

VERSUCHE MIT MEHRTEILIGEN HÖLZERNE STÜTZEN.

Von Otto Graf, Stuttgart.

Mit früheren Versuchen wurde zunächst aufmerksam gemacht, daß in mehrteiligen Holzstützen üblicher Bauart ein kleineres Trägheitsmoment wirksam ist als die gewöhnliche Rechnung voraussetzt; was für Stahlstützen als zutreffend erwiesen war, ließ sich auf Holzstützen nicht übertragen, weil die Querverbindung in den Holzstützen verhältnismäßig nachgiebig ist; es liegen andere Verhältnisse vor als in genieteten Stahlstützen¹. Sodann ist untersucht worden, wie sich in gegliederten Holzstützen die Art der Querverbindungen (einfach und mehrfach verschraubt, geleimt; Federschrauben im freien Teil zwischen den Querhölzern) geltend macht². Auch der Einfluß der Größe der Spreizung wurde verfolgt³.

Wichtig war schließlich die statistische Auswertung der Versuche in bezug auf die Streuung der Werte unter praktisch gleichen Bedingungen auf den Einfluß der Beschaffenheit der Hölzer usw.¹

Bei den Beratungen über die derzeitigen Normen (DIN 1052, § 7) sind die Ergebnisse der Versuche weitgehend berücksichtigt worden; Beobachtungen an ausgeführten Bauwerken haben die Auffassungen unterstützt, die aus den Versuchsergebnissen entwickelt waren. Doch waren sich die Beteiligten einig, daß eine weitere Vertiefung der Erkenntnisse anzustreben ist und daß die derzeitigen Vorschriften für die Stützen nur als vorläufige anzusehen seien. U. a. wurde seinerzeit von Herrn Prof. Dr.-Ing. Maier-Leibnitz aufmerksam gemacht, daß die Belastung der Stütze unter praktischen Verhältnissen nicht selten anders erfolge als beim Versuch; auch sei der Einfluß der Querverbindungen an den Stützenenden bei den Versuchen noch kleiner als bisher angenommen worden sei.



Abb. 1.

Bei den Versuchen wurden die gegliederten Stützen auf den Stirnflächen unter Zwischenschalten starker eiserner Platten gemäß Abb. 1 belastet. Diese Art der Belastung trifft die praktischen Verhältnisse jedenfalls hinreichend, wenn die Stütze auf einem Fundament steht und wenn die Belastung der Stütze durch verhältnismäßig steife Druckplatten in die Stütze gelangt. In anderen Fällen werden die Kräfte seitlich durch Dübel, Laschen und Schrauben in die Stützen geführt. Ob hierbei günstigere oder ungünstigere Verhältnisse als beim Versuch vorliegen, soll durch spätere Versuche erkundet werden.

Wichtiger erschien zunächst, festzustellen, wie die Tragkraft gegliedert Stützen beeinflusst wird, wenn die Übertragung der Kräfte durch die Stirnflächen der Stützen mittelst steifer Druckplatten erfolgt. Damit wird erkennbar, ob der Einfluß der Querverbindungen an den Stützenenden an sich überschätzt wird. Hierzu sind die Versuche unter Ziff. 1 bis 3 ausgeführt worden⁴.

1. Versuche mit Stützen nach Abb. 2 bis 5.

Aus einem gerade gewachsenen Fichtenstamm wurden rd. 1 m lange Stäbe von 50 mm Breite und 12 bzw. 28 mm Stärke derart

¹ Vgl. u. a. Festschrift der Technischen Hochschule. Stuttgart 1929, S. 119 f., sowie Bauing. 9 (1928), S. 209.

² Vgl. u. a. Forschungsheft 319, VDI-Verlag 1930, sowie Bautechn. 12 (1934), S. 263

³ Vgl. u. a. Bauing. 12 (1931), S. 864, ferner Bautechn. 12 (1934), S. 266.

⁴ Die Ausführung der Versuche hat Herr Dr.-Ing. E g n e r besorgt.

entnommen, daß jeder Stab in sich tunlichst gleichartiges Holz aufwies. Das Holz war lufttrocken und so gelagert, daß die Feuchtigkeit der Stäbe als gleich angenommen werden konnte. Die Stäbe wurden sorgfältig gehobelt und an den Enden mit ebenen und parallelen Druckflächen versehen.

Durch Biegeversuche wurde der Elastizitätsmodul der federnden Formänderungen für alle Stäbe bestimmt, vgl. Tab. 1.

Tab. 1. Elastizitätsmodul der Holzstäbe.

Versuchskörper	Spannungsstufe kg	Elastizitätsmodul E kg/cm ²	Versuchskörper	Spannungsstufe kg	Elastizitätsmodul E kg/cm ²
A 1	19,9 ÷ 54,1	171 700	I b 3	0 ÷ 34,4	95 000
	19,9 ÷ 88,3	171 100		0 ÷ 68,9	94 000
	19,9 ÷ 122,5	170 700		0 ÷ 34,8	172 000
A 2	20,0 ÷ 54,3	178 500	II c 1	0 ÷ 69,6	169 000
	20,0 ÷ 88,6	176 200		0 ÷ 34,8	161 000
	20,0 ÷ 122,9	175 400		0 ÷ 69,6	160 000
A 3	19,9 ÷ 54,1	165 900	II a 2	0 ÷ 38,4	124 000
	19,9 ÷ 88,3	166 400		0 ÷ 76,7	122 000
	19,9 ÷ 122,5	167 200		0 ÷ 37,6	169 000
A 4	20,0 ÷ 54,4	166 600	II a 5	0 ÷ 75,2	167 000
	20,0 ÷ 88,7	167 200		0 ÷ 37,6	138 000
	20,0 ÷ 123,1	168 100		0 ÷ 75,2	136 000
B 1	20,0 ÷ 54,3	176 600	II b 5	0 ÷ 38,2	144 000
	20,0 ÷ 88,6	173 400		0 ÷ 76,5	141 000
	20,0 ÷ 122,9	173 400		0 ÷ 38,4	159 000
			II d 3	0 ÷ 76,7	157 000
				0 ÷ 38,9	154 000
			II d 4	0 ÷ 77,8	153 000

Dann wurde für alle Stäbe mit dem durch den Biegeversuch ermittelten Elastizitätsmodul die Knickeinrichtung unter der Voraussetzung, daß Spitzenlagerung herrscht, nach Euler berechnet (vgl. Sp. 4 der Tab. 2). Für einen Teil der Stäbe ist weiterhin der Knickeinrichtung nach Abb. 2 ausgeführt worden⁵. Dabei fand sich die Knickeinrichtung nach Sp. 5 der Tab. 2; Rechnung und Versuch standen hiernach in befriedigender Übereinstimmung.

Nun folgte für vier Stäbe der Versuch nach Abb. 3; die Kugellagerung nach Abb. 2 fiel weg; der Stab stützte sich jetzt unmittelbar auf die Druckplatten der Prüfmaschine. Diese Druckplatten waren beim Versuch durch Stellschrauben an Eigenbewegungen gehindert. Die Knickeinrichtungen vom Versuch nach Abb. 3 finden sich in Spalte 7 der Tab. 2. Selbstverständlich sind die Knickeinrichtungen beim Versuch nach Abb. 3 viel höher geworden als beim Versuch nach Abb. 2; die Verhältniszahlen der Knickeinrichtungen sind in Spalte 7 in Klammern beigefügt; sie betragen 2,9 bis 3,2, im Mittel 3,1.

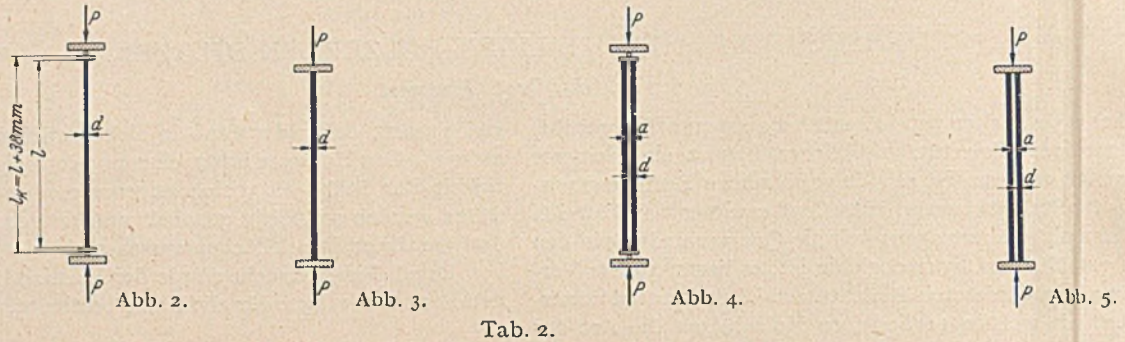
Diesen Feststellungen ist der für die gestellte Aufgabe besonders wichtige Versuch nach Abb. 4 gefolgt. Zwei Stäbe wurden im Abstand a zwischen die Druckplatten gestellt; die Platten waren wie beim Versuch nach Abb. 2 mit Kugeln gestützt. Es sollte bei

⁵ Diese Versuche sind z. T. am Schluß der gesamten Versuche ausgeführt worden.

dem Versuch nach Abb. 4 ermittelt werden, ob die zwei Stäbe nur die Lasten tragen, welche der Versuch nach Abb. 2 lieferte, wie gewöhnlich angenommen wird, oder ob sie sich einzeln wie bei der Prüfung nach Abb. 3 verhalten. Die Ergebnisse finden sich in Spalte 11 der Tab. 2. Hiernach trugen die Stäbe das 2,2 bis 3,2fache der Last, welche bei der Prüfung nach Abb. 2 getragen wurde.

und die gut mit den Belastungen übereinstimmen, die bei der Prüfung nach Abb. 3 ermittelt wurden.

Im ganzen zeigen uns die Versuche der Tab. 2, daß der Knickwiderstand von zwei Stäben, die zwischen gemeinsamen eisernen Druckplatten stehen, mit der Kugelstützung der Platten nach Abb. 4 viel höher ist als der Widerstand, der sich aus der Summe



Tab. 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bezeichnung des Versuchskörpers ¹	l mm	d mm	Berechnete ² Knicklast P _k kg	Durch den Versuch nach Abb. 2 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	Durch den Versuch nach Abb. 3 ermittelte Knicklast P _k kg	Verwendete Versuchskörper	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 4 ermittelte Knicklast P _k kg	Verwendete Versuchskörper	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 5 ermittelte Knicklast P _k kg
A 1 I	992	12	123	136										
A 1 II	992	12	123	125	992	397 (3,2)					A 1 II u. A 4 I	998	12	844 (3,4)
A 4 I	992	12	120	124	992	363 (2,9)	A 4 I u. A 4 II	998	12	787 (3,2)				
A 4 II	992	12	120	125										
A 1	1000	28	1450				A 1 u. A 4	1000	12	6270 (2,2)				
A 2	1000	28	1490	1475	1000	4665 (3,2)	A 2 u. A 3	1000	12	7360 (2,5)				
A 3	1000	28	1410				A 2 u. A 3	1000	50	7740 (2,7)				
A 4	1000	28	1410				A 1 u. A 4	1000	50	7030 (2,5)				
B 1	1000	28	1470	1450	1000	4470 (3,1)	A 2 u. B 1	1000	12	7740 (2,6)	A 2 u. B 1	1000	12	8930 (3,0)

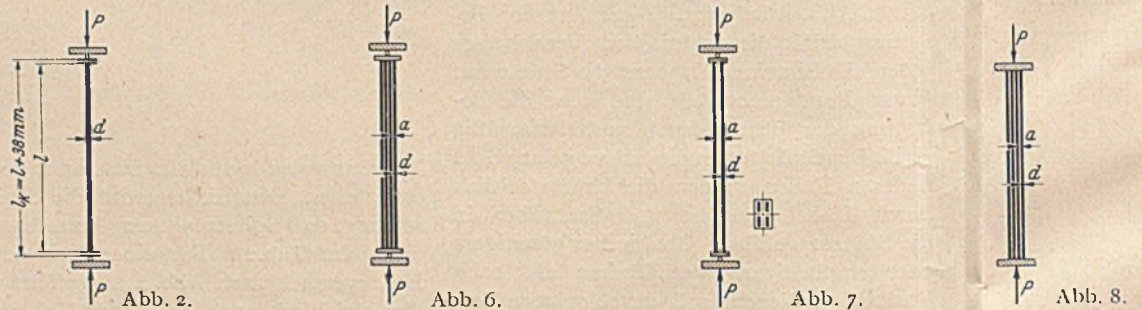
¹ Breite sämtlicher Versuchskörper rd. 50 mm.

² Berechnet auf Grund der durch Versuche ermittelten E-Werte, vgl. Tab. 1.

Daraus geht hervor, daß die Druckplatte eine Lagerung der zwei Stäbe bewirkt, die sich im Grenzfall so auswirkt, wie beim Versuch nach Abb. 3, in der Mehrzahl der Fälle allerdings weniger wirksam erscheint.

Weiter ist beachtlich, daß bei der Prüfung nach Abb. 4 eine

der Knicklasten der Einzelstäbe bei Prüfung nach Abb. 2 ergibt. Das Mehr war außerdem abhängig von der Größe der Spreizung a, Abb. 4. Im Einklang hiermit zeigte sich weiter, daß bei der Prüfung nach Abb. 5 wohl höhere Knicklasten als bei der Prüfung nach Abb. 4 entstanden; jedoch war der Unterschied nicht be-



Tab. 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bezeichnung des Versuchskörpers ¹	l mm	d mm	Berechnete ² Knicklast P _k kg	Durch den Versuch nach Abb. 2 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 6 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 7 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 8 ermittelte Knicklast P _k kg
A 1 I	992	12	123	136									
A 1 II	992	12	123	125	998	12	1520	998	30	1440	998	12	1655
A 4 I	992	12	120	124									
A 4 II	992	12	120	125									

¹ Breite sämtlicher Versuchskörper rd. 50 mm.

² Berechnet auf Grund der durch Versuche ermittelten E-Werte, vgl. Tab. 1.

Erhöhung der Knicklast eintrat, wenn die Spreizung a von 12 auf 50 mm vergrößert wurde.

Schließlich wurde der Versuch nach Abb. 5 angestellt, also die Kugelstützung der Druckplatten weggelassen; es entstanden dann Knicklasten, die höher sind als im Falle der Abb. 4

deutend. Diese Feststellungen sind für die Übertragung der Ergebnisse der älteren Versuche auf praktische Verhältnisse wichtig.

