernen Zangen, die besonders zu diesem Zweck hergestellt waren, angefaßt wurden. Sie wurden genau mit der Mitte quer über den Holm gelegt, so daß sie in der Waage schwebten. Kleine Schwellenstapel D an den beiden Schienenenden waren zum Abfangen bei etwaigem Kippen eingebaut. Die versenkte Anordnung des Pfahlkopfes ergab ab-

gesehen von der Arbeiterleichterung beim Auflegen und Abheben der Schienen den Vorteil, daß diese nur um ein Geringes über dem Erdboden schwebten, so daß Unfälle durch etwaiges Umkippen oder Abgleiten der Last nach Möglichkeit ausgeschlossen waren.

Als Zeigervorrichtung zum Ablesen der Pfahlbewegungen diente ein ungleicharmiger zweiarmiger Hebel *E*. Gewisse Formänderungen der Holzhebel durch Witterungseinflüsse, die sich bei den Zugversuchen bemerkbar gemacht hatten, ohne allerdings die Ergebnisse nennenswert zu beeinträchtigen, führten dazu, daß bei den Druckversuchen der Hebel aus einem kleinen Winkeleisen hergestellt wurde. Es war an einem besonderen kleinen Stützpfehl *F* befestigt. Das kurze Hebelende war am Versuchspfehl bei *G* in der Pfahlachse unterhalb der Zimmererverbände der Kopfbänder angeordnet. Am langen Hebelende war das Winkeleisen in eine Spitze ausgeschmiedet, die sich vor einem Zollstock *H* auf- und abbewegen konnte. Zum Schutz gegen Windstöße und Schnee- und Eislasten wurde der Hebel mit einem Holzkasten umkleidet.

Die so gestaltete Versuchsanordnung hat sich gut bewährt. Ein gewisser Nachteil war die schwanke Lagerung der großen Last auf dem Pfehl als einzigem Stützpunkt. Sie verursachte, daß eine einmal begonnene Biegung des Pfahlkopfes infolge nicht durchaus symmetrischer Lastverteilung in Richtung des Holms, infolge ungleichmäßiger Verdrückung der Zimmererverbände und dergl. sich alsbald soweit fortsetzte, bis die Schienen sich nach einer Seite auf die Stapel stützten und der Versuch damit unterbrochen war. Diese Erscheinung zeigte sich trotz sorgfältigster Lastverteilung bei zwei Versuchen. Das Kippen trat aber erst ein, nachdem die Versuche als abgeschlossen betrachtet werden konnten, so daß die Ergebnisse nicht beeinflusst waren.

Ein gewisser Nachteil war auch, daß der Zeiger schräg nach oben gerichtet war und daher einen spitzen Winkel mit dem Versuchspfehl bildete. Dies hatte zur Folge, daß bei jeder noch so geringen Biegung des Pfahles der Zeiger nach oben oder unten ausschlug, wie auch in der zeichnerischen Darstellung der Ergebnisse in Abb. 9 ersichtlich ist. Gegen Sturm mußte der Schienenstapel an den vier Ecken durch kleine eingeschlagene Pfähle gegen Verdrehungen und Schwankungen gesichert werden.

Um im Interesse möglichst genauer Versuchsergebnisse den Kräften Zeit zu lassen, sich im Untergrund auszugleichen, wurde die Belastung wie bei den Zugversuchen sehr langsam und stufenweise in Stufen von 10 t, gegen Schluß jeden Versuchs in Stufen von 5 t, und zwar jeweils erst dann gesteigert, wenn durch die Ablesungen an der Zeigervorrichtung einwandfrei feststand, daß der Pfehl keine Veränderung mehr erfuhr. Die Durchführung eines derartigen Versuchs dauerte 1½ Monate. Nachstehend wird das Ergebnis für Versuch 5 im Auszug wiedergegeben:

Liste 5.
Versuchspfehl 6.

Länge des Probepfahls = 15,70 m,
Länge des Kappendes = 1,65 m,
Länge des gekappten Pfahles = 14,05 m,
Länge des Pfahles über der Zeigerbefestigung = 1,45 m,
Länge über Boden = 1,50 m,
Länge im Boden = 15,55 m,
Ordinate des Pfahlkopfes = + 5,00 m,
Ordinate der Pfahlspitze = - 9,05 m,
Mittlerer Durchmesser = 35 cm,
Hebelarme des Zeigers:

Vom Versuchspfehl bis Drehpunkt = 1,25 m,
Vom Drehpunkt bis Zeigerspitze = 5,80 m.

Die Zeigerablesung ist mit $\frac{1,25}{3,8} = 0,324$ zu multiplizieren, um das Setzen des Pfahlkopfes zu erhalten: $\Delta l = 0,324 \Delta s$.