2. Versuche mit Stützen nach Abb. 6 bis 8.

Zu den folgenden Versuchen wurden die vier Stäbe A 1 I,

A 1 II, A 4 I und A 4 II benützt, die bereits zu den Versuchen unter 1. verwendet worden sind. Die Abb. 6 bis 8 zeigen, daß die vier Stäbe in drei verschiedenen Anordnungen gemeinsam belastet worden sind.

Die Ergebnisse der Versuche finden sich in Tab. 3. In der Spalte 5 sind die schon in Tab. 2 angegebenen Knicklasten bei Prüfung nach Abb. 2 der Übersicht wegen wiederholt.

In Spalte 8 findet sich die Höchstlast aus dem Versuch nach Abb. 6; sie beträgt das 3fache der Summe der in Spalte 5 eingetragenen Knicklasten der Einzelstäbe und nahezu das Doppelte der Höchstlast, welche sich mit den Stäben A 4 I und A 4 II bei der Prüfung nach Abb. 4 ergab (vgl. Tab. 2, Spalte 11).

Bei der Prüfung der vier Stäbe gemäß Abb. 7 ist die Höchstlast etwas kleiner ausgefallen als im Falle der Abb. 6 (vgl. Tab. 3, Spalte 11 u. 8). Die Verhältniszahl gegenüber der Knicklast der einzelnen Stäbe bei Belastung nach Abb. 2 beträgt 2,8.

Nach Wegnahme der Kugelstützung und Prüfung nach Abb. 8 ist die Höchstlast größer als im Falle der Abb. 6 (vgl. Tab. 3, Spalte 14 u. 8), im Einklang mit den Ergebnissen der Versuche nach Abb. 4 u. 5.

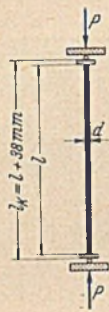


Abb. 2.

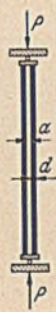


Abb. 4.

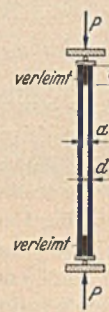


Abb. 9.



Abb. 10.

Tab. 4.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Bezeichnung des Versuchskörpers ¹	l mm	d mm	Berechnete ² Knicklast P _k kg	Durch den Versuch nach Abb. 2 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	Durch den Versuch nach Abb. 4 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	b mm	Durch den Versuch nach Abb. 9 ermittelte Knicklast P _k kg	l mm	a mm	b mm
II a 5	997	12	113	115	996	6	457 (2,0)	995	6	50	601 (2,6)				
II d 1	997	12		115	996	6									
II a 2	997	12	80	78	996	6	312 (1,9)					994	6	50	757 (4,7)
II b 1	997	12		83	996	24									
II d 3	997	12	103	96	996	24	365 (1,9)	995	24	50	554 (2,9)				
II c 4	997	12	93	96	996	24									
II d 4	997	12	97	88	996	24	405 (2,2)					995	24	50	1245 (6,9)
II b 5	996	12	91	92											
I a 5	996	28		1272	996	14	5140 (2,1)	995	14	100	5950 (2,4)				
II c 3	996	28	1349	1180											
I c 4	996	28		930	996	14	3620 (2,0)					995	14	100	3840 (2,1)
I b 3	996	28	809	895											
II e 1	996	28	1439	1380	996	56	6800 (2,6)	995	56	100	6550 (2,5)				
II e 2	996	28		1260											
I a 1	996	28		770	996	56	4190 (2,7)					995	56	100	4210 (2,8)
I a 2	996	28		755											

¹ Breite sämtlicher Versuchskörper rd. 50 mm.

² Berechnet auf Grund des durch Versuche ermittelten Elastizitätsmoduls (Mittelwert aus den in Tab. 1 angegebenen Versuchswerten).

3. Versuche mit Stützen nach Abb. 4, 9 u. 10.

Während die Stäbe zu den Versuchen unter 1 und 2. sowohl im Einzelstab selbst als unter sich eine hohe Gleichmäßigkeit aufwiesen, sind bei den jetzt zu beschreibenden Versuchen zwar die Einzelstäbe wieder geradfaserig, auch sonst von guter Beschaffenheit gewesen, jedoch waren sie aus Holz verschiedener Dichte. Der Elastizitätsmodul lag dementsprechend zwischen rd. 94 000 und 172 000, wie aus Tab. 1, rechts hervorgeht. Diese Unterschiede sind unter praktischen Verhältnissen nicht selten anzutreffen.

Über die Einzelstäbe gibt Tab. 4 in den Spalten 1 bis 5 Auskunft. Bei der Prüfung nach Abb. 4 (zwei Stäbe zwischen Druck-

4. Schlußbemerkung.

Aus den Feststellungen unter 1. bis 3. ergibt sich, daß die Tragfähigkeit gegliederter Stützen, die aus schlanken Einzelstäben gebaut sind, bei der Prüfung nach Abb. 1 vor allem nach der Tragkraft der Einzelstäbe zu beurteilen ist. Die Last, welche die Einzelstäbe tragen, ergibt sich aus der Prüfung nach Abb. 3, weil die Stützung der Stäbe nach Abb. 3 etwa dem entspricht, was bei mehrteiligen Stäben nach Abb. 4 getragen wird. Allerdings ist die Höchstlast bei der Prüfung nach Abb. 4 abhängig von den Unterschieden der Beschaffenheit der Einzelstäbe. Der Einfluß dieser Unterschiede wird durch eingeleimte Zwischenhölzer gemindert.

VERSTÄRKUNG SCHWEISSEISERNER BRÜCKEN DURCH SCHWEISSEN.

Von techn. Reichsbahn-Oberinspektor Sahlung, Altona.

Übersicht: Will man schweißeiserner Brücken durch Schweißen verstärken, so muß man sich zuvor durch Versuche ein klares Bild der Eigenschaften des alten Baustoffs und den zwischen diesem und den Verstärkungsteilen herzustellenden Schweißnähten verschaffen. Solche Versuche für eine größere Brückenverstärkung und die gemachten Erfahrungen werden beschrieben.

Die Verstärkung stählerner Brücken mittels Nietung ist schwierig, wenn zahlreiche Nietlöcher auf der Baustelle gebohrt werden müssen. Beim Vorliegen einwandfreier Werkzeichnungen des alten Bauwerks können wohl die Verstärkungsteile bereits in der Werkstatt vorgebohrt werden, wodurch sich die Anzahl der auf der Baustelle herzustellenden Löcher einschränken läßt, ganz ist diese umständliche Arbeit aber nie zu vermeiden.

Die Verstärkung durch Schweißen gestaltet sich in vielen Fällen einfacher, namentlich, wenn es sich um das Aufschweißen von Gurtplatten auf Gurtwinkel, die in den waagerechten Schenkeln keine Nieten haben, oder um das Einfügen von Stegen in Diagonalen, die aus doppelten Flacheisen bestehen, handelt.

Eine größere Ausführung dieser Art war die Verstärkung der bei Festung Dömitz gelegenen Eisenbahnbrücke über die Elbe, die aus 20 Überbauten der Flutöffnungen von rd. 33,9 m und (außer einer Drehbrücke) 4 Überbauten der Stromöffnungen von je 67,8 m Stützweite besteht¹.

Diese Überbauten sind im Jahre 1872 hergestellt worden und bestehen aus Schweißeisen. Obwohl die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sich für ihren Bereich allgemein gegen die Verstärkung derartiger Überbauten durch Schweißen ausgesprochen hat², wurde diese Verstärkungsart im vorliegenden Falle auf Grund eingehender Versuche gewählt.

Bei kleineren schweißeisernen Bauwerken dürfte sich eine Verstärkung kaum lohnen, im vorliegenden Falle hätte jedoch ein Neubau selbst unter Wiederverwendung der vorhandenen Pfeiler wegen der Schwierigkeiten, die die Aufrechterhaltung des Betriebes verursacht hätte, schätzungsweise 2,4 Millionen RM gekostet. Die Kosten der Verstärkung stellten sich einschl. Erneuerung des Anstrichs ungefähr auf 600 000.— RM, so daß eine bedeutende Ersparnis erzielt wurde.

Die vorerwähnten Versuche wurden auf Veranlassung des damaligen Brückendirektors der Reichsbahndirektion Altona, Reichsbahnoberrat Blunck, in der schweißtechnischen Versuchsabteilung des Reichsbahn-Ausbesserungswerks Wittenberge durchgeführt. Da die Ergebnisse der Versuche als Anhalt für ähnliche Verstärkungsarbeiten dienen können, möge im folgenden in den Abschnitten A—C kurz darüber berichtet werden, während Abschnitt D noch einige Angaben über die Ausführung und Bewährung der Arbeiten enthält:

A. Einleitende Versuche:

Für die einzubauenden Teile wurde St 37 gewählt. Da s. Zt. noch so gut wie keine Erfahrungen über die Bewährung von Schweißnähten zwischen Schweißeisen und Flußstahl vorlagen, wurde im Herbst 1931 mit Versuchen begonnen, die erwiesen, daß sich durch Schweißnähte gute Verbindungen zwischen beiden Baustoffen herstellen lassen. Im Frühjahr 1932 wurden die Versuche auf breiterer Grundlage fortgeführt mit dem Ziel, möglichst einwandfreien Aufschluß über die für solche Verbindungen zulässigen Festigkeitswerte zu erlangen.

Die im Herbst 1931 untersuchten Probestäbe lassen das Gefüge des Schweißeisens gut erkennen. Abb. 1 zeigt drei Probestäbe, deren Querstücke aus Schweißeisen bestehen. Das blätterige Gefüge des Schweißeisens ist deutlich zu sehen. Abb. 2 stellt links und in der Mitte Probestäbe dar, deren in der Krafttrichtung angeordneten Stäbe aus Schweißeisen und deren Querstücke aus Flußstahl bestehen. Auch hier haften die Schweißnähte gut am Fluß-

stahl, während sie aus dem Schweißeisen mehr oder weniger starke Fasern herausreißen. Abb. 2 rechts stellt ein ganz aus Flußstahl bestehendes Probestück dar.



Abb. 1.

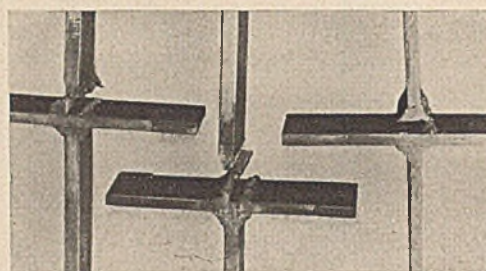


Abb. 2.

B. Ausführliche Versuche.

Im Frühjahr 1932 wurden folgende Versuche durchgeführt:

1. Stoffproben aus Schweißeisen, das ausgebauten Stäben der Elbebrücke bei Festung Dömitz entnommen war und St 37 ohne Schweißnähte. Aus etwa 30 Proben ergaben sich folgende Mittelwerte:

Bruchfestigkeit des Schweißeisens 36,9 kg/mm², Dehnung 9,3%
 „ des St 37 40,8 kg/mm², Dehnung 26%.

Es muß also das Schweißeisen, das bei der Dömitzer Brücke verwendet worden ist, als sehr gut bezeichnet werden.

2. Ein- oder beiderseitige Schweißraupen (Längs- oder Querraupen) auf Schweißeisen.

a) Längsraupen.

Einseitige Schweißraupen auf Schweißeisen setzen die Festigkeit — anscheinend hauptsächlich wegen der unsymmetrischen Anordnung — herab, z. B. von 31,7 auf 28,6 und von 37,3 auf 30,5 kg/mm². Bei praktisch tatsächlich angewendeten Stäben würde diese Ermäßigung der Festigkeit aber kaum so stark sein, weil bei den Versuchsstäben das Verhältnis des Querschnittes der Schweißraupen zum Stabquerschnitt besonders groß war. Wird der Querschnitt der Versuchsstäbe i. M. zu 400 mm² und der Querschnitt der Raupe zu 50 mm² angenommen, so ist der Raupequerschnitt 12,5% des Stabquerschnittes, während bei der schwächsten Diagonale der Dömitzer Brücke = 150 · 13 mit rd. 1950 mm² Querschnitt selbst eine doppelte Raupe mit a = 6 mm nur rd. 6% ausmachen würde.

Aber auch bei beiderseitigen Schweißraupen auf Schweißeisen waren die Ergebnisse der Zerreiβversuche ungünstiger als beim Stoff ohne Schweißraupen. Betrag für diesen die Festigkeit 38,3 kg/mm², so sank der Wert für Schweißraupen im mittleren Drittel des Versuchsstabes auf 32,1, für Schweißraupen im mittleren Drittel (abgeschliffen) auf 31,4, für durchgehende Schweißraupen auf 33,6 und, wenn diese abgeschliffen waren — allerdings bei einem Baustoff, der nur 35,9 Festigkeit hatte —, auf 28,2 kg/mm².

b) Querraupen.

Bei einseitigen Querraupen auf Schweißeisen ging die Festig-

¹ Vgl. Schaper, Bautechn. 11 (1933) S. 4 und 12 (1934) S. 75/76.

² Vgl. v. 21. 9. 31 — 82 Jbsch 45 —.

keit von 37,3 auf 34,9, bei abgeschliffenen Querraupen auf 32,1 herunter. Aber auch bei beiderseitigen Querraupen auf Schweiß-eisen sank die Festigkeit beträchtlich, nämlich von 38,9 auf 35,9, bei abgeschliffenen Raupen auf 30,6 kg/mm². Bei letzteren traten die Brüche bei allen drei Versuchsstäben in den Schweißraupen auf.

c) Allgemein kann für Schweißisen gesagt werden, daß die Schweißraupen die Festigkeit der Stäbe nachteilig beeinflussen, am stärksten an den Enden der Schweißraupen (in den Endkratern), und zwar ist es hier anscheinend nicht allein der Einbrand, d. h. die Schwächung des Baustoffes durch die Schweißraupe, was so ungünstig wirkt, sondern auch die Veränderung des in der Nähe der Schweißraupe liegenden Baustoffes, wie daraus geschlossen werden kann, daß bei verschiedenen Versuchen der Bruch nicht in der Schweißraupe selbst eintrat, sondern unmittelbar daneben, d. h. in der sogen. Übergangzone.

Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß das Auftreten der Brüche neben den Schweißraupen außerdem noch auf eine Spannungshäufung an dieser Stelle zurückzuführen ist, wie folgende Abb. 3 veranschaulichen möge:



Abb. 3.

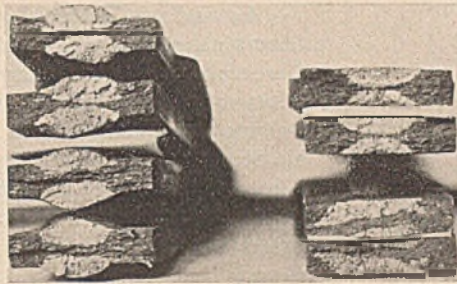


Abb. 4.

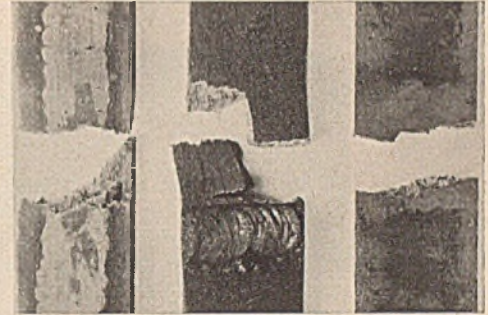


Abb. 5.

Die Spannungsspitzen neben der Schweißraupe kann man sich so erklären, daß die Schweiße durch das Schrumpfen beim Abkühlen starke Zugkräfte auf den benachbarten Werkstoff ausübt. Und zwar ist dieses um so mehr der Fall, je weniger die Bleche dem Bestreben der Schweißnaht, sich zusammenzuziehen, nachgeben können. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Wenn die oberen Lagen der Naht geschweißt werden, wird die bereits geschweißte Naht in der Wurzel — selbst wenn sie bis zu einem gewissen Grade wieder erwärmt wird — sich doch nicht so zusammenziehen können, wie die oberen Lagen es möchten. Sodann kommt es sehr darauf an, daß die zu verbindenden Bleche nicht eingespannt (bei großen Stehblechen würde schon das Eigengewicht hierzu genügen), sondern so beweglich gelagert sind, daß sie dem Schrumpfbestreben der Naht möglichst folgen können. — Es kann noch eine vierte Wirkung sein, die den Baustoff in der Übergangzone so ungünstig beeinflusst, nämlich die Stauchung, die dadurch entsteht, daß der Baustoff bei der Erwärmung infolge der unmittelbar benachbarten kalten Teile sich nicht so ausdehnen kann, wie er möchte. Es ist ein bekannter Vorgang, daß die so gestauchten Teile beim Abkühlen sich stärker zusammenziehen und durch ihren Zusammenhang mit den nicht gestauchten Teilen Zugkräfte erfahren.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß es im ganzen vier Wirkungen sind, die den Bruch gerade in der Übergangzone begünstigen:

1. Herabsetzung der ursprünglichen Festigkeit durch Gefügeänderung, die zwar nicht eintreten muß, aber eintreten kann,
2. Schwächung des Querschnittes durch Kerben (Störung des Kraftflusses),
3. Auftreten von Zugkräften durch das Schrumpfen der Naht selbst,
4. Auftreten von Zugkräften durch die Stauchung des Werkstoffs.

Man könnte nach diesen Gesichtspunkten Probestäbe zu Spannungsmessungen herstellen, doch halte ich es für zwecklos, angeben zu wollen, wie groß in kg/cm² eine Schrumpfspannung tatsächlich ist. Es kommt lediglich darauf an, daß man durch geschicktes Schweißen die Schrumpfspannungen so gering wie möglich hält. Bei falschem Vorgehen können die Nähte schon allein beim Erkalten reißen, bevor das Bauwerk überhaupt eine andere Beanspruchung

erfahren hat. Daß bei richtigem Schweißen die Schrumpfspannungen unbedenklich sind, hat bereits Dr.-Ing. Dörnen³ auf Grund von Versuchen erläutert, die ich im Auftrage der Reichsbahndirektion Altona in seinem Werk mit ausgeführt habe.

Diese Ausführungen über die Spannungen in der Übergangzone gelten allgemein für Schweißnähte. Aus diesem Grunde fordern die neuen „Vorschriften für geschweißte, vollwandige Eisenbahnbrücken“ der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die Ermittlung der auftretenden Spannungen nicht nur in den Nähten, sondern auch im Baustoff in der Nähe der Naht, und wollen die Naht dorthin gelegt wissen, wo die Beanspruchung des Baustoffs entsprechend den α -Werten ermäßigt ist.

Die Bruchstellen der Probestäbe auf Abb. 4 lassen wiederum das Gefüge des Schweißisens, dann aber auch das der Schweißnähte selbst gut erkennen. Abb. 5 zeigt links einen Schweißisen-

stab mit abgeschliffener Längsraupe, in der Mitte einen Schweißisenstab mit nicht abgeschliffener Quernaht. Der Bruch beginnt bei dieser in der Übergangzone und setzt sich dann — anscheinend infolge Materialfehlers — in geringem Abstand daneben fort. Rechts sieht man den Bruch durch eine abgeschliffene Quernaht.

3. Die Untersuchungen der Quer- und Längsnähte an Probestücken mit Laschen (Stab Schweißisen und Laschen Flußstahl) zeigten, daß die Quernähte, die rechtwinklig zur Walzrichtung der Versuchsstäbe verliefen, die niedrigste Bruchfestigkeit hatten; alle anderen Versuche ergaben höhere Werte. Bei der Ermittlung der Festigkeitszahlen für die Berechnung der Verstärkungen der Dömitzer Elbebrücke wurde von der Bruchfestigkeit vorgenannter Quernähte ausgegangen. Diese ergab sich bei zwei Versuchsreihen im Mittel zu 23,3 bzw. 26,2 kg/mm². Aus Sicherheitsgründen wurde diese Bruchfestigkeit nur zu 20 kg/mm² angenommen. Da die „Vorschriften für geschweißte Stahlbauten“, Ausgabe 1931, die Bruchfestigkeit für Schweißnähte unter Zugrundelegung des Maßes α zu 30 kg/mm² angaben, wurden die Nähte zwischen Schweißisen und Flußstahl im Verhältnis 30 : 20, also 1,5fach so stark ausgeführt, wie es für Verbindungen zwischen Flußstahl erforderlich gewesen wäre.

Quernähte sind wegen ihres ungünstigen Einflusses bei den Verstärkungsarbeiten an der Brücke nach Möglichkeit vermieden und dort, wo sie sich bei Zugstäben nicht vermeiden ließen, nur als 3 mm starke Dichtungsnähte ausgeführt worden.

Die Abb. 6 und 7 zeigen Probestücke, wie sie zur Untersuchung der Längsnähte auf Schweißisenstäben, die durch Flußstahl-laschen verbunden sind, benutzt wurden. Die Probestücke zur Untersuchung der Quernähte waren in gleicher Weise ausgebildet, nur mit dem Unterschied, daß die Schweißnähte nicht in der Längsrichtung der Laschen verliefen, sondern quer vor Kopf angebracht waren.

4. Die Versuchsreihen mit eingeschweißtem Querstück bestätigen die unter 3. gemachten Beobachtungen, ferner zeigen sie daß sich das Abschrägen des Steges bei T-förmigen Verbindungen (vgl. Abb. 8) auf die Festigkeit ungünstig auswirkt, wenn die Abschrägung nicht hinreichend ist, um den Schweißdraht tief genug

³ Schrumpfungen an geschweißten Stahlbauten. Stahlbau 11 (1933) S. 22.

in die Fuge einführen zu können. Die Schweißnähte Abb. 8 rechts zeigen schlechten Einbrand, aber auch Fehler in der Naht selbst. Abb. 8 links zeigt den Bruch eines rechtwinklig zur Walzebene zer-

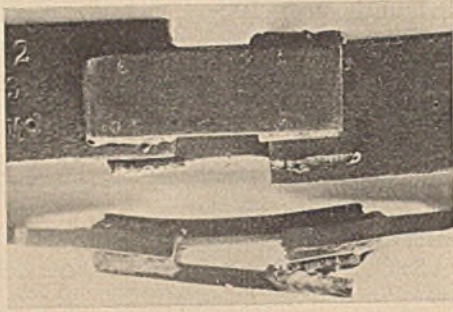


Abb. 6.

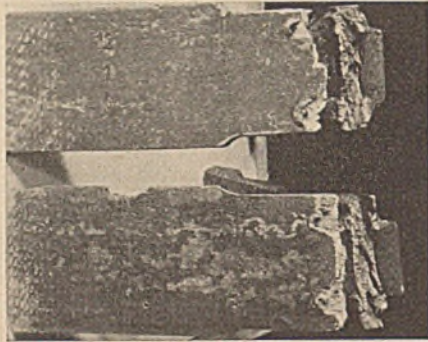


Abb. 7.

rissenen Schweißisen-Querstückes. Abb. 9 stellt links anschaulich dar, wie ein Schweißisenstab aus den Schweißnähten herausgeschält wird, während die rechte Hälfte dieses Bildes den Bruch durch die Schweißraupen eines ganz aus Flußstahl bestehenden Kreuz-Probestabes anschaulich wiedergibt.



Abb. 8.

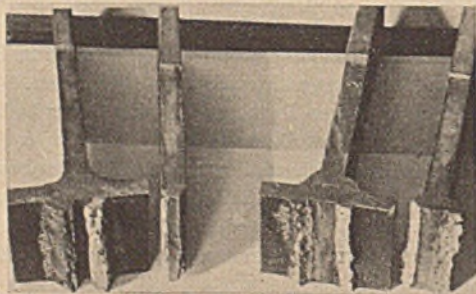


Abb. 9.

C. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Schweißiserne Brücken aus einem Baustoff, der dem bei der Dömitzer Elbebrücke verwendeten gleichwertig ist, können durch das Schweißverfahren verstärkt werden unter Beachtung folgender Richtlinien:

- Der unmittelbare Angriff von Kräften rechtwinklig zur Walzebene der Konstruktionsglieder muß vermieden werden.
- Für die Berechnung der Schweißnähte muß auf Grund von Versuchen jeweils, wie vorstehend unter B 3 angegeben, ein Faktor ermittelt werden, der das Verhältnis zwischen den Bruchfestigkeiten, die einerseits in den Schweißvorschriften vorgeschrieben sind und andererseits sich auf Grund der Versuche ergeben haben, angibt. In diesem Verhältnis müssen die Nähte zwischen Schweißisen und Flußstahl stärker ausgeführt werden als Nähte zwischen Flußstahl und Flußstahl.
- Quernähte dürfen grundsätzlich nicht an einen Querschnitt verlegt werden, der schon durch Nietlöcher geschwächt ist, und sollten, wenn sie sich nicht vermeiden lassen, nur als 3 mm starke Dichtungsnähte ausgeführt werden.
- Noch mehr als beim Verschweißen von Flußstahl muß beim Verschweißen von Schweißisen darauf geachtet werden, die Enden von Kehlnähten zu bearbeiten.

Es sind nur Kehlnähte untersucht worden, weil man s. Zt. zu Stumpfnähten weniger Vertrauen hatte. Aber genau so gut, wie diese sich bei einwandfreier Ausführung als besser erwiesen haben, ist es möglich und sogar wahrscheinlich, daß auch bei der Herstellung von Verbindungen zwischen Schweißisen und Flußstahl die Stumpfnähte höhere Festigkeiten ergeben werden als die Kehlnähte, weil bei den Stumpfnähten die einzelnen Schichten des Schweißisens besser erfaßt werden (Auf die Wichtigkeit dieses Punktes hat bereits Obering. O. Kilp hingewiesen)⁴.

D. Ausführung und Bewährung der Verstärkungsarbeiten.

Bei der Herstellung der Schweißnähte wurde besonders darauf geachtet, daß nicht infolge Belastung der zu verbindenden Bauteile durch einen vorüberfahrenden Zug unklare Spannungsver-



Abb. 10.

hältnisse in den Nähten auftraten. Die Schweißarbeiten mußten deshalb beim Herannahen eines Zuges so rechtzeitig eingestellt werden, daß die Nähte hinreichend abkühlen konnten. Die An-

⁴ Ergebnisse von Versuchen über Zusammenschweißung von Schweißisen mit Flußisen. Bautechn. 9 (1931) S. 364.

schlüsse der verstärkten Diagonalen an die Knotenbleche mußten ohne Unterbrechung in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt, konnten also nur in entsprechend großen Zugpausen ausgeführt werden. Selbstverständlich durften fortfallende Gegendiagonalen erst entfernt werden, wenn der verbleibende Stab völlig fertiggestellt und angeschlossen war. In gleicher Weise mußte bei der Auswechslung der Windverbandstäbe vorgegangen werden; die Tragfähigkeit der Brücke durfte während einer Zugfahrt in keiner Weise beeinträchtigt werden.

Einige Schweißnähte sind durchleuchtet worden, das Ergebnis war durchaus zufriedenstellend. Ferner wurde durch dynamische Untersuchungen mit Schwingmaschinen festgestellt, daß infolge der Verstärkungsarbeiten die seitlichen Schwankungen der kleinen Überbauten um rd. 45%, die lotrechte Durchbiegung um rd. 6% zurückgegangen sind. Das Flattern der Diagonalen sowohl der Hauptträger als auch des Windverbandes ist völlig beseitigt worden.