Liste 5

Datum und Zeit	Belastung mit Schienen „S 49“ je 15 m lang		Zeigerablesungen in cm	Setzen des Pfahlkopfes $\Delta l = 0,324 \Delta s$		Belastung	Bemerkungen	
	Anz.	t		am Zeiger in mm	am Pfehl in mm			
6. 1. 1927								
10.00	0	0	1,20	0	0	Unsymmetrisch		
10.05		0,73				„		
bis 10.42	1 bis 9	bis 6,60	1,20	0	0	„		
10.48	10	7,33	1,26	0,6	0,2	„		
10.55	11	8,07	1,23	0,3	0,1	„		
11.00	12	8,80	1,24	0,4	0,1	„		
11.05	13	9,53	1,24	0,4	0,1	„		
11.10	14	10,27	1,24	0,4	0,1	Symmetrisch		
2.00	14	10,27	1,25	0,5	0,2	„		
7. 1. 1927								
8.30	14	10,27	1,25	0,5	0,2	„		
3.20	14	10,27	1,25	0,5	0,2	„		
8. 1. 1927								
12.30	14	10,27	1,25	0,5	0,2	„		
12.35	15	11,00	1,25	0,5	0,2	Unsymmetrisch		
12.50	18	13,20	1,26	0,6	0,2	„		
12.54	19	13,93	1,28	0,8	0,3	„		
12.58	20	14,66	1,28	0,8	0,3	„		
—	—	—	—	—	—	„		
—	—	—	—	—	—	„		
—	—	—	—	—	—	„		
—	—	—	—	—	—	„		
9. 2. 1927								
8.15	122	89,47	2,12	9,2	3,0	Symmetrisch		
4.30	122	89,47	2,12	9,2	3,0	„		
10.2.1927			unverändert					
11.2.1927								
3.50	122	89,47	2,25	10,5	3,4	Symmetrisch		
12.2.1927								
12.05	122	89,47	2,25	10,5	3,4	„		
2.50	123	90,20	2,20	10,0	3,2	Unsymmetrisch		
3.00	124	90,93	2,20	10,0	3,2	„		
3.05	125	91,67	2,21	10,1	3,3	„		
3.09	126	92,40	2,22	10,2	3,3	„		
3.16	127	93,13	2,22	10,2	3,3	„		
3.22	128	93,87	2,24	10,4	3,4	„		
3.30	129	94,60	2,27	10,7	3,5	„		
3.35	130	95,33	2,30	11,0	3,6	Symmetrisch		
13.2.1927								
10.00	130	95,33	2,38	11,8	3,8	„		
5.35	130	95,33	2,41	12,1	3,9	„		
14.2.1927								
8.35	130	95,33	2,45	12,5	4,1	„		
11.50	130	95,33	2,47	12,7	4,1	„		
4.45	130	95,33	2,48	12,8	4,1	„		
15.2.1927								
12.30	130	95,33	2,50	13,0	4,2	„		
5.08	130	95,33	2,52	13,2	4,3	„		
16.2.1927								
8.15	130	95,33	2,53	13,3	4,3	„		
4.15	130	95,33	2,55	13,5	4,4	„		
17.2.1927								
8.00	130	95,33	2,55	13,5	4,4	„		
5.30	130	95,33	2,55	13,5	4,4	„		
18.2.1927								
8.15	130	95,33	2,55	13,5	4,4	„		
12.45	131	96,07	2,52	13,2	4,3	Unsymmetrisch		
12.50	132	96,80	2,50	13,0	4,2	„		
1.00	133	97,54	2,51	13,1	4,2	„		
1.08	134	98,27	2,50	13,0	4,2	„		
1.15	135	99,00	2,51	13,1	4,2	„		
1.20	136	99,73	2,64	14,4	4,7	„		
1.24	137	100,47	2,68	14,8	4,8	„		
1.35	138	101,20	2,80	16,0	5,2	Symmetrisch		
4.20	138	101,20	2,82	16,2	5,2	„		
19.2.1927								
8.00	138	101,20	3,14	19,4	6,3	„		

19. 2. 9 Uhr vorm., Pfehl abgebrochen. Versuch hiermit beendet.

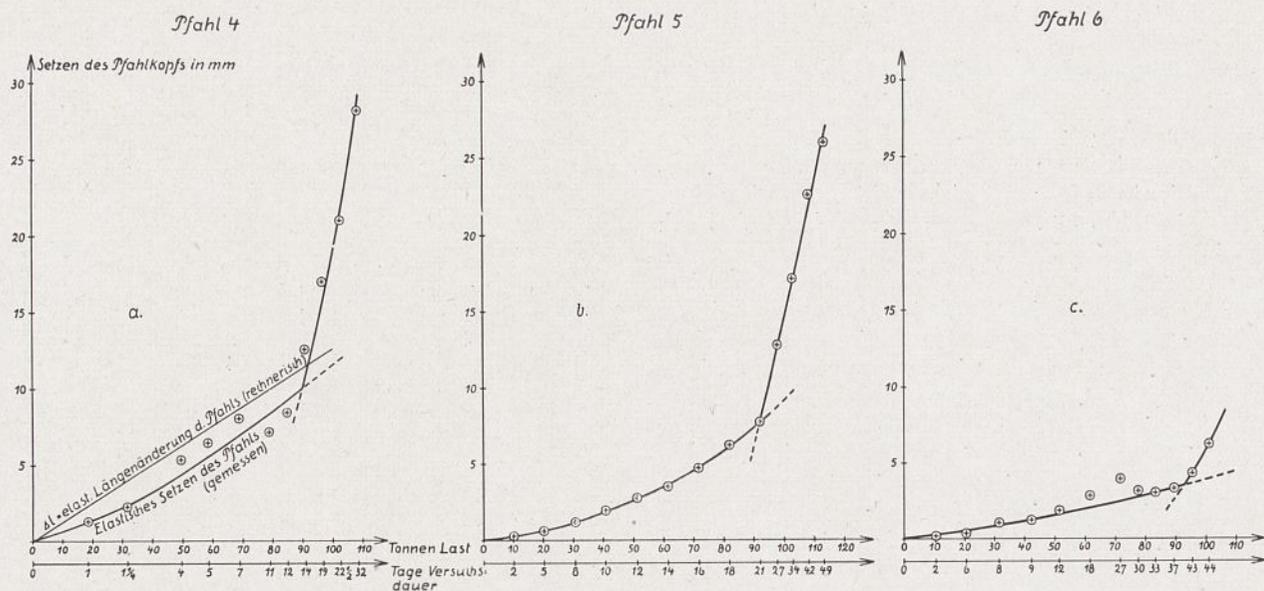


Abb. 9 a, b und c.

In Abb. 9a bis c sind die Sackmaße für den Pfahlkopf bei den drei Versuchen als Kurve zeichnerisch dargestellt. Soweit einzelne Werte stärker von der Kurve abweichen, ist dies, wie weiter oben bereits des Näheren ausgeführt, offenbar auf eine Biegung des Pfahles infolge ungleich starker Verdrückung der Zimmererverbände an den beiden Kopfbändern und dergl. und auf ein Ausschlagen des Zeigers als Folge dieser Biegung zurückzuführen.

Alle drei Sackkurven weisen einen scharf ausgeprägten Knick auf. Denkt man sich den flachen und den steilen Teil der Kurven darüber hinaus verlängert, wie es in Abb. 9 punktiert angedeutet ist, so stellt jede dieser beiden Kurven einen besonderen Versuchsabschnitt dar. Im ersten senkt sich der Pfahlkopf unter der zunehmenden Last nur sehr wenig. Die Sackung ist offenbar nur die Folge einer elastischen Zusammenpressung des Pfahles in seiner Längsrichtung infolge der Auflast, ohne daß die Pfahlspitze ihre Höhenlage ändert. Im zweiten Abschnitt senkt der Pfahlkopf sich mit zunehmender Last wesentlich stärker. Das stärkere Sacken ist offenbar darauf zurückzuführen, daß außer der Zusammenpressung des Pfahles auch die Pfahlspitze in Bewegung geraten ist. Der Schnittpunkt beider Kurven gibt also die „Tragfähigkeit“ an, wobei unter Tragfähigkeit die Grenzlaster verstanden wird, bei welcher die Pfahlspitze noch gerade ihre Höhenlage beibehält.

Nachstehend sind die Ergebnisse in Liste 6 wiedergegeben.

Die in Spalte 6 angegebene Tragfähigkeit der Pfähle ist durch Ablesen von den Kurven Abb. 9a bis c gewonnen. Sie beträgt gemäß Spalte 7 im Mittel der drei Versuche 91,6 t.

Die Tragpfähle der Packhalle 10 entsprechen in ihrer Beschaffenheit und ihren Abmessungen etwa den Versuchspfählen. Auf Grund der Versuchsergebnisse wurde im Standsicherheitsnachweis für die Packhalle die zulässige Belastung des Pfahles mit 40 t angenommen.

Das Maß, um das sich der Kopf des Versuchspfahls bei der Endbelastung gesenkt hatte, betrug gemäß Spalte 9 im Mittel 7 mm und damit im umgekehrten Sinne die Hälfte wie bei den Zugversuchen. Das Sackmaß der Pfahlsitze nahm nach Überschreitung der Tragfähigkeit rasch zu. Zeitlich ging das Sacken sehr langsam vor sich. Das Nähere ist aus Abb. 9 zu entnehmen, in der die Sackmaße als Ordinaten mit den Zeitangaben als Abszissen verglichen werden, z. B. brauchte bei Versuch 4 der Pfahl zum Sacken von 12,6 bis 28,2 mm, also um rd. 1½ cm bei einer stufenweisen Laststeigerung von 90,9 t auf 108,5 t einen Zeitraum von achtzehn Tagen.

Die Tatsache dieses sehr langsamen Sackens ist nicht ohne Bedeutung, da sie die Gefahr für ein Bauwerk herabmindert, falls die Größtbelastungen nur ausnahmsweise und für kurze Zeit wirken, wie der Fall z. B. im Tidegebiet denkbar ist.

Die Steigerung der Last wurde beim Versuch jeweils vorgenommen, wenn der Pfahl eine Reihe von Stunden sich nicht bewegt hatte. Da aber, wie bereits gesagt, die Bewegung außerordentlich langsam vor sich ging und gelegentlich auch nach mehrstündigem Ruhezustand wieder eine Bewegung beobachtet wurde, so ist immerhin nicht ausgeschlossen, daß bei noch langsamerer Durchführung des Versuchs der steilere Ast der Kurven in Abb. 9 sich noch steiler ergeben haben würde. Die Tragfähigkeit des Pfahles und damit das Versuchsergebnis wird aber dadurch nicht nennenswert beeinflusst.

Bei Versuch 4 wurde die Last bis 108,5 t gesteigert (Sackmaß 2,8 cm). Nachdem nach neuntägiger Beobachtung dieser Laststufe noch kein Ruhezustand eingetreten war, wurde der Pfahl entlastet. Dabei ging im Verlaufe einiger Tage die Sackung des Pfahlkopfes von 2,8 cm um die Hälfte auf 1,4 cm zurück. Dieses Maß entspricht etwa der elastischen Verdrückung, wie sie sich unter der Grenzlaster von 90 t ergab und in Abb. 9a dargestellt ist. Bei Pfahl 5 und 6 konnten derartige Beobachtungen nicht angestellt werden, da, wie weiter oben bereits gesagt, die Pfähle am Schluß der Belastung beschädigt waren.

Liste 6

Pfahl Nr.	Ordinate		Länge im Boden in m	Mittlerer Durchmesser in cm	Pfahlmantel im Boden in qm	Tragfähigkeit in t	Mittelwert der Spalte 6 in t	Sackmaß der Pfahlspitze bei Last gemäß Spalte 6 in mm	Mittelwert der Spalte 8 in mm	Bemerkungen
	der Pfahlspitze in m	der Erdoberfläche in m								
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	-8,46	+3,79	12,25	35	11,78	90,0	} 91,6	9	} 7	
5	-7,93	+3,74	11,67	33,5	10,28	92,4		8		
6	-9,05	+3,50	12,55	33	10,73	92,5		4		

B. Zugfestigkeit im Beton.

Zur Vornahme eines Versuchs über den Zugwiderstand der Rammpfahlköpfe im Beton gab die Errichtung der Mole am Außenvorhafen zur neuen Doppelschleuse Anlaß. Der Pfahlrost der Mole ist, wie aus Abb. 10 ersichtlich, in sich symmetrisch ausgebildet, da er sowohl dem Erddruck eines Watts und den Wellenstößen von der Rückseite her als auch Schiffsstößen und Wellenstößen von der Vorderseite her ausgesetzt ist, ohne daß diese wie bei Kaimauern von der Hinterfüllung aufgenommen werden. Die Beanspruchung der Pfähle wechselt dementsprechend. Es mußten also alle Pfähle sowohl als Druck- als auch als Zugpfähle wirken können.

Die Wirkung als Zugpfahl bedingt ein tiefes Eingreifen der Pfähle in den Beton. Da nun alle Pfähle hoch in den Beton hineinragen, erschien die Anordnung eines verzimmerten Rostes nicht zweckmäßig. Die Pfahlköpfe ragen vielmehr ohne jegliche Holzverbindung untereinander in den Beton hinein, der die Verbindung der Pfähle und den Ausgleich der Kräfte bewirkt. Der Beton ist also „reitend“ angeordnet.

Diese Anordnung hat sich als technisch und wirtschaftlich sehr günstig erwiesen und ist daher ebenfalls bei den später errichteten Kaimauern an beiden Ufern des neuen Hafens in Wesermünde—Geestemünde und inzwischen auch in gewissem Umfange bei der neuen Ernst-August-Schleuse in Harburg-Wilhelmsburg angewandt worden.

Zur besseren Herbeiführung eines Zusammenwirkens der abwechselnd geneigten Pfahlreihen sind im unteren Teil des Betonkörpers längs und quer gelegte Rundeisen angeordnet. Die neben den Pfählen auftretenden Schubspannungen werden durch aufgebogene Eisen und durch Bügel aufgenommen.