Aus Abb. 10 ist zu ersehen, wie die ausführende Brückenbauanstalt Dörnen, Dortmund-Derne, bei einem Hauptträger eines kleinen Überbaues die anzuschweißenden Verstärkungsteile vorläufig befestigt hat. Abb. 11 zeigt einen interessanten geschweißten

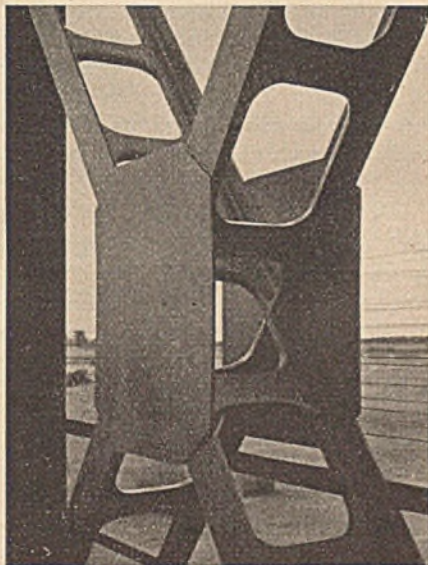
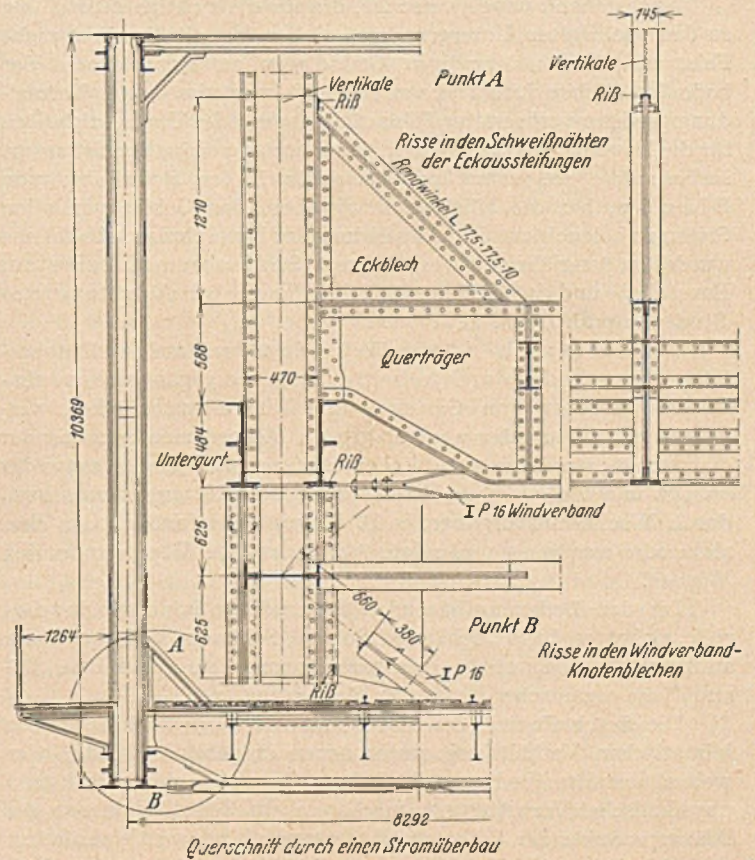


Abb. 11.

Überschnidungspunkt der verstärkten Diagonalen eines großen Überbaues. Die Schweißnähte sind teils im vorigen, teils in diesem Jahre eingehend auf das Vorhandensein von Rissen untersucht worden. Im ganzen sind bei diesem Bauwerk rd. 32 000 m Schweißnähte ausgeführt worden. Bei diesen Nähten haben sich nur wenige Risse gezeigt, deren Gesamtlänge höchstens etwa 1 m ausmachen dürfte. Die Risse sind fast durchweg an Stellen aufgetreten, wo man versucht hat, Zwischenräume durch Nähte zu dichten, nämlich an den oberen Spitzen der Eckaussteifungen zwischen Querträger und Vertikalen (vgl. Abb. 12, Punkt A), und zwar hauptsächlich bei den kurzen Endvertikalen. An diesen Stellen entstehen, wenn die Querträger sich unter der Belastung durchbiegen, hohe Beanspruchungen. Teils sind die Risse in Nähten aufgetreten, die zum Anschluß von Windverbandknotenblechen an Lamellen des Hauptträger-Untergurtes dienen (vgl. Abb. 12, Punkt B). Die Entstehung dieser Risse ist noch nicht ganz geklärt, weil unmittelbar

daneben Nähte liegen, die, wenn die Risse nach fertigem Anschweißen der Knotenbleche aufgetreten wären, gleichfalls hätten reißen müssen, diese Nähte sind aber in Ordnung.

Es möge noch erwähnt werden, daß die Längsnähte eine gewisse Schrumpfwirkung auf die verstärkten Stäbe ausüben müssen, denn die Hauptträger der kleinen Überbauten haben sich nach Beendigung der Schweißarbeiten in Trägermitte um rd. 4 mm gehoben. Hiernach müßte das früher üblich gewesene und auf manche Weise versuchte Anspannen schlaffer Diagonalen — falls es heute überhaupt noch ausgeführt werden sollte — durch Auflegen kräftiger Schweißraupen möglich sein.



Querschnitt durch einen Stromüberbau

Abb. 12.

Endlich müßte noch die Frage angeschnitten werden, ob die oben beschriebenen Nähte sich auf die Dauer bewähren werden und ob nicht neben den bereits ausgeführten statischen Versuchen auch noch dynamische Versuche mit Schweißnähten zwischen Schweißisen und Flußstahl vorgenommen werden müssen. Es erscheint ratsam, auch bei Schweißverbindungen zwischen Schweißisen und Flußstahl Dauerversuche zu machen, um aus diesen in ähnlicher Weise wie bei den übrigen Dauerversuchen mit Schweißnähten Schlüsse auf die zulässigen Beanspruchungen ziehen zu können.

EINTEILUNG UND CHARAKTERISTIK DER FÜR DEN STRASSENBAU UND AUCH SONST IM BAUWESEN BEDEUTSAMEN BODENARTEN.

Von Prof. Dr. R. Grengg.

Mitteilung aus dem Institute für Mineralogie und Baustoffkunde II der Technischen Hochschule Wien.

Übersicht: Die richtige Erfassung der Natur des Bodens sowie die Erkenntnis der die Vorgänge im Boden beherrschenden Gesetzmäßigkeiten bilden die Voraussetzung der zweckentsprechenden Anwendung der in Normen, Merkblättern usw. gegebenen Anweisungen. Aus diesem Grunde und zwecks Bereinigung verbreiteter Fehlauflassungen wurden einzelne Fragen absichtlich weitläufiger behandelt. Es wurde getrachtet, unter weitgehender Berücksichtigung bisheriger Feststellungen der Bodenkunde, die bautechnisch wichtigsten Bodenarten so zu charakterisieren, daß deren Bestimmung mit einfachen Mitteln möglich und das Verständnis ihrer Wesenheit erleichtert wird.

Als Straßenuntergrund tritt uns nur selten fester Fels, sondern vorwiegend der Boden in seiner mannigfaltigen Gestalt entgegen.

Mit Angaben über Vorkommen, Mineralbestand, Gefüge und Frischheit eines natürlichen Gesteines sind im allgemeinen bereits bestimmte Eigenschaften und eindeutige Begriffe verbunden. Ist das Gestein sehr feinkörnig, zeigen Mineralbestand und Gefüge, sowie der Erhaltungszustand wenig Auffälliges, dann sind zur näheren Namengebung und zu Aussagen über Wetterbeständigkeit und Frischheit bereits mikroskopische Untersuchungsverfahren heranzuziehen. Bei Bodenarten sind auch die letzteren vielfach nicht gut anwendbar oder nicht aufschlußreich. In einem Boden geben feste, flüssige und gasförmige Phasen miteinander eine mehr

oder weniger einheitliche Masse, wobei mit wechselndem Mengenverhältnis dieser Bestandteile eine völlige Änderung der Bodeneigenschaften Hand in Hand gehen kann. Die Böden sind dementsprechend wesentlich standortsbedingter als die Festgesteine und im jahreszeitlichen Wechsel oft starken Veränderungen unterworfen. An irgend einer Örtlichkeit gemachte Erfahrungen bezüglich bautechnischer Anpassung an die Bodenart sind nicht unbegrenzt auf andere Örtlichkeiten übertragbar, um so mehr als einfache Verfahren zur eindeutigen Kennzeichnung eines Bodens streng genommen nicht zur Verfügung stehen, oder doch nur bei gründlicher Erfahrung Trugschlüsse vermeiden lassen.

Nachstehend wurde versucht, die für die richtige Einstellung zu den wichtigsten Untergrundmaterialien (soweit dieselben nicht Felsarten sind) notwendigen Grundlagen an Hand der in der bodenkundlichen Literatur verteilten Erkenntnisse unter Vermeidung gewisser verbreiteter Fehlinterpretationen oder Ungenauigkeiten für die Bautechnik darzustellen. Eine umfangreiche Buchliteratur, insbesondere das zehnbändige Handbuch der Bodenlehre von *Blank*, hat die Möglichkeit gegeben, das Gebiet von allen Seiten zu beleuchten. Die Anwendung auf bautechnische Probleme wurde im langjährigen Verkehr mit Straßenbauingenieuren auf Baustellen und in Fachauschüssen, sowie bei Abhaltung des Studentenpraktikums gewonnen.

Nach *Blank*¹ ist der Boden ein überall auf der Erdoberfläche auftretendes, durch Verwitterung hervorgegangenes, mechanisches Gemenge von Gesteins- und Mineralbruchstücken, vermischt mit mehr oder weniger großen Mengen sich zersetzender oder schon zersetzter organischer Bestandteile. Er ist entweder an Ort und Stelle durch Verwitterung des Muttergesteines bzw. durch Wachstumsvorgänge (z. B. Humus) entstanden oder eine nicht oder nur wenig verfestigte Ablagerung des Wassers oder des Windes.

Die den Boden aufbauenden Bestandteile können sein: Gerölle, Schotter, Sand, Mehl (Mo), Schluff, Schlamm, nicht quellbare anorganische Feinanteile, quellbare Tonminerale, brennbare Bestandteile organischer Herkunft, Wasser und Luft.

Die Beschaffenheit des Bodens ist vor allem auch durch die klimatischen Verhältnisse, unter denen er gebildet wurde, oder weiter ausreifte, bedingt. In kalten Gegenden mit vorwiegend physikalischer Verwitterung (mechanischem Zerfall) kommen die Abbauprodukte der Silikatgesteine chemisch nur wenig verändert zur Ablagerung. Kaltes Klima herrschte in der geologischen Vergangenheit zeitweilig auch in jenen Gebieten, die gegenwärtig gemäßigt oder gar warmes Klima besitzen. Dementsprechend finden sich in diluvialen Absätzen auch feinkörnige Ablagerungen in chemisch nicht oder nur wenig aufgeschlossenem Zustand.

Auch Verwitterungsvorgänge unter dem anderen klimatischen Extrem (warmes Klima entweder feucht oder trocken) haben in der geologischen Vergangenheit zeitweilig in unseren Gegenden stattgefunden. Unter warmem, feuchtem Klima geht bei biologisch günstigen Umständen der Abbau der Silikate und anderer gesteinsbildender Mineralien sehr rasch und gründlich vor sich. Im Verlaufe der Zersetzung von Silikatgesteinen, aber auch bei Auflösung tonhaltiger Karbonatgesteine kann unter diesen Verhältnissen die Entkieselung so weit gehen, daß Aluminiumoxydhydrate (Alite) auftreten. Zumeist ist das Verwitterungsprodukt dieser Klimaperioden aber nicht mehr als geschlossene Bodenbildung vorhanden, sondern wurde schon damals oder späterhin wieder weggeführt und an anderen Stellen abgelagert.

Werden die durch Verwitterung gebildeten Gesteinszersetzungsprodukte durch Wasser oder Wind verfrachtet, dann erfolgt zumeist eine mehr oder weniger weitgehende Trennung der einzelnen Bestandteile nach Korngrößen. Mineralbestand und Gefüge der schließlich zum Baugrund werdenden Bodenart sind verschieden, je nachdem ob die Absätze in süßem oder salzigem Wasser, in großer Tiefe oder in flachen Mulden abgelagert wurden. Die Einwirkung von Wasser, in demselben gelösten Salzen und anderen Stoffen wie Kohlensäure, Humusstoffe usw. verändern weiter die Beschaffenheit der Bodenart. Je feiner die zum Absatz gelangen-

den Körner waren, je mehr sie sich in elektrischer Ladung und chemischem Verhalten untereinander ausgleichen konnten, um so einheitlicher wird das uns schließlich entgegretende Material sein. Dementsprechend sind die Eigenschaften eines Tones von denen der ursprünglichen Ablagerung verschieden. Unter hierfür geeigneten Umständen (Anwesenheit genügend feingekörnter silikatischer Mineralreste, von Wasser und einer den Reaktionsablauf ermöglichenden Temperatur) gehen Ausreifungsvorgänge unter Neubildung von Mineralien vor sich. Insbesondere scheint eine Art Hydratisierung der Silikate stattzufinden, was zu einer Erhöhung des Gehaltes an quellbaren Anteilen führt. Damit geht ein inniges Ineinanderweben der Einzelkörnerchen Hand in Hand. Bei Störung des in langer Ruhezeit entstandenen Verbandes ändern sich die Eigenschaften gegenüber der ungestörten Bodenart.

Die beiliegende Tabelle gibt kurze, einfach zu ermittelnde Kennzeichen der Bestandteile eines Bodens und ihre mengenmäßigen Anteile an den hauptsächlichsten Arten der Feinböden.

Dieselben sind:

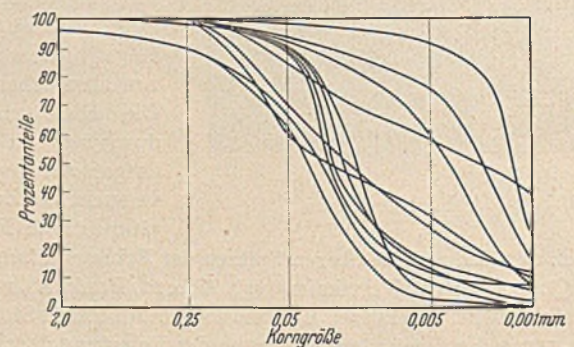
A. Sand.

Trockener, tonfreier Sand ist ein loses Haufwerk. Nach Aufschlämmen in Wasser setzen sich die Teilchen rasch ab. Bei feiner werdendem Korn besitzt etwas feuchter Sand deutliche Bindigkeit, doch gibt er keine plastische Masse. Bei höherer Wasserzugabe zerfließt geballter nasser Sand. (Fließgrenze² liegt häufig zwischen 10 und 35.) Je reiner und je größer gekörnt der Sand ist, um so vollständiger geht die Bindigkeit beim Trocknen verloren.

Mineralbestand: Zumeist Quarz oder Quarz und Feldspat, seltener andere Silikate und Kalkspat. Geringer Glimmergehalt ist sehr häufig.