Bei der Kaimauer am Ostufer des neuen Hafens lag der Untergrund zur Zeit der Bauausführung so hoch, daß der Beton unmittelbar auf den Erdboden (aufgespülter Sand) ohne Holzunterlage eingebracht werden konnte. Bei der Mole und der Kaimauer am Westufer des neuen Hafens stand der obere Teil der Pfähle in erheblicher Länge frei. Hier mußte daher vor dem Betonieren zunächst ein Bohlenbelag als unterwärtige Schalung angebracht werden. Sie wurde auf doppelten Querzangen an der Druckpfahlreihe jeden Pfahljochs befestigt. Die Querzangen und der Bohlenbelag bilden aber keinen Bestandteil des Bauwerks, sondern nur eine Hilfsmaßnahme zur Ermöglichung der Bauausführung. Wenn sie trotzdem nach Beendigung der Betonierung nicht beseitigt worden sind, so hat das seinen Grund lediglich darin, daß die Beseitigung sehr schwierig gewesen wäre und daß sie sich daher wirtschaftlich nicht gelohnt haben würde.

Da der Beton im Gußverfahren eingebracht wurde, mußte die untere Schalung stark ausgebildet und sehr sorgfältig angebracht werden. Nach den gemachten Erfahrungen empfiehlt es sich, die Querzangen nicht weniger als 8 cm weit auf die Pfähle aufzulagern. Bei der Mole wurde zur Vermeidung von Ueberlastungen der unteren Schalung nach dem Einbringen des 1 m starken eisenbewehrten unteren Teiles des Betons vor dem Einbringen des oberen Betons vorsichtshalber eine mehrtägige Abbindepause eingelegt.

Um eine zugfeste Verbindung zwischen dem Beton und den Köpfen der Zugpfähle zu erreichen, wurden die letzteren, soweit wie sie im Beton steckten, konisch bearbeitet. Durch die konische Ringfläche könnten im umgebenden Beton Rißbildungen verursacht und Betonschalen abgesprengt werden. Um derartigen Zerstörungen vorzubeugen, ist der Beton mittels einer um den Pfahlkopf gelegten Drahtspirale bewehrt worden. Damit die Spirale sich nicht in der Pfahlrichtung auseinanderziehen kann, sind vier senkrechte Verbindungseisen angeordnet und diese augenförmig um die einzelnen Windungen der Spirale geschlungen.

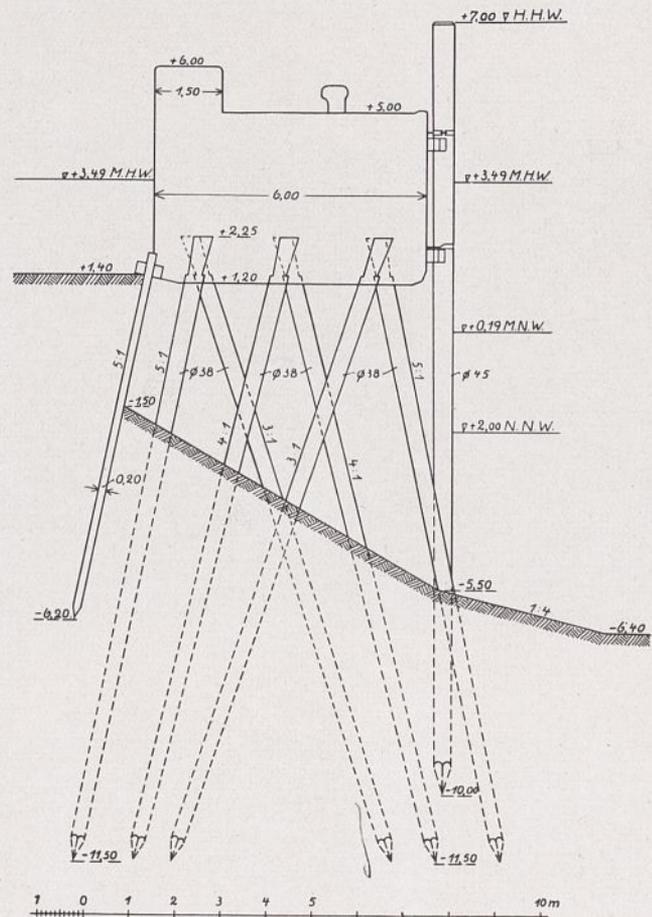


Abb. 10.

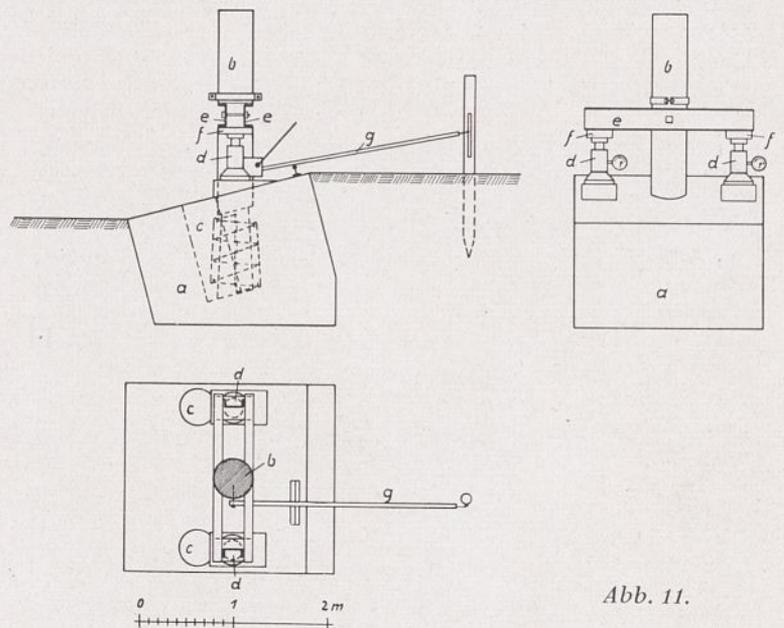


Abb. 11.

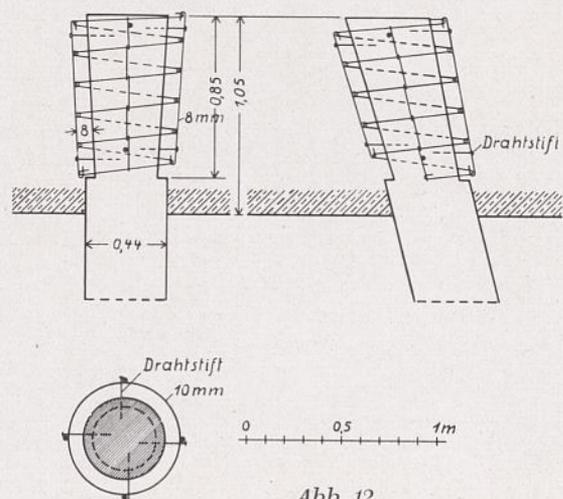


Abb. 12.

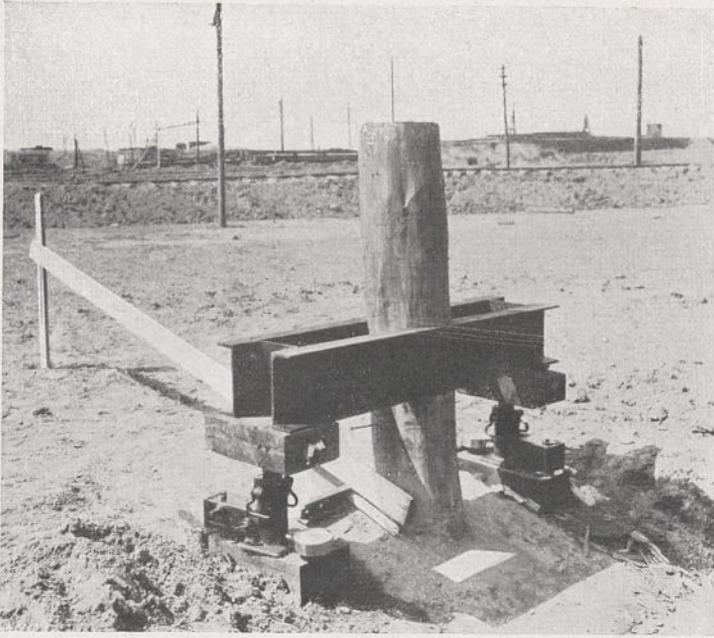


Abb. 15.

Die Einzelheiten der Ausführung sind aus den Abb. 11 bis 14 ersichtlich. Da über diese Ausführungen noch keine Erfahrungen vorlagen, wurde ihre Eignung vor Baubeginn der Mole durch einen Versuch nachgeprüft. Es wurde ein etwa 1 cbm großer Betonblock mit darin steckenden Pfahlköpfen in natürlicher Größe in genau derselben Weise ausgeführt, wie sie bei der Mole zur Ausführung kommen sollte, also mit konischer Bearbeitung des Pfahlkopfes und Drahtspiralbewehrung. Lediglich die Eisenbewehrung des Betons, wie sie bei der Mole vorgesehen war, wurde als für die Ausführung des Versuchs nicht erforderlich fortgelassen. Bei der gewählten Größe des Betonblocks a

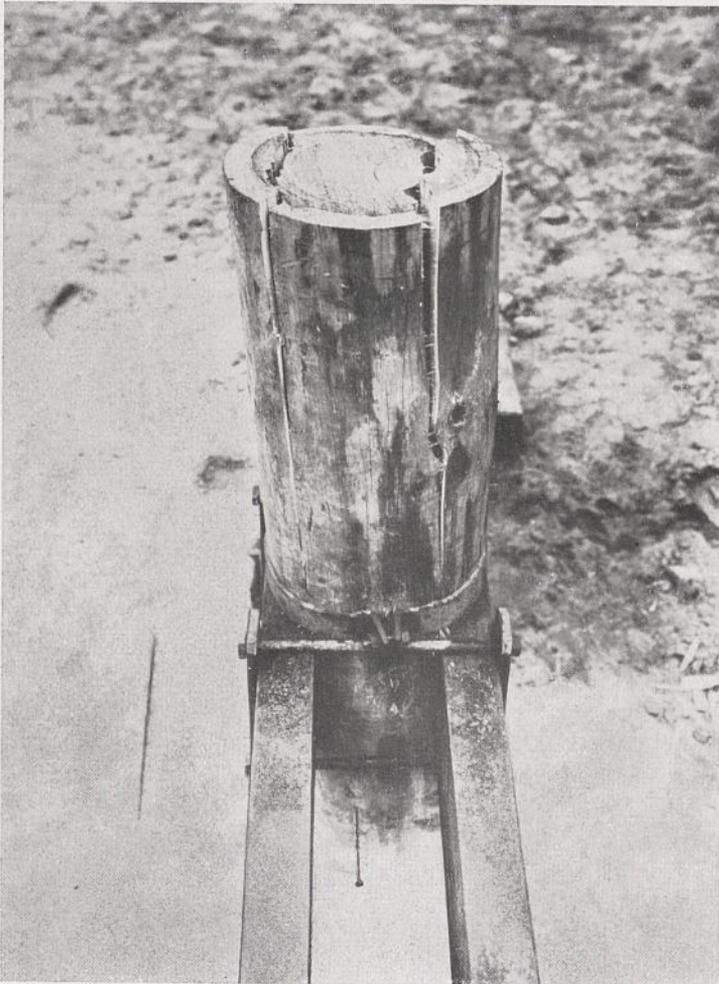


Abb. 14.

(s. Abb. 11) mußten entsprechend dem Neubautwurf drei Pfahlköpfe b und c angeordnet werden. Davon wurde einer (Pfahl b) zur Ausführung des Versuchs benutzt. Die beiden anderen (Pfähle c) wurden am Beton abgeschnitten. Sie wurden lediglich deswegen mit einbetoniert, damit das Modell in jeder Weise der späteren wirklichen Ausführung der Mole entspräche. Zur Erleichterung der Versuchsdurchführung wurde es auf den Kopf gestellt, so daß der Zugpfahl mit seinem Kopfende nach unten statt nach oben zeigte*).