B. Silt.

Tonarmer Silt gibt nach dem Trocknen eine bindige Masse, die jedoch nicht besonders fest und daher leicht zerbrechbar ist. Sie fühlt sich rau an, haftet an der Zunge und färbt beim Reiben zwischen den Fingern ab. Wasser wird lebhaft angesaugt und bewirkt rasches Erweichen zu einer nicht oder nur wenig klebrigen Masse. Bei weiterer Wasserzugabe zeigt Silt nur unvollkommen



Tab. 2. Verteilungslinien von Siltböden, entnommen aus Hogentogler, Wintermyer und Willis, Reports of subgrade Soil Studies, Sonderabdruck aus Nr. 4, 5, 7 und 8 von Band 12 der Zeitschrift Public Roads. (Auf diese Abhandlung wurde auch im Haupttext wiederholt Bezug genommen.)

plastisches Verhalten. Die Masse ist durch wiederholtes leichtes Hin- und Herbewegen zwischen den Fingern verformbar, versprödet aber bei kräftigem Druck, wobei die vorher glänzende

² Kennzeichnung der Plastizität von Böden nach *Atterberg* durch den auf Trockensubstanz bezogenen Wassergehalt bei verschiedenen, genau erfaßbaren Konsistenzen:

a) Fließgrenze: 5 g Tonpulver werden in einer kleinen Porzellanschale mit Wasser zu einem Brei angerührt. Durch weiteren Tonzusatz wird eine Masse jener Konsistenz erzeugt, bei welcher eine mit Hilfe eines Spachtels erzeugte V-förmige Furche bei wiederholtem, heftigem Aufstoßen gegen die Innenseite der Hand eben noch zusammenfließt.

b) Plastizitätsgrenze: Ein durch Abreiben mit Wasser erzeugter, gleichmäßiger Tonteig wird auf einer Wasser ansaugenden Unterlage (Fließpapier) mit den Fingern zu Drähten ausgerollt, die so lange zusammgelegt und wieder ausgerollt werden, bis die Drähte während des Ausrollens zu Bröckchen zerfallen.

Die Plastizitätszahl = Wassergehalt bei Fließgrenze — Wassergehalt bei Plastizitätsgrenze.

¹ Handbuch der Bodenlehre, Bd. I, S. 22. J. Springer, Berlin 1929

Oberfläche matt wird. Bei verhältnismäßig geringer weiterer Wasserzugabe erfolgt rasche Umwandlung in Brei (Plastizitätszahl ist niedrig, zumeist um 12, die Fließgrenze beträgt 20 bis 40). Bei Wasserlagerung zerfällt trockener, feuchter und nasser Silt ziemlich rasch. Eine Aufschwemmung von Silt mit der mindestens zehnfachen Wassermenge klärt sich zumeist schon nach wenigen Stunden oder auch noch früher sehr weitgehend. Verteilungslinien siehe Tafel 2. Mineralbestand: Quarz, nicht oder nur wenig zersetzte Silikate, nicht oder nur wenig quellbare Tonminerale, mitunter reichlich Kalk (z. B. bei Löß). Manche Silte sind glimmerreich. Kieselgur, Kaolin, Schlick, Fließerde, Letten zeigen die Eigenschaften von Silt. Siltböden erweichen bei Gegenwart von reichlich Wasser und geben häufig zu Frostschäden Veranlassung.

C. Ton.

Langsam getrockneter Ton ist bindig, gewöhnlich etwas rissig und je nach Gehalt an quellbaren Kolloidanteilen von wechselnder Festigkeit. Er ist jedoch immer wesentlich fester als getrockneter Silt. Rasch entwässerter Ton ist rissig und verhältnismäßig leicht in scharfkantige Bröckchen zerteilbar. Trockener Ton fühlt sich gewöhnlich glatt an, haftet an der Zunge und zerfällt, wenn er nicht genügende Mengen klebrig wirkender Anteile enthält, nach kurzer Wasserlagerung. Wenig feuchter Ton wird unter Druck (z. B. mit dem Messer oder bei Abschaben) glänzend. Die Wasseraufnahme in feuchten, gut zusammengekneten Ton erfolgt schwerer und langsamer als bei Silt, doch können je Volumseinheit größere Mengen Wassers aufgenommen werden. Ton wird dabei erst klebrig, dann plastisch und zerfließt schließlich (Fließgrenze ist größer als 35). Plastischer Ton kann reichlich Wasser aufnehmen, ehe er breiartig wird. Dementsprechend ist die Plastizitätszahl hoch, meist um 35. Weichplastischer Ton ist praktisch wasserundurchlässig, er behält bei ruhiger Wasserlagerung seine Form besser als trockener und feuchter Ton. Auf der Handfläche verriebener Tonbrei haftet an derselben nach dem Trocknen wesentlich besser als Silt. Feuchter und nasser Ton schwinden beim Trocknen stark unter Rissebildung und Verformung. Gehalt an löslichen Salzen, insbesondere an solchen des Kalziums, sowie feinveteilte humose Substanz können die Eigenschaften trockenen, feuchten und nassen Tones weitgehend beeinflussen. Bei Aufschlammung eines Tonbreies mit reichlich Wasser tritt oft erst nach Monaten deutliche Klärung ein.

Mineralbestand: quellbare bis nicht quellbare Tonminerale nebst wechselnden Mengen feinsten Zerreibsels von häufig in Silikatgesteinen vorkommenden Mineralen und ihrer Zersetzungsprodukte (Quarz, Feldspat, Augit, Glimmer usw.). Kalkreiche Tone werden als Mergel bezeichnet. Dieselben können je nach Kalkgehalt auch mehr oder weniger versteinete Massen bilden, welche aber bei wiederholtem Durchquellen und Trocknen zerfallen.

D. Lehm.

Lehm enthält mindestens 50 und höchstens 80 Gewichtsprozent der Körnungen über 0,02 mm. Je nach dem Vorwalten von Sand, Silt oder Ton (sandiger Lehm, milder Lehm, bzw. schwerer Lehm) sind die Eigenschaften mehr oder minder denen der vorgenannten drei Bodenarten ähnlich. Eine Trennung des Sandes von den Feinstanteilen erfolgt durch Aufrühren von Lehm mit der zwanzigfachen Wassermenge und kurzes Absitzenlassen (bei 10 cm Wassersäule höchstens einige Sekunden)³. Die überstehende Trübe kann abgossen und nach Entfernen des überschüssigen Wassers weiter dahin untersucht werden, ob Qualitätseigenschaften mehr in Richtung auf Ton oder Silt vorliegen. Tonarme Lehme sind im trockenen Zustande wenig fest und in Wasser rasch erweichend, im nassen Zustande wenig plastisch, beim Trocknen nur in geringem Ausmaß schwindend.

Lehme sind sehr verbreitete Bodenarten, welche bei ungünstiger Zusammensetzung in bezug auf Frostgefährlichkeit,

Durchweichbarkeit, Neigung zu Rutschungen usw. noch schlechter als Silt sein können. In der Auffassung, ob fetter oder magerer Lehm Boden ungünstiger ist, bestehen vielfach Widersprüche. Sie beruhen darauf, daß fetter Lehm bei Durchfeuchtung und Wiederaustrocknung wohl stärkere Volumsveränderungen zeigt als der magere Lehm. Letzterer läßt aber im allgemeinen Wasser wesentlich leichter eindringen und erleidet dadurch unter Umständen viel weiter ausgreifende Änderungen des Volumens, der Tragfähigkeit, der Standfestigkeit usw. als fetter Lehm.

E. Torf.

Torf bildet im trockenen Zustande eine teils dicht verfilzte, teils mehr erdig-lockere Masse von brauner bis schwarzer Farbe. Nachdem die eingeschlossene Luft nur schwer verdrängbar ist, nimmt er im trockenen Zustande nur träge Wasser auf. Sowohl der aus deutlichen Pflanzenresten aufgebaute Torf, als auch Moorerde, Moder usw., sowie organische Kolloide (z. B. Faulschlamm, Dopplerit) vermögen große Mengen Wasser aufzunehmen, bzw. werden in sehr wasserreichem Zustande aufgefunden. Der Gehalt an mineralischen Anteilen ist mitunter beträchtlich, wird aber gewöhnlich erst nach Veraschen gut sichtbar. Alle hierher gehörigen Bildungen enthalten reichlich brennbare Anteile. Zu achten ist auf das Vorhandensein von Baustoffen (insbesondere Beton) angreifenden Gasen (z. B. Kohlendioxyd), von Humussäure und Schwefelsäure.

Es darf niemals außer acht gelassen werden, daß in der Natur ein und dieselbe Bodenart infolge Ausbildung sog. Bodenhorizonte⁴ in verschiedenen Tiefenlagen in Aussehen und sonstigen Eigenschaften geändert sein kann. Darin liegt im wesentlichen die größere Manigfaltigkeit der im Straßenbau auftretenden bodenkundlichen Fragen im Vergleich mit den Verhältnissen im Tiefbau. Humusgehalt, örtliche Auslaugung, Anreicherung von Salzen, örtliche Durchwässerung usw. verändern die Eigenschaften des Bodens vorwiegend in den obersten, als Straßenuntergrund in Betracht kommenden Teilen.

In der beiliegenden Tabelle ist die Trennung der Kolonne VII (quellbare Tonminerale) von den Kolonnen I bis VI (nur für nicht oder beschränkt quellende Anteile geltend) wesentlich. In den bodenkundlichen Veröffentlichungen werden bei Auszeichnung der mit Recht beliebten Verteilungskurve die Körnungen unter 0,0002 mm als Kolloidtone (Ultratone) bezeichnet, die als Träger der Toneigenschaften betrachtet werden. Hierin liegt eine Fehlauffassung, welche die zeitraubende Korntrennung unter Umständen für praktische Zwecke (Namengebung, Vorhersage gewisser Eigenschaften usw.) unbrauchbar machen kann.

Mit abnehmender Korngröße der Einzelteilchen steigen die Oberflächenwirkungen der Körner immer mehr an, bis schließlich bei feinsten Zerteilung jene Erscheinungen auftreten, welche für kolloidale Zustände charakteristisch sind. Doch geht die Verschiedenheit der Eigenschaften von Silten und Tonen weitgehend auf die Anwesenheit bestimmter quellbarer, verklebend wirkender Tonminerale zurück. Bei denselben geht die Wasseranlagerung in feinerer Körnung vollständiger vor sich als in gröberer, doch sind die Klebe-, Quell- und Schrumpfungseigenschaften keineswegs nur mit den allerfeinsten Körnungen in Beziehung zu bringen.

Schon P. Ehrenberg⁵ hebt hervor, daß die Toneigenschaften nicht allein durch den Feinheitsgrad verursacht sind. Werden Quarz-, Feldspat- oder Glimmerpulver mit Wasser zu Kuchen angerieben, dann entsteht beim Eintrocknen niemals eine harte Masse. Die Probe zerfällt bereits bei geringer Belastung (Zerdrücken zwischen den Fingern). Allerdings zeigen diejenigen Mineralien, die infolge sehr guter Spaltbarkeit nach bestimmten Richtungen im feingepulverten Zustande vorwiegend Schüppchenform aufweisen, gegenüber den gedrunghenen Körnungen Unterschiede im plastischen Verhalten. Schuppenförmige Mineralien

³ Eine genauere Trennung erfolgt bei Durchgießen der Aufschlammung durch ein Sieb von 0,1 mm Maschenweite und Nachschlammern mit Wasser bis die Flüssigkeit klar durch das Sieb läuft.

⁴ Dieselben sind bei genügender Durchlässigkeit und entsprechendem Gehalt an verlagerbaren Bodenbestandteilen in Trockengebieten oder in Gegenden mit mäßig feuchtem Klima besonders deutlich ausgeprägt.

⁵ Die Bodenkolloide. Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig 1915.

geben mit Wasser plastischere Massen als gedrungene Körnungen der gleichen Siebung und verhalten sich ähnlich wie wesentlich feiner gekörnte gedrungene Teilchen. Nach Entwässern geben aber auch die aus schuppigen Körnungen gebildeten Teige keine fest zusammengebackenen Massen, sondern höchstens kaum gebundene, leicht zerreibliche Kuchen. Das gleiche Verhalten zeigen auch feinstschuppige Mineralien sehr geringer Härte (z. B. geschlämmter Kaolin, Talk). Auch feinfaserige Stoffe, wie Mikrosasbest geben nach Versuchen des Verfassers mit Wasser nur unvollkommen plastisches Verhalten und fast keine Bindigkeit.

Im Gegensatz dazu trocknen mit Wasser angeriebene quellbare Tone zu harten Massen ein.

Tone entstehen bei Zersetzung von Silikatgesteinen. Neben dem schwer löslichen (von Salzsäure unangreifbaren) Kaolin ($2 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$) bilden sich im Verlaufe des Zersetzungsprozesses (vorwiegend bei Verwitterung) die sog. Allophanone (von Salzsäure zersetzlich). Dieselben werden als wasserhaltige Aluminatsilikate aufgefaßt, deren Zusammensetzung, ausgedrückt im Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ (Kieselsäure : Tonerde) innerhalb der Grenzen $\text{Al}_2\text{O}_3 : 0,4 \text{ SiO}_2$ und $\text{Al}_2\text{O}_3 : 8 \text{ SiO}_2$ schwanken kann. Nach E. B l a n c k besteht in den als Kolloidton bezeichneten Bodenteilen ein Verhältnis der Tonerde zur Kieselsäure von 1 : 1,17 bis 1 : 2,5.

Während Kaolin in kristalliner und erdiger Ausbildung auftritt, sind jene Stoffe, die stark quellen und klebend wirken, unter den Allophanonen zu suchen. Trotz weitgehender chemischer Verwandtschaft verleihen Kaolin einerseits und die quellbaren Tonminerale andererseits dem Boden völlig verschiedene Eigenschaften. Während feinschuppigem Kaolin die Eigenschaften von Silten (geringe Bindigkeit, unbedeutende Quellbarkeit, keine verklebende Wirkung) zukommen, sind die quellbaren Tonminerale die Träger der charakteristischen Toneigenschaften. Über den chemischen Aufbau der Tonminerale bestehen verschiedene, anscheinend noch nicht völlig bereinigte Meinungen. Nach V e r n a d s k y⁶ stellen die Tonminerale komplexe Säuren dar. Andererseits werden wegen des Basenaustauschvermögens zeolitische Körper angenommen. Die Tonminerale können durch Aufnahme oder Abgabe von Ionen des Kalziums, Magnesiums, Natriums und Kaliums ihre chemische Zusammensetzung und damit ihre Eigenschaften leicht und rasch verändern.

Nachdem das charakteristische Verhalten der Feinböden von den kolloiden Zustandsformen der Materie weitgehend beeinflußt wird, seien zum näheren Verständnis einige Grundbegriffe der Kolloidchemie und Bodenkunde angeführt:

Kolloide Lösungen sind nur durch den Grad der Zerteilung (Dispersität) von den echten Lösungen einerseits und den Suspensionen (Verteilung fest in flüssig) bzw. Emulsionen (Verteilung flüssig in flüssig) andererseits verschieden.

Nach R. Z s i g m o n d y⁷ können dabei folgende Grenzen der Teilchengrößen angenommen werden:

Echte Suspensionen	200 $\mu\mu$ bis 2 μ ($2,10^{-5}$ cm ,, $2,10^{-4}$ cm)
Kolloide Lösungen	1 $\mu\mu$,, 200 $\mu\mu$ (10^{-7} cm ,, $2,10^{-5}$ cm)
Molekel der echten Lösungen	0,1 $\mu\mu$,, 1 $\mu\mu$ (10^{-8} cm ,, 10^{-7} cm)

Das Einzelteilchen eines kolloid gelösten Stoffes kann aus einem bis vielen Molekeln bestehen oder auch nur ein, elektrische Ladung besitzendes, Ion sein. Dabei können sowohl kristallinische als auch amorphe Stoffe in kolloide Lösung gehen.