Die Zugkraft auf den Pfahl b wurde mit Hilfe von 2 Stück Oelpressen d derselben Art, wie sie zu den im Abschnitt A 2 beschriebenen Versuchen benutzt wurden, ausgeübt. Sie waren auf den Betonkörper a gesetzt und drückten von unten her gegen die beiden U-Eisen Nr. 24 e, die an den Pfahl angeblattet waren. Der Stempeldruck der Pressen auf die Träger e wurde durch je ein Eichenholz f übertragen. Die etwaigen Bewegungen des Pfahlkopfes wurden mit Hilfe eines zweiarmigen Hebels g in ähnlicher Weise wie bei den in Abschnitt A 2 und A 5 beschriebenen Versuchen beobachtet.

Aus nebenstehender Liste 7 geht hervor, daß der Versuch bis zu einer Endlast von 42,5 t durchgeführt werden konnte. Bei dieser Last wurde der Pfahl durch die U-Eisen abgesichert und eine Fortsetzung des Versuchs unmöglich gemacht (Abb. 14).

Bei den Versuchen hat sich der Pfahlkopf bis zu 2½ mm aus dem Beton herausgezogen. Diese Bewegung ist, wie das Ergebnis erkennen läßt, wenigstens z. T. elastischer Natur und offenbar zurückzuführen in ihrem unelastischen Teil auf innigeres Anlegen des Betons an den Pfahlkopf und in ihrem elastischen Teil auf Zusammensetzung des Betons an der konischen Berührungsfläche mit dem Beton infolge der ausgeübten Zugkraft. Irgendwelche Zerstörungserscheinungen wurden nicht beobachtet.

Mit der erreichten Last von 42,5 t war bereits die rechnerisch zu 26,8 t ermittelte Belastung im Bauwerk erheblich überschritten. Nach dem Verlauf des Versuchs Bestand kein Zweifel, daß der Pfahl noch erheblich höheren Zugwiderstand im Beton hatte als die ermittelten 42,5 t, so daß angenommen werden konnte, daß die Zugfestigkeit im Beton mindestens gleichwertig der im Boden war.

Das Versuchsergebnis wurde daher als befriedigend angesehen und von einer Fortsetzung bzw. Wiederholung Abstand genommen.

C. Zusammenfassung.

Gelegentlich der Einschleusung und Erweiterung des Fischereihafens in Wesermünde-Geestemünde wurden Belastungsversuche an Holzrammpfählen vorgenommen zur Feststellung der Tragfähigkeit auf Druck und Zug im Untergrunde, und zwar wurden je 3 Pfähle auf Zug und auf Druck belastet. Außerdem wurde an einem Modell die Zugfestigkeit eines Pfahlkopfes im reitenden Beton ermittelt.

Zu A. 2: Zugfestigkeit im Untergrunde.

Von den gezogenen Pfählen standen 2 Stück mit ihrer Spitze im Sand, im übrigen aber in Schlick- und Kleischichten, während beim dritten auch die Spitze nicht bis in den Sand reichte. Im Mittel der drei Versuche wurde eine Tragfähigkeit (Reibungswiderstand am Umfang) von $\sigma = 5,79 \text{ t/qm}^{**}$ festgestellt. Bei dem Pfahl, dessen Spitze nicht bis in den Sand hinunterreichte und der infolgedessen nur mit Klei- und Schlickschichten in Berührung stand, betrug die Tragfähigkeit trotzdem noch $\sigma = 5,26 \text{ t/qm}$ (geringster Wert). Der größte festgestellte Wert betrug $\sigma = 4,22 \text{ t/qm}$.

Diese Zahlen stellen die Grenzwerte dar, bei denen der Pfahl noch wieder zur Ruhe kam.

*) Die Länge des Pfahlkopfes im Beton betrug 1,05 m.

**) Siehe den Zusatz der Schriftleitung am Schluß auf Seite 24.

Liste 7.

Zeit	Presse I u. II		Senkr. Pfahlbewegung		Beobachtungen und Bemerkungen
	je at	zus. Zugkraft in t	Zeigerablesung in cm	der Pfahl hat sich gehoben um cm	

Versuch I.

14. 5. 1924					Zeigerübersetzung 69 : 272
3.00	0	0	0	0	
	50	3,8	0	0	
	100	7,7	0	0	
	150	11,5	0	0	
3.01	200	15,4	0	0	
3.03	250	19,2	0,1	0,025	Fuge westl. zwischen Pfahl u. Beton auf $\frac{1}{6}$ des Pfahlumfanges.
3.05	300	23,1	0,15	0,038	Fuge westl. zwischen Pfahl u. Beton auf $\frac{1}{2}$ des Pfahlumfanges, Pfahl westl. $\frac{1}{2}$ mm aus dem Beton herausgezogen.
3.07	350	26,9	0,35	0,089	Fuge westl. zwischen Pfahl u. Beton auf $\frac{2}{3}$ des Pfahlumfanges, wie vor rd. 1 mm.
3.10	400	30,8	0,6	0,153	Fuge westl. zwischen Pfahl u. Beton auf $\frac{3}{4}$ des Pfahlumfanges, wie vor rd. $1\frac{1}{2}$ mm. Der Pfahl beginnt östl. über dem östl. \square -Eisen abzuscheren, Riß 50 cm lang.
3.14	450	34,6	0,75	0,190	Druck geht bis 3,16 auf 420 at zurück (Undichtigkeit einer Presse) und wird wieder auf 450 at gebracht.
3.16	450	34,6	0,85	0,217	Fuge zwischen Pfahl u. Beton auf $\frac{5}{6}$ des Pfahlumfanges.
3.19	450	34,6	0,95	0,242	Fuge zwischen Pfahl u. Beton ringsum.
3.20	0	0	0,65	0,165	Die Scherrisse über dem östl. \square -Eisen auf ganzer Pfahlkopflänge und 5,20 wird der Versuch unterbrochen, um den Pfahl auszubessern.

Versuch II.

19. 5. 1924					Zeigerübersetzung 0,50 : 5,42
9.40	0	0	0,4	0	Die Pressen sind exzentrisch unter die \square -Eisen nach der Westseite hin gesetzt, um die am 14. 5. bei Versuch I durch Scherrißbildung beschädigte Ostseite d. Pfahles zu entlasten.
	50	3,8	0,4	0	
	100	7,7	0,4	0	
	150	11,5	0,55	0,022	Die alte Fuge aus Versuch I zwischen Pfahl und Beton läßt erkennen, daß der Pfahl sich auf der Westseite aus dem Beton herauszieht.
9.41	200	15,4	0,70	0,044	Weiteres Herausziehen.
9.43	250	19,2	0,80	0,059	Knistern im Scherriß über dem \square -Eisen auf der Ostseite. Schließen der Fuge zwischen Pfahl u. Beton auf der Ostseite.
	300	23,1	0,95	0,080	
9.45	350	26,9	1,10	0,103	Knacken im Pfahl.
9.48	400	30,8	1,30	0,132	Am Pfahl auf der Ostseite kl. Kieselkorn abgeplatzt, Druck geht langsam zurück (Undichtigkeit einer Presse) u. wird von nun ab durch Nachpumpen stets auf der beabsichtigten Höhe gehalten.
9.49	450	34,6	—	—	
9.50	500	38,4	2,10	0,248	Kleine Betonschalen bis 1 cm ² Größe springen an der Ostseite des Pfahles ab.
9.52	0	0	0,80	0,059	Die \square -Eisen werden windschief, daher wird der Versuch durch Entlasten der Pressen abgebrochen. Bei Entlastung des Pfahles ist eine Horizontalbewegung des Pfahlkopfes deutlich erkennbar.

Zeit	Presse I u. II		Senkr. Pfahlbewegung		Beobachtungen und Bemerkungen
	je at	zus. Zugkraft in t	Zeigerablesung in cm	Der Pfahl hat sich gehoben um cm	

Versuch III.

9.59	0	0	0,8	0	Die Pressen sind wieder exzentrisch unter die \square Eisen gesetzt.
	50	3,8	0,8	0	
10.00	100	7,7	0,95	0,022	Es ist wieder wie bei Versuch II eine wagerechte Bewegung des Pfahlkopfes erkennbar, die auf Drehbewegung infolge exzentrischer Belastung schließen lassen. Deshalb wird der Versuch abgebrochen und eine Meßvorrichtung für die wagerechten Bewegungen am Pfahlkopf angebracht.
	150	11,5	1,00	0,029	
	200	15,4	1,05	0,037	
	250	19,2	—	—	
10.01	0	0	0,85	0,007	

Zeit	Presse I u. II		Senkrechte Pfahlbewegung		Wagerechte Pfahlbewegung		Bemerkungen
	je at	Zugkr. zus. in t	Zeigerables. in cm	Pfahlbeweg. in cm	Zeigerables. in cm	Pfahlbeweg. in cm	

Versuch IV.

19. 5.							
10.07	0	0	0,85	0	1,70	0	
	50	3,8	0,95	0,014	1,70	0	
10.08	100	7,7	1,00	0,022	1,76	0,06	
	150	11,5	1,10	0,037	1,84	0,14	
	200	15,4	1,20	0,051	1,91	0,21	
	250	19,2	1,20	0,051	2,00	0,30	
10.09	300	23,1	1,30	0,066	2,08	0,38	
10.11	350	26,9	1,40	0,081	2,12	0,42	
					2,14 ^{*)}	0,44	
10.11,5	400	30,8	1,45	0,088	2,21	0,51	*) nachträglich gestiegen.
10.13	450	34,6	1,55	0,103	2,32	0,62	Die bei der exzentrischen Belastung windschief gewordenen \square Eisen haben sich wieder gerader gebogen.
			1,60 ^{*)}	0,110	2,34 ^{*)}	0,64	
10.16			1,65 ^{*)}	0,117	2,36 ^{*)}	0,66	*) nachträglich gestiegen. Ribbildung im Beton, anscheinend abplatzende Schalen.
10.18			1,65	0,117	2,36	0,66	
10.20			1,65	0,117	2,37	0,67	
10.22	450	34,6	1,65	0,117	2,37	0,67	
10.22	500	38,4	1,80		2,50	0,80	
10.25	500	38,4	1,85		2,52	0,82	
10.25	550	42,3	1,90		2,54	0,84	Alter Scherriß an Ostseite über dem \square Eisen knistert stark.
10.25	550	42,3	2,05		?	?	Alter Scherriß schert ganz ab, der Druck springt von 550 at auf 400 at zurück.
10.26	400	30,8	1,65	0,117	?	?	Um 10.27 schert mit einem Knall der Pfahl auch an der Westseite ab, der Druck springt zurück auf 200 at. Die wagerechte Bewegung des Pfahles läßt sich nicht mehr ablesen, da d. Vorrichtung beim Abscheren des Pfahles unbrauchbar geworden ist.
10.27	200	15,4	1,50		?	?	
10.30	0	0	1,15		?	?	Um 10.50 wird der Versuch durch Entlastung der Pressen eingestellt.

Zu A 3: Zugfestigkeit im Untergrunde.

Die Druckpfähle ragten mit der Spitze in den Sand, standen sonst aber im wesentlichen ebenso wie die Zugpfähle nur in Klei- und Schlickschichten. Es ergab sich im Mittel der drei Versuche bei einer Pfahllänge im Boden von 12,00 m und einem Mittendurchmesser von 55 bis 55 cm eine Tragfähigkeit von 91,6 t, unter Tragfähigkeit die Grenzbelastung verstanden, bei der die Pfahls Spitze noch nicht in Bewegung geriet.

Zu B.: Zugfestigkeit im Beton.

Auf einem konisch bearbeiteten Holzpfahlkopf von 44 cm \varnothing , der 105 cm in den Beton hineinragte und mit einer Drahtspirale bewehrt war, wurde eine Zugkraft von 42,5 t ausgeübt, ohne daß die Verbindung zwischen Beton und Pfahlkopf beschädigt wurde. Bei dieser Last wurde der Versuch wegen Beschädigung der Versuchseinrichtung abgebrochen.

Schlußwort:

Es drängen sich noch eine Reihe von Fragen auf, die durch vorstehende Versuche nicht geklärt sind, z. B.: Wie groß ist der zahlenmäßige Einfluß der größten Reibung des Sandes gegenüber den weicheren Schichten? Ist die Mantelreibung bei Druckpfählen ebenso groß wie bei Zugpfählen? (Wenn ja, dann würde der Unterschied in der Tragfähigkeit gleichartiger Zug- und Druckpfähle bzw. in der Zug- und Druckfestigkeit desselben Pfahles gleich dem Widerstand der Spitze sein?) Es wären noch weitere Versuche nötig, um solche Feststellungen machen zu können. Erwünscht wäre es, wenn so viele Versuche in verschiedenen (aber gleichartigen) Bodenarten gemacht würden, daß man für die Hauptbodenarten Einheitswerte für die Mantelreibung auf Zug und Druck ermittelte.