Je nach dem Verhalten zu Wasser unterscheidet man hydrophile (wasserfreundliche) und hydrophobe (wasserfeindliche) kolloide Systeme. In hydrophoben Systemen bleiben die Einzelteilchen ähnlich wie in einer stark verfeinten Aufschwemmung in Schwebelage, ohne daß sie mit dem Wasser durch Quellungs- oder Benetzungsvermögen in nähere Beziehung treten. Bei Verdampfung der Flüssigkeit oder Zerstörung des Sols (der kolloiden Lösung)

durch Ausflockung bleibt ein feinkörniger, nur wenig bindiger Bodensatz, der bei bloßem Überschichten mit Wasser nicht mehr von selbst in den Solzustand zurückkehrt. Solche hydrophile Suspensionen geben z. B. Metalle (Gold, Silber), Metallsulfide usw. Feinste Pulver unzersetzten Quarzes, Feldspates, Glimmers usw. zeigen, auch wenn die Zerkleinerung noch so weit getrieben wird, in wässriger Aufschlämmung das Verhalten hydrophober Systeme.

Im Gegensatz dazu geben die hydrophilen Systeme bei Einengen der kolloiden Lösung (des Hydrosols) oder bei Zerstörung desselben erst eine schleimige bis gallertige Masse und bei weiterem Wasserentzug steife bis fest geschlossene oder auch krümelige Rückstände (Gele). Diese Gele können bei Überschichten mit Wasser quellen oder ungelöst bleiben. Gelatine, die sog. Humus-säuren und jene Stoffe, die zusammenfassend als quellbare Tonminerale bezeichnet werden (gewisse wasserhaltige Aluminatsilikate, rein als Bentonit, Seifenerde auftretend) gehen nach Austrocknen bei neuerlichem Zusatz von Wasser wieder in kolloidale Lösung. Eisenoxyd- und Tonerdehydrat, sowie Kieselsäuregel sind von selbst nicht wieder kolloidal auflösbar.

Der wesentliche Unterschied zwischen den quellbaren Tonmineralen und den anderen Bodenbestandteilen besteht demnach darin, daß der Feinbau der ersteren ein weitgehendes Eindringen des Wassers in die Körnchen selbst gestattet. In die einzelnen Körnchen von Quarz, Feldspat, Glimmer, Augit, Hornblende, Kaolin, Kalk usw. vermag das Wasser, auch wenn sie noch so fein sind, nicht einzudringen, es wäre denn auf dem Wege der langsam vor sich gehenden Hydratisierung hierzu geeigneter Silikate bzw. Silikatreste. Den hydrophilen, quellbaren Tonmineralen kommt neben guter Bindigkeit und hochplastischem Verhalten hohe Wasseraufnahmefähigkeit und starke Volumsänderung bei Wasseraufnahme und -abgabe zu. Je nach der Art der Entstehung und dem Grade der Zersetzung bzw. diagenetischer Regenerierung sind in tonigen Absätzen die trockenbleibenden (also mehr oder weniger hydrophoben) und die sich wässernden (also mehr oder weniger hydrophilen) Anteile in wechselndem Mengenverhältnis gemischt. Die Eigenschaften der natürlich vorkommenden Gesamtheit von Tonteilchen liegt demnach im allgemeinen zwischen den Eigenschaften der reinen hydrophoben und der reinen hydrophilen Stoffe. Je größer unter sonst gleichen Verhältnissen (Salzgehalt, Humusgehalt usw.) der Gehalt an quellbaren Tonmineralen, desto größer sind Bindigkeit, Plastizität, Wasseraufnahme und Volumsänderung bei Durchnässen und Trocknen. Bis zu einem gewissen Grade kann allerdings die Umhüllung mit Schutzkolloiden (hier kommen quellbare Tonminerale und Humuskolloide in Betracht) hydrophoben Anteilen die den hydrophilen Systemen zukommenden Eigenschaften verleihen.

Das verschiedene Verhalten der feinsten, in kolloidaler Verteilung vorhandenen Körnungen wird modellartig gut durch den aus Einzelkügelchen bestehenden Perleim dargestellt. Die Leimperlen quellen bei kurzer Lagerung in kaltem Wasser nur oberflächlich, so daß das ganze, etwas ineinander verklebte Haufwerk einen Vergleich mit einer wenig kolloiden Bodenart zuläßt. Sind reichlich kleinere Körnchen zugegen, dann quellen dieselben bereits vollständig und die Bindigkeit der Masse ist besser (Vergleich mit fettem Ton). Bei Einbringen von Perleim in heißes Wasser verschwinden die Leimkügelchen bald vollständig und bilden mit dem Wasser eine je nach Wassermenge verschieden viskose Masse, die bei Austrocknen einen einheitlichen Kuchen gibt. (Vergleich mit hochkolloiden Tönen z. B. Bentonit oder Seifenerde.) Nachdem Leim, der längere Zeit bei 130° gehalten wurde, die Fähigkeit in Wasser zu quellen mehr oder weniger weitgehend verliert, kann das Modell durch Zumischen derart vorbehandelter Körner noch bodenähnlicher gemacht werden.

Werden an Stelle der Leimperlen Glaskugeln, Glasplättchen oder Häcksel von gesponnenem Glas verwendet, dann wird mit abnehmender Teilchengröße bei Benetzen mit der nötigen Wassermenge eine bindige Masse entstehen. Je nach der verwendeten Kornform werden sich deutliche Unterschiede in der Bindigkeit zeigen und sich obendrein die zur Erreichung größter Standfestigkeit des Kuchens erforderlichen Flüssigkeitsmengen ändern. Das

⁶ Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Übersetzung von Dr. E. Kordes, Akadem. Verlagsgesellschaft, Leipzig 1930.

⁷ Kolloidchemie, 3. Aufl. b. Spamer, Leipzig 1920.

Wasser ist aber nur als Hülle um die festen Teilchen vorhanden und die Bindigkeit lediglich durch seine Oberflächenspannung bewirkt. Bei geringem Wasserüberschuß, sowie bei Wasserentzug fallen die Körnchen auseinander (Modell der Bodenart Silt).

Die Struktur eines Feinbodens wird durch den Salzgehalt desselben weitgehend beeinflußt. In salzarmen Wasser bilden die sich absetzenden Bodenteilchen keine größeren Aggregate, sondern bleiben in Einzelkornstruktur, die besseren Zusammenhang und größere Steife von Tonen im Gefolge hat. Krümmelstruktur entsteht dagegen in verhältnismäßig salzreichen Boden (die reinen Salzböden ausgenommen), nachdem die Elektrolytgegenwart eine Entladung der elektrisch aufgeladenen Feinstteilchen und damit eine flockige Abscheidung des tonigen Sedimentes bewirkt. Bei späterer Auswaschung des Salzgehaltes kann durch Rückführung in Einzelkornstruktur eine Verdichtung, kurz Dickschlammung des Bodens unter Ausbildung schwer wasserdurchlässiger Massen erfolgen.

Wesentlich werden die Eigenschaften von Tonen vor allem durch Kalkgehalt beeinflußt. Natürliche Tonböden schwinden bei Gegenwart von Kalkhydrat sehr wenig. Mit steigendem Kalkgehalt steigt die Wasseraufsaugfähigkeit und -durchlässigkeit eines Bodens, während Natrium- und noch mehr Kaliumsalze die Durchlässigkeit vermindern. Die Volumsänderungen tonreicher Böden durch Quellen und Schwinden sind nach Puchner⁸ bei Gegenwart von Alkalikarbonaten am größten, geringer bei Gegenwart von Chloriden und Nitraten, am geringsten bei Anwesenheit von Kalkhydrat.

Diese Eigenschaften werden nach Wiegner u. a. mit dem Basenaustausch der Tonminerale erklärt. Andere machen hierfür dagegen die elektrische Aufladung der kolloidalen Bodenteilchen verantwortlich. Stebutt⁹ unterscheidet elektrokratische Systeme, die bei Elektrolytzufuhr verhältnismäßig rasch ausgeflockt werden, von den solvokratischen Systemen, die gegen Ausflockung sehr beständig sind. Der weitgehende Einfluß des Kalziums auf die Bodenbeschaffenheit wird damit erklärt, daß solvokratische Systeme bzw. die aus denselben gebildeten Böden durch Zufuhr von Kalziumion in elektrokratische Systeme überführbar sind.

Auch die Standfestigkeit feinkörniger Bodenarten steht mit dem Salzgehalte insofern in Zusammenhang als nach Stiny¹⁰ das Rutschvermögen durch Anwesenheit geringer Elektrolytmengen behindert werden soll. Bei größeren Salzmenge soll sich das umgekehrte Verhalten einstellen.

Durch Einwirkung des elektrischen Stromes werden die Kolloidtone durch Verminderung der Quellbarkeit in Richtung auf erdige Massen verändert.

Die Eigenschaften der obersten Bodenschichten werden durch einen mehr oder weniger hohen Humusgehalt weitgehend beeinflußt. Unter Humus werden abgestorbene, in mehr oder weniger weitgehender Zersetzung befindliche, allenfalls auch mit tierischen Resten untermischte pflanzliche Bestandteile verstanden. Humusführende Bodenarten werden als Erde bezeichnet. Bei Fortschreiten des Zersetzungsprozesses unterliegen die Eigenschaften des Humus mehr oder weniger raschen Veränderungen. Vom technischen Standpunkte ist die Verwendbarkeit der Bodenarten durch Humusgehalt zumeist stark beeinträchtigt.

Die Humusstoffe treten leicht in kolloidaler Zerteilung auf, sind quellbar und können demnach die Rolle von rein anorganischen Bodenkolloiden übernehmen, d. h. Bindigkeit, Plastizität von Böden hervorrufen oder doch weitgehend beeinflussen.

Es kann chemisch indifferent, basischer (gesättigter) und saurer (ungesättigter) Humus unterschieden werden. Für die Bodendynamik sind besonders die beiden letzteren Humusarten von Bedeutung. Der basische Humus bildet sich dort, wo an Aschenbestandteilen reiche Pflanzen vermodern (z. B. unter der Grasflur). Bei Auslaugung der Salze entsteht aus dem basischen

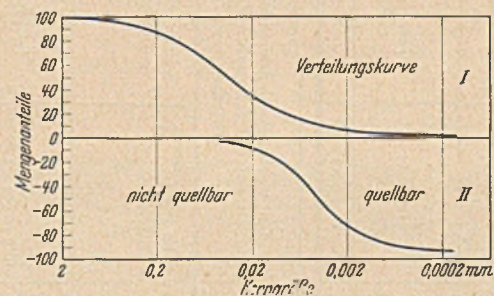
Humus der saure, der auch aus aschenarmen Pflanzenresten direkt entstehen kann (z. B. in Hochmooren). Die Humusstoffe nehmen als solche oder mit ihren Zerstörungsprodukten, unter denen insbesondere die Kohlensäure zu erwähnen ist, an der Zersetzung, Dispergierung, Salzauswaschung, an Adsorptionsvorgängen und der sog. Zeolithbildung der anorganischen Bodenbestandteile energisch teil. Besonders der saure Humus wirkt abbauend sowie als Schutzkolloid für die in kolloidaler Verteilung vorhandenen mineralischen Anteile und ihre Abbauprodukte. Er ist infolgedessen an der Bildung der Bleicherde, des Ortsteins usw. maßgebend beteiligt.

Von den Untersuchungsverfahren der Bodenarten ist vor allem die Kornanalyse beliebt. Allerdings wird ihr vielfach größere Bedeutung beigemessen als ihr tatsächlich zukommt. Durch Aufschlammung des Bodens in Wasser und Zugabe von Dispergierungsmitteln z. B. Ammoniak bemüht man sich bei der Kornanalyse eine Trennung des Bodens in die kleinsten Einzelteilchen zu erreichen. Selbst wenn dies restlos gelänge, ist das Ergebnis in bezug auf die Bodeneigenschaften unsicher, da die Beschaffenheit des ungestörten Bodens durch die bei Zusammenballung der feineren Körnchen entstandenen größeren Aggregate bedingt wird.

Für die Trennung der Teilchen durch Schlämmanalyse ist z. B. die durch Orthokinese (Wiegner¹¹) eintretende Kornvergrößerung von Bedeutung. Sie besteht darin, daß die in wässriger Aufschlammung vorhandenen Körnungen mit zunehmender Koagulation immer mehr nach abwärts gezogen werden und dabei kleinere Teilchen mitnehmen (orthokinetische Wirkung der Koagulation). Am ausgiebigsten werden kleine Teilchen von solchen, deren Durchmesser 5—10 μ betragen, mitgerissen, so daß sich schließlich Körner von 10—20 μ bilden.

Auch Trocknungsvorgänge von Tonen ändern nach Correns und Schott¹² die Korngrößenverteilung derselben.

Andererseits ist die Eintragung der Kornanalyse der quellbaren (d. h. mehr oder weniger hydrophilen) und der wasserfremden (d. h. sich in kolloidaler Verteilung hydrophob verhaltenden) Anteile in die gleiche Verteilungskurve irreführend. Derzeit ist ein rasch durchführbares Verfahren zur Trennung dieser Anteile innerhalb der einzelnen Körnungen nicht bekannt. Mit Hilfe desselben könnte eine den tatsächlichen Verhältnissen weit entsprechende Darstellung gegeben werden (s. Tafel 3).



Tab. 3. Verteilung der quellbaren Anteile in einem Lehm Boden.

Kurvenzug I: Verteilungslinie, ermittelt mit Hilfe des Sedimentationsverfahrens nach Atterberg nach Erweichen und Aufschlammern der Probe in Wasser ohne besondere Maßnahmen zur Dispergierung der Bodenteilchen.

Kurvenzug II: Mengenverhältnis der quellbaren zu den nicht quellbaren Anteilen in den einzelnen Körnungen.

(Mit einiger Annäherung kann die bei aufeinanderfolgender Behandlung der Probe mit 25proz. Salzsäure und 5proz. Kalilauge [Verfahren nach v. Sigmond] in Lösung gehende Probenmenge nach Abzug des Karbonatanteiles als Menge der quellbaren Anteile bezeichnet werden.)