Bei der ständig wachsenden Bedeutung der Pfahlgründung im Hoch- und Tiefbau ist aber vor allem dringend erwünscht, daß bei anderen Bodenarten etwa bereits gemachte Untersuchungen veröffentlicht werden. Es würde sehr zu begrüßen sein, wenn die vorstehenden Ausführungen dazu Anlaß geben würden.

*

Zusatz der Schriftleitung.

Bei der Gründung der 5. Neckarbrücke (Ernst-Walz-Brücke) in Heidelberg sind von der Aktiengesellschaft Wayß u. Freytag zwei Zugversuche an Eisenbetonpfählen des südlichen Landwiderlagers durchgeführt worden. Dabei wurde bei einer Rammtiefe von 8 m eine Zug-Tragfähigkeit von 78 t, d. h. von etwa 7,6 t je qm Pfahlmantelfläche, also der doppelte Wert wie in Geestemünde, erreicht. Wie wir mit Genehmigung der Firma ihren „Technischen Blättern“ 1928 entnehmen, waren zur Aufnahme des Kämpferschubes der Brücke Reihen von bockartig angeordneten Zug- und Druckpfählen vorgesehen. Die Versuche wurden ausgeführt, bevor die Druckpfähle gerammt waren. Die Versuchsergebnisse sind also ungünstiger als die Verhältnisse beim fertigen Bauwerk, da die bodenverdichtende Wirkung der nachträglich gerammten Druckpfähle durch die Versuche nicht erfaßt ist.

Die Zugpfähle waren nach unten konisch verstärkt mit einem Querschnitt von 30/30 am Pfahlkopf und 55/55 am Pfahlfuß ausgebildet. Sie waren 10 m lang und 8 m eingerammt. Der Untergrund bestand bis 8 m unter Fundamentsohle aus teils mehr, teils weniger festem Kies mit Findlingen, der teilweise von 30 bis 40 cm starken feinen Sandschichten durchsetzt war. Die größeren Tiefen zeigten festen gewachsenen Kies.

In nachstehender Liste 8 sind die gezogenen Probepfähle mit I und II bzw. die Bewegung der Köpfe nach oben mit positiven Vorzeichen, die jeweils benachbarten gedrückten

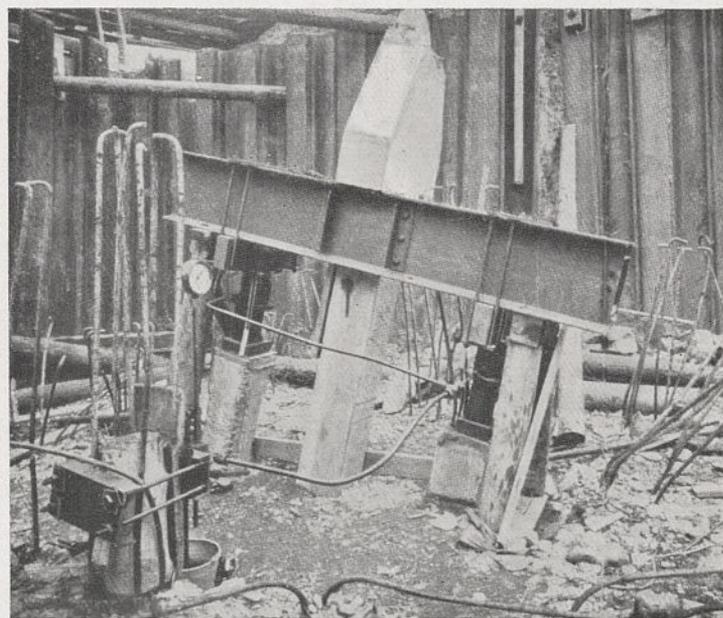


Abb. 15. Anordnung der Pfahlzugversuche bei der Ernst-Walz-Brücke in Heidelberg.

Liste 8.

Ausgeübte Zugkraft in t	Mantelreibung bei Pfahl I-bezw. II in t/qm	Probepfahl I 884 Schläge mit 4 t-Dampfbär, Eindringung bei letzter Hitze 3 cm			Probepfahl II 876 Schläge mit 4 t-Dampfbär, Eindringung bei letzter Hitze 6 cm		
		Verschiebung in mm			Verschiebung in mm		
		1	I	2	3	II	4
34,7	3,4	—	—	—	—	—	—
52,0	5,1	5	8	4	—	—	2
60,6	5,9	8	11	6	5	8	5
68,3	6,7	9	18	8	9	11	8
78,0	7,6	10	20	9	10	19	10

Pfähle mit 1,2 und 3,4 bzw. deren Bewegung mit negativem Vorzeichen eingetragen.

Bei den Versuchen (vgl. Abb. 15, Versuchsanordnung) wirkte die Belastung der einzelnen Laststufen je 5 Minuten auf den Pfahl. Die Ablesungen wurden mit Instrumenten jeweils vor und nach Ablauf einer Laststufe gemacht, wobei sich Änderungen während dieser Zeit nicht zeigten. Die Versuche sind wegen Grenze der Pressenleistung nicht bis zum endgültigen Herausziehen der Probepfähle fortgeführt, sondern vorher abgebrochen. Die Grenzlast für die Pfähle lag demnach möglicherweise noch höher als die Versuchsergebnisse von 78 t Zug mit 7,6 t/qm Reibungswiderstand am Pfahlumfang. Andererseits sind aber die Versuche sehr rasch durchgeführt. Bei den Geestemünder Versuchen hat sich gezeigt, daß der Kräfteausgleich im Untergrund langsam vor sich geht. Es ist daher immerhin möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich, daß bei den Heidelberger Versuchen die Tragfähigkeit der Pfähle zum Schluß bereits überschritten war und die Pfähle daher bei längerem Einwirken der Kraft in Bewegung gekommen wären.

Wayß u. Freytag würden des Dankes der technischen Mitwelt sicher sein, wenn sie weitere Versuche mit möglichst langer Einwirkung jeder Laststufe und Steigerung der Last bis zum endgültigen Ziehen ausführen und die Ergebnisse veröffentlichen ließen.