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse anderer Untersuchungsverfahren leidet vielfach darunter, daß viele Bodenarten durch mechanische Beanspruchung (z. B. durch Kneten), Trocknen, (Schrumpfen mit oder ohne Rissebildung), Wässern (Quellen mit oder ohne Zerbröckelung), Auslaugung der Salze oder Salzzufuhr,

¹¹ Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. Dresden und Leipzig 1927.

¹² Über den Einfluß des Trocknens auf die Korngrößenverteilung von Tonen. Kolloidzeitschrift, Bd. 65, Heft 2 (1933).

⁸ Bodenkunde für Landwirte. 2. Aufl. E. Enke, Stuttgart 1926.

⁹ Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Berlin 1930. Auf dieses ausgezeichnete Werk wurde in der vorliegenden Abhandlung wiederholt Bezug genommen.

¹⁰ Technische Gesteinskunde. 2. Aufl. J. Springer, Wien 1929.

Tafel 1: Bodenbestandteile und Bodenarten.

Einteilung		Bodenbestandteile bei Temperaturen von 0° C bis 60° C										flüssig	gasförmig
		Bodenskelett		fest									
Kurzbezeichnung	Benennung der Bodenbestandteile	Feinboden											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
	Schotter, Geröll usw.	> 2,0	0,1—2,0	0,02—0,1	0,002—0,02	0,0002—0,002	< 0,0002	< 0,002	sehr verschieden	Humus und andere brennbare Stoffe organogener Herkunft	Wasser mit gelösten Salzen (vorwiegend Karbonate, Sulfate *)	Luft, Wasserdampf, Kohlendioxyd usw.	
Wahrnehmbarkeit der Einzelteilchen	Bei Ansehen mit freiem Auge	gut erkennbar	noch erkennbar	gewöhnlich nicht erkennbar				Nicht erkennbar	Infolge der dunklen Farbe und der teilweise beträchtlichen Größe z. T. gut erkennbar	Einzelteilchen nicht erkennbar (Wassergehalt gut erkennbar. Entfärbung der Farbe, des Glanzes usw. bemerkbar)	Als Porenräume z. T. erkennbar (Wassergehalt gut erkennbar. Entfärbung der Farbe, des Glanzes usw. bemerkbar)		
	Bei Reiben einer geringen Menge mit etwas Wasser zwischen den Fingerspitzen oder den Zähnen	gut wahrnehmbar	—	—	—	—	Nicht mehr wahrnehmbar, aber klebriges Gefühl	—	Je nach Ausbildung mehr oder weniger wahrnehmbar. Größere Stücke oft ganz oder z. T. zerreiblich. Z. T. schlupfriges Gefühl	—	—	—	
Zeitraum, den die Einzelteilchen zum Durchsinken einer Säule reinen Wassers von 10 cm Höhe benötigen		weniger als 1 sec	20 sec bis weniger als 1 sec	7 min 30 sec bis 20 sec	8 Stunden bis 7 min 30 sec	27 Tage*** bis 8 Stunden	Mehr als 27 Tage	—	Je nach Kleinheit und Grad des Quellvermögens länger als 8 Stunden oder gar nicht sedimentierend	—	—	Steigt in Form von Bläschen auf. Luftteilchen können Fallzeiten derselben verlängern (Fallschirm)	
	Verhalten bei Entwässerung durch vorsichtiges Trocknen des Gemenges		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Verhalten bei Wasserzutritt	Einzelkorn								mehr oder weniger quellend	—	—	—	
	Körnermenge								Nehmen unter Aufquellen reichlich Wasser auf. Dabei wird Material mehr oder weniger wasserundurchlässig	—	—	—	
Sand	A								Mit Verfeinerung des Kornes sinkt die kapillare Saugfähigkeit und steigt die Wegsamkeit für fließendes Wasser, also die Wasserdurchlässigkeit	—	—	—	
	B								Wasser wird kapillar angesaugt und nach allen Richtungen weitergeleitet	—	—	—	
Silt	C								Wasserdurchlässigkeit mäßig	—	—	—	
	D								Unter leichter Volumsverringering entsteht eine schwach bindige, aber wenig feste, zwischen den Fingern leicht zerdrückbare Masse	—	—	—	
Ton	E								Bei Verfeinerung des Kornes wird Volumsabnahme stärker (Auftreten von Schwindrissen). Es entsteht eine bindige, noch unschwer zwischen den Fingern zerdrückbare Masse	—	—	—	
	F								Bei Verfeinerung des Kornes wird Volumsabnahme stärker (Auftreten von Schwindrissen). Es entsteht eine bindige, noch unschwer zwischen den Fingern zerdrückbare Masse	—	—	—	
Lehm	G								Unter starkem Schwimmen und kräftiger Risumsabnahme entstehen feste, getrocknetem Kleister ähnliche Stücke	—	—	—	
	H								Unter starkem Schwimmen und kräftiger Risumsabnahme entstehen feste, getrocknetem Kleister ähnliche Stücke	—	—	—	
Torf	I								—	—	—	—	
	J								—	—	—	—	
Erde	K								—	—	—	—	
	L								—	—	—	—	

Die hauptsächlichsten Bodenarten als Gemenge der unter I—X ausgewiesenen Bestandteile. Ausgesprochene Schotterböden und noch größere Hartwerke sind hier nicht angegeben. Nähere Angaben über leicht feststehbare Eigenschaften von A bis E im Text.

Erde besteht aus im ursprünglichen Gefüge gestörten, mehr oder weniger aufgelockerten Bodenarten. Je nach dem Vorwalten von Sand, Silt, Ton, Lehm stehen ihre Eigenschaften denen der betreffenden Gruppe nahe. Durch Siebung und Aufschlämmung lassen sich ähnlich wie bei Lehm die groben Teile von den Feinteilen zwecks Feststellung der Zusammensetzung trennen. Bezeichnung folgt dementsprechend als sandige, lehmige, stark humose Erde usw. Infolge Zurückgehens der Auflockerung, Zersetzungs Vorgängen usw. können die Eigenschaften derselben unter Umständen rasche Änderung erfahren.

Zerfrieren usw. weitgehende Änderungen in Aussehen und Eigenschaften erfahren. Bei Außerachtlassung dieses Umstandes kommen vom ursprünglichen Baugrunde völlig verschiedene Materialien die ihr ursprüngliches Gepräge z. T. unwiderruflich verloren haben, zur Untersuchung.

Bei Kennzeichnung von Böden leistet die Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen (Fließgrenze und Plastizitätsgrenze unter Bestimmung der Plastizitätszahl, unter Umständen auch Klebegrenze) gute Dienste. In vielen Fällen ist es nicht nötig und nicht zweckmäßig, die Eigenschaften eines Bodens durch umfangreiche und genaue Untersuchungen festzustellen, sondern wertvoller die Veränderlichkeit der Eigenschaften innerhalb der einzelnen Horizonte und Entnahmestellen zu erfassen. Einfache, auch von dem der Bodenkunde ferner Stehenden leicht durchführbaren Probenungen vermitteln jenes Gefühl für den Boden, das die zweckentsprechende Ausnützung bodenphysikalischer Forschungen ermöglicht.

Anmerkungen zur Tafel 1: Bodenbestandteile und Bodenarten:

Die im stark umrandeten Teile gegebenen Daten gelten mit ziemlicher Annäherung nur für natürlich oder künstlich zerkleinerte, nicht quellbare, nicht schuppige und nicht faserige Körnchen, wie Quarz, Feldspat, Augit, Hornblende, Zersetzungsprodukte der Silikate, Kalk usw. Feinschuppige oder feinfaserige Körnchen verhalten sich gleich gedrunenen Körnern einer wesentlich feineren Siebung. So fallen schuppige Anteile fast doppelt so langsam als die mehr gedrunenen Körnchen gleichen Durchmessers. Für Bestandteile, deren Härte geringer ist als 3, also Kaolin und andere nicht quellende, den Tonmineralen zugehörige Anteile, Talk, Chlorit usw. gilt obendrein das in Spalte 2 (Verhalten bei Reiben zwischen den Fingerspitzen oder zwischen den Zähnen) Gesagte nicht.

* Ein größerer Gehalt an löslichen Salzen scheidet sich beim Trocknen häufig als weißer Anflug an der Oberfläche (besonders an Ecken und Kanten sowie an Klufflächen) ab.

** Anwesenheit von Karbonaten wird am Aufbrausen bei Zugabe von verdünnter Salzsäure oder starkem Essig erkannt. Natriumkarbonat, Natriumsulfat, Magnesiumsulfat, Kaliumsulfat sind in Wasser leicht löslich, Kalziumsulfat ist schwer löslich, Kalziumkarbonat (Kalk) ist nur in kohlenstoffhaltigen Wasser löslich.

*** Luftgehalt im Boden entweicht teilweise bei Untertauchen der Probe unter Wasser, fast vollständig erst nach längerem Kochen der in Wasser zerteilten Proben.

Die unter A—E verzeichneten Linien kennzeichnen den Gehalt der betreffenden Bodenart an den in Spalte I—X dargestellten Bodenbestandteilen; dabei stellen die ausgezogenen Linien wesentliche, die punktierten allenfalls vorhandenen sein könnende Bestandteile dar. Innerhalb einer, sich über ein größeres Bereich von I—VII erstreckenden Bodenart können gewisse Anteile praktisch nicht vorhanden sein. In diesem Falle setzt die durchgezogene oder gestrichelte Umfassungslinie an der betreffenden Stelle aus.

Die Eigenschaften der Bodenart ändern sich stark mit dem Wasser- bzw. Luftgehalt. Um auf diesen wichtigen Umstand wiederholt hinzuweisen, wurden bei allen Bodenarten der trockene, feuchte und nasse Zustand getrennt hervorgehoben.

Trocken ist jener Dauerzustand, welcher sich bei längerem Aufbewahren in einem trockenen Raume und in kurzer Zeit bei 100° C einstellt.

Feucht ist jener Wassergehalt, bei welchem Sand das Maximum an Bindigkeit zeigt, und Silt, Ton, Lehm und Erde eben deutlich plastisches oder diesem ähnliches Verhalten annehmen. Bei Torf, seinen Abarten und Zwischenprodukten (wie Moorerde) kennzeichnet jener Wassergehalt, der nach Auspressen der wassergetränkten Probe zwischen den Händen noch in derselben zurückbleibt, den feuchten Zustand.

Naß ist Sand, wenn seine Körner nicht nur oberflächlich benetzt (feuchter Zustand), sondern auch die Porenräume ganz oder teilweise wassererfüllt sind, so daß beim Ausschütten auf geneigter Fläche Wasser frei abläuft. Silt, Ton, Lehm sind naß, wenn ihr Wassergehalt möglichst nahe an die Fließgrenze herankommt. Torf u. dgl. sind naß, wenn sie beim Auspressen zwischen den Händen reichlich (mindestens aber 10% ihres Gewichtes) Wasser abgeben.

KURZE TECHNISCHE BERICHTE.

Die Weltausstellung in Brüssel.

Die Gesamtanlage der Weltausstellung, insbesondere die Aufteilung des Geländes mußte unter Einbeziehung städtebaulicher Gesichtspunkte der Stadt ausgeführt werden, denn verschiedene Hauptgebäude sollen nicht nur vorübergehend für die Zeitdauer und zu Zwecken der Welt-

gelegt. Da das Gelände ziemlich hügelig ist, waren außerordentliche Erdbewegungen (1 400 000 m³) und Terrassierungen notwendig, die von nicht geringer Bedeutung wegen der späteren Bebauung waren. Auf die Verbindung mit den angrenzenden Stadtteilen und dem Mittelpunkt der Stadt wurde größter Wert gelegt. Außer den einzelnen Pavillons der Länder, einer internationalen großen Halle, entstand in einem vorhandenen Park, der geschickt in die Ausstellung einbezogen wurde, ein Freilichttheater, ein Rosengarten und am Rande des zur Verfügung stehenden Geländes ein Stadion (Abb. 1). Die Gesamtfläche des Ausstellungsgeländes umfaßt 120 ha. Sechs Strom-Verteilungstellen speisen ein Netz mit einer Gesamtleistung von 12 000 kW. Die Entwässerungsanlagen mit Leitungen für Feuerlöschzwecke haben eine Länge von über 25 km. An Pflaster, Steinfliesen und Verkleidungen wurden 8000 m² verwendet.

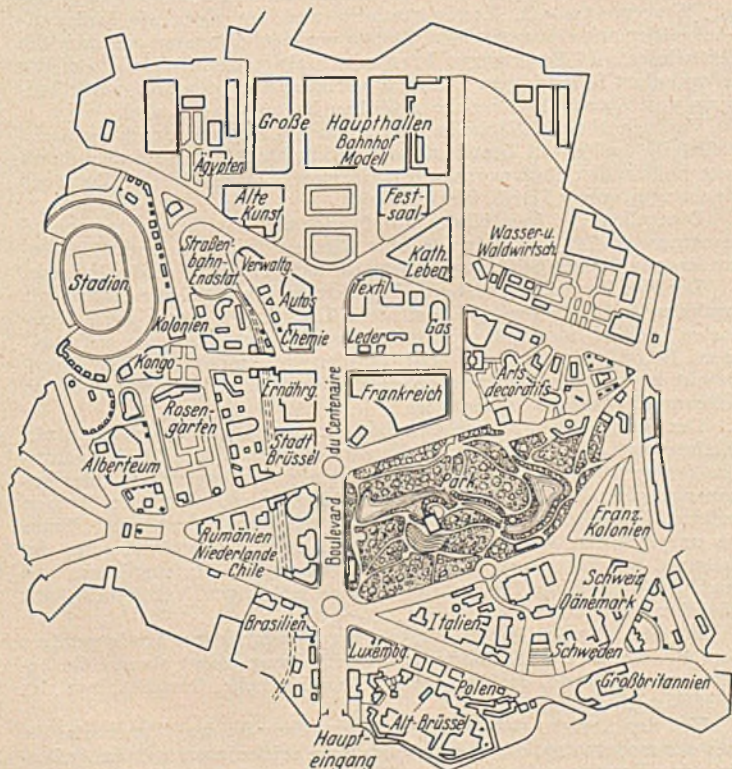


Abb. 1. Gesamtplan.

ausstellung, sondern auch für später und zu dauernder Verwendung errichtet bleiben, als Grundbestand für ein neues Stadtviertel. Dies galt für die verkehrstechnischen Anlagen in erhöhtem Maße. Die Straßenzüge wurden daher möglichst in Nord-Süd und Ost-West-Richtung an-



Abb. 2. Hauptstraße (Boulevard Centenaire) mit Blick zur großen Halle.

Vom tiefsten bis zum höchsten Punkt des Geländes zieht sich sanft ansteigend in nord-südlicher Richtung die Monumentalaxe der Ausstellung, der Boulevard Centenaire in einer Länge von 1700 m und einer Breite von 50 m (Abb. 2). Er trägt als Abschluß und Blickfang die große Haupthalle und ist durch eine Rasenfläche mit Springbrunnen und Kaskaden in zwei seitliche Wege geteilt. Rechts und links liegen die einzelnen Pavillons. Von der Haupthalle, über deren Konstruktion nachstehend berichtet wird, sei nur gesagt, daß sie als Endbahnhof

mit allem Zubehör ausgebaut ist und zur Aufnahme sämtlicher verkehrstechnischer Erzeugnisse aus allen Ländern bestimmt wurde, mit einer Radiostation und einem Filmvorführungsraum. Sie überdeckt eine Fläche von 15 000 m² (90 auf 166 m). Von den seitlich anschließenden Hallen umfaßt jede 10 800 m². Sie bestehen aus einem Stahlgerippe mit Backsteinmauerwerk und Eisenbetonpfeilern an der Fassade. In ihren Längsachsen steht jeweils eine Stützenreihe von sechs Säulen. Die lichte Höhe beträgt 9,25 m. Diese Hallen enthalten Ausstellungsgegenstände über allgemeine Angaben und Tatsachen von Leistungen des Staates öffentlicher Art wie Seefahrt, Fischerei, Schwerindustrie, usw. Nach vorn anschließend befinden sich zwei weitere Hallen von jeweils ungefähr 5000 m² Bodenfläche, deren rechte als Kongreß- und Konzertsaal (mit moderner Riesenorgel) dient, während die linke Halle Sammlungen alter belgischer und ausländischer Kunst enthält. Die Zwischenräume dieser einzelnen Gebäude sind ziemlich groß, um einem Übergreifen des Feuers bei einem Brand vorzubeugen. Eine gewisse bauliche Einheitlichkeit wurde wieder dadurch erreicht, daß die Hallen durch Säulengänge verbunden sind. Auf dem von diesen Gebäuden eingeschlossenen Platz befindet sich eine großzügige Wasseranlage mit beleuchtbarren Springbrunnen und Blumenbeeten.

Für die Ausstellung der gesamten belgischen Industrie wurde eine ganze Reihe von Einzelgebäuden vorgesehen und zwar jeder Industriezweig getrennt (Abb. 1). Auf einem dreieckigen Platz für sich abgeschlossen befindet sich die Schau „Katholisches Leben“, in einer Kirche mit Spitzkuppeln und Obelisken mit Messing verkleidet, die an eine Moschee erinnert. Die innere Ausstattung ist sehr kostbar, in Blau und Gold gehalten. Das Kuppelgebälk ist, rautenförmig angeordnet und sichtbar. Altar, Kanzel und Kirchenstühle sind aus wertvollem Holz. Ein Anbau enthält eine Sonderschau von Stickereien, Meßbüchern, Goldschmiedearbeiten und sonstigen sakralen Gegenständen.

Mit den neuesten Maschinen für Buchdruckerei, Lithographie, Photomechanik, Heliogravüre in einem besonderen Bau ist das graphische Gewerbe vertreten.

Bei der Ausstellung des „Commissariat général et des arts décoratifs“ handelt es sich um eine Gebäudegruppe, die mit dem Pavillon für „Graphik“ einen abgeschlossenen Teil für sich bildet. Darunter befindet sich der Pavillon für „angewandte Kunst“ in hellrotem Backsteinmauerwerk, weißem Dachgesims, grünen Ziegeln. In der Außenfassade sind Vertiefungen für Röhrenbeleuchtung eingelassen. Die Eingangshalle, mit Fresken aus der Geschichte des Landes bemalt, ist von einer Kuppel in Glassteinen überdeckt. In dem großen Speisesaal ist eine Loggia aufgebaut mit seltsamen ägyptischen Säulen und Lotuskapitälern. Daran schließt sich ein kleineres Gebäude an mit einem Dach in Form einer Pyramide. Die Ausstellung der einzelnen Gegenstände selbst befindet sich in einer Galerie von 150 m Länge und 17 m Breite.

Nächst dem Pavillon der angewandten Kunst befindet sich die Schau der keramischen Erzeugnisse von Hemixem, mit reichem architektonischen und künstlerischen Schmuck ausgestattet. Sie zeigt die Verwendung von Keramik im gesamten Haushalts- und Wohnwesen.

Umgeben von einer Baumschule und Aquarien, in ländlichem Stil gehalten zeigt sich der Pavillon für „Wald- und Wasserwirtschaft“; was Wald, Fischerei und Jagd betrifft, ist hier zu finden. Ein Bau für „Garten- und Landwirtschaft“ ist in einfachen und strengen Formen gehalten, der Eingang als Portika mit sechs viereckigen Pfeilern, geschmückt mit zwei Plastiken der Ceres und Flora. Ferner befindet sich ein Modellbauernhaus und eine Blumen- und Fruchthalle von 3000 m² dabei.

Der Pavillon für Mode und Textilindustrie hat gänzlich auf Tagesbeleuchtung verzichtet, ausgenommen die Eingangshalle, die in Form einer Rotunde ausgebildet ist und bis zum Dach hochgeführt wurde. An dem äußersten rechten Flügel bei einem zweiten Eingang steht ein Glasurm, der verschiedenfarbige Gewebe enthält.

Nächst diesem folgt der Pavillon der Lederindustrie, ein rechtwinkliger Flügelbau mit großen durchgehenden Fensterreihen.

Gegenüberliegend in einem rechteckigen Bau mit zwei halbkreisförmigen Baukörpern ist alles, was mit Gas zusammenhängt, untergebracht, wie Haushalts- und Industriegeräte, Anlagen zur Gewinnung und Verwendung der Nebenprodukte.

Die Entwicklung der Baumaterialien von den ersten Anfängen bis zu den neuesten Versuchen wird in einem rechteckigen Gebäude, dessen Eingangsseite und erster Stock ganz in Glas aufgelöst ist, gezeigt.

Darauf folgt die Schau der Kraftwagen und Fahrräder, zwei Hallen von 40 m auf 15 m, gegliedert durch einen halbrunden Baukörper mit einem Eingang in Form einer ungedeckten Rotunde als Zufahrt für die Wagen.

Ein Pavillon der „Chemischen Erzeugnisse“ mit 5700 m² Bodenfläche in Halbkreisform umfaßt die gesamte chemische Industrie Belgiens.

Eine der größten Ausstellungshallen ist die für „Ernährung“ mit einem hohen Turm und großen Glasflächen nach der Hauptstraße zu.

Im darauffolgenden Pavillon der Stadt Brüssel mit einem 50 m hohen Turm und einem wunderbaren Innenhof werden Statistiken und Aufzeichnungen jeder Art über das gesamte Wirtschafts- und Handelsleben Brüssels und eine Schau von Arbeiten einheimischer Künstler gezeigt. Er besteht aus zwei Baukörpern im rechten Winkel zueinanderstehend mit abgerundeten Ecken, verbunden durch den Eingang an der Straßenkreuzung. Die Seitenflächen sind mit großen Reliefs geschmückt.

Eine Anzahl Gebäude, die allgemein verständlichen Darstellungen verschiedener Wissenschaften dienen und zusammen eine Fläche von 7500 m² ausmachen, hat man nach dem jüngst verstorbenen König „Alberteum“ genannt. Im einzelnen handelt es sich um ein Planetarium, um Gebäude für Biologie, für physikalische Versuche verschiedenster Art, für Radioexperimente und um ein Kino.

Seiner Bedeutung entsprechend ist unter den Kolonien Belgisch-Kongo eine besondere Halle eingeräumt, ein strohgedecktes Gebäude mit einem Turm in Strohlalm.

Auf einem Gelände von 3 ha hat man einen Teil Alt-Brüssels mit ganzen Straßenzügen, Häusern, Fahnen und Kostümen erstehen lassen, was nebenbei erwähnt sei.

An die umfangreiche belgische Schau schließen sich die Ausstellungsgebäude der andern Länder an. Frankreich ist vertreten durch einen Pavillon der Stadt Paris am Boulevard Centenaire gelegen, überragt von einem 40 m hohen Turm an der halbkreisförmigen Fassade mit einem symbolhaften Schiff als Aufsatz. Die Fassade ist mit sechs Reliefs, Darstellungen aus der Geschichte der Stadt Paris, geschmückt. Pilaster und Turm sind mit indirekten Beleuchtungsanlagen versehen. An diesen Pavillon schließt sich der Hauptausstellungsbau Frankreichs an (Abb. 3) mit großem konkaven Mittelteil, der durch drei Eingänge mit darüber



Abb. 3. Hauptausstellungsbau Frankreichs.

befindliche der ganzen Höhe nach durchlaufenden und durch dekorative Seitenflächen eingerahmten Wandgemälden aufgeteilt ist. Das unebene Gelände wurde geschickt ausgenutzt zur Anlage von Freitreppen vor den Eingängen. Ergänzt wird dieser Bau durch kleinere Pavillons über Forst- und Landwirtschaft, Landwirtschaft und ein Gebäude Kolonial-Frankreichs mit einem riesigen Globus vor dem Eingang, auf dem die Schifflinien und Besitzungen Frankreichs eingezeichnet sind. Bei der afrikanischen Schau ist ein Diorama bemerkenswert über die große Talssperre von Sansanding, welche 1 Million ha bewässern wird.

Von den übrigen Nationen fällt besonders England durch eine sehr großzügige Anlage auf, bestehend aus zwei rechteckigen Gebäuden durch einen halbrunden Säulenvorbau mit riesigen Stützen vereint. Dazu ein Leuchtturm von 5,6 Mill. Kerzenstärke.

Die italienische Ausstellung umfaßt mehrere Pavillons auf 25 000 m² Beachtenswert ist das Gebäude über Littoria in Form eines Wolkenkratzer aus Glassteinen, mit vier riesigen Liktorenbüdeln an der Fassade.

Der Bau Luxemburgs ist ein Flügelbau an der Straßenkreuzung mit unruhigen Außenflächen und Konturen. Über dem Eingang große Glasfenster. Seitlich steht ein profilierter Metallobelisk von 30 m Höhe auf einem Betonfundament mit acht Pfählen, um nicht nur das Eigengewicht zu tragen, sondern auch dem Winddruck den entsprechenden Widerstand entgegen zu setzen.

Der Pavillon der Niederlande besteht aus einem Stahlgerippe mit Holzfasernplatten in einem bläulich marmorierten Ton. Die Eingangsseite ist mit Fresken bemalt. Ein Turm mit eigenartigen, blumenkronenartigen Metallgebilden, die bei Nacht in verschiedenen Farben leuchten, vervollständigt den sehr einfach gehaltenen Baukörper. Unter den ausgestellten Modellen ist besonders das der Trockenlegung der Zuisersee beachtenswert, dann die verschiedenen Hafenanlagen und Flughäfen. Eine Radiostation ist in ständiger Verbindung mit Niederländisch-Indien.

Bei den schweizerischen Ausstellungsräumlichkeiten wurde weniger Wert auf die äußere architektonische Gestaltung gelegt als auf die bequem zu begehende, sachgemäße und methodische Gesamtanlage der Ausstellung.

Von den übrigen Gebäuden der Ausstellung ist das Dänemarks als eines der modernsten, das Österreichs wegen seiner interessanten Außen- seite, das Brasiliens wegen seiner Eleganz bemerkenswert; Polen zeigt unter anderem eine interessante Darstellung der schnellen Entwicklung des neugegründeten Hafens Gdingen.

Die Farben der einzelnen Gebäude sind alle Schattierungen von Ocker und Rosa, dazwischen leichtes Blau oder Grün, so daß die gesamte Farbenwirkung eine sehr lichte ist. (Nach „La Technique des Travaux“ 1935.)

Dipl.-Ing. G. Föhringer, Hannover.

Das Hauptgebäude der Brüsseler Weltausstellung in Eisenbetonkonstruktion.

Von den fünf großen Ausstellungshallen sind vier in Stahl- und eine in Eisenbetonbauweise ausgeführt. Diese verdient nach Größe und Eigenart der Konstruktion besondere Beachtung.



Abb. 1.

licht geschaffen worden. Die senkrechte Stellung der Lichtbänder ist bekanntlich konstruktiv in Hinsicht auf die Dichtung günstig.

Der Stich des Bogens beträgt etwa 1 : 2,9; seine Breite ist durchgehend 1 m, die Höhe schwankt zwischen 1,00 bis 1,80 m. Die Bewehrung

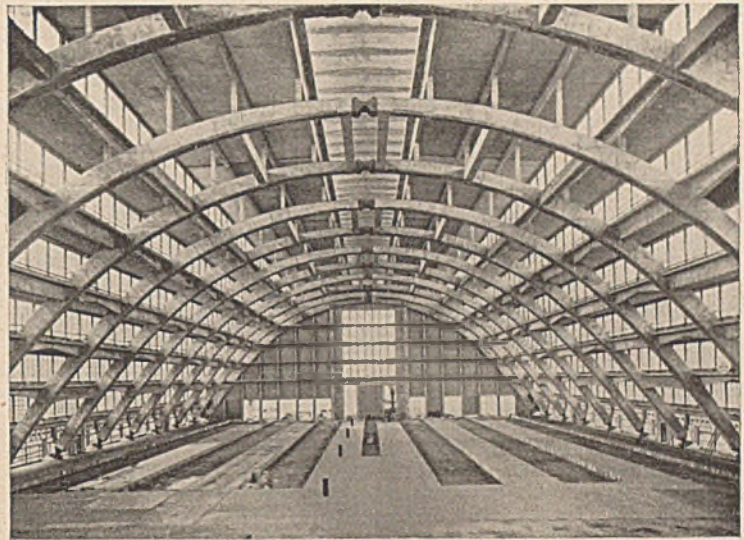


Abb. 2.

Die eigentliche Halle hat eine stützenlose Grundfläche von rd. $86 \times 131 \text{ m}^2$. Die Binder sind in der kürzeren Richtung, also 86 m weit, gespannt und als Dreigelenkbogen ausgebildet; ihre Entfernung voneinander beträgt 11,90 m. Die Längsseiten des Bauwerkes sind als Galerien ausgebildet, deren senkrechte Flächen verglast sind (s. Abb. 1 u. 2). Abb. 2 zeigt das Halleninnere mit seiner eigenartigen Raumwirkung. Auf diese Weise sind große Glasflächen und damit gutes Tages-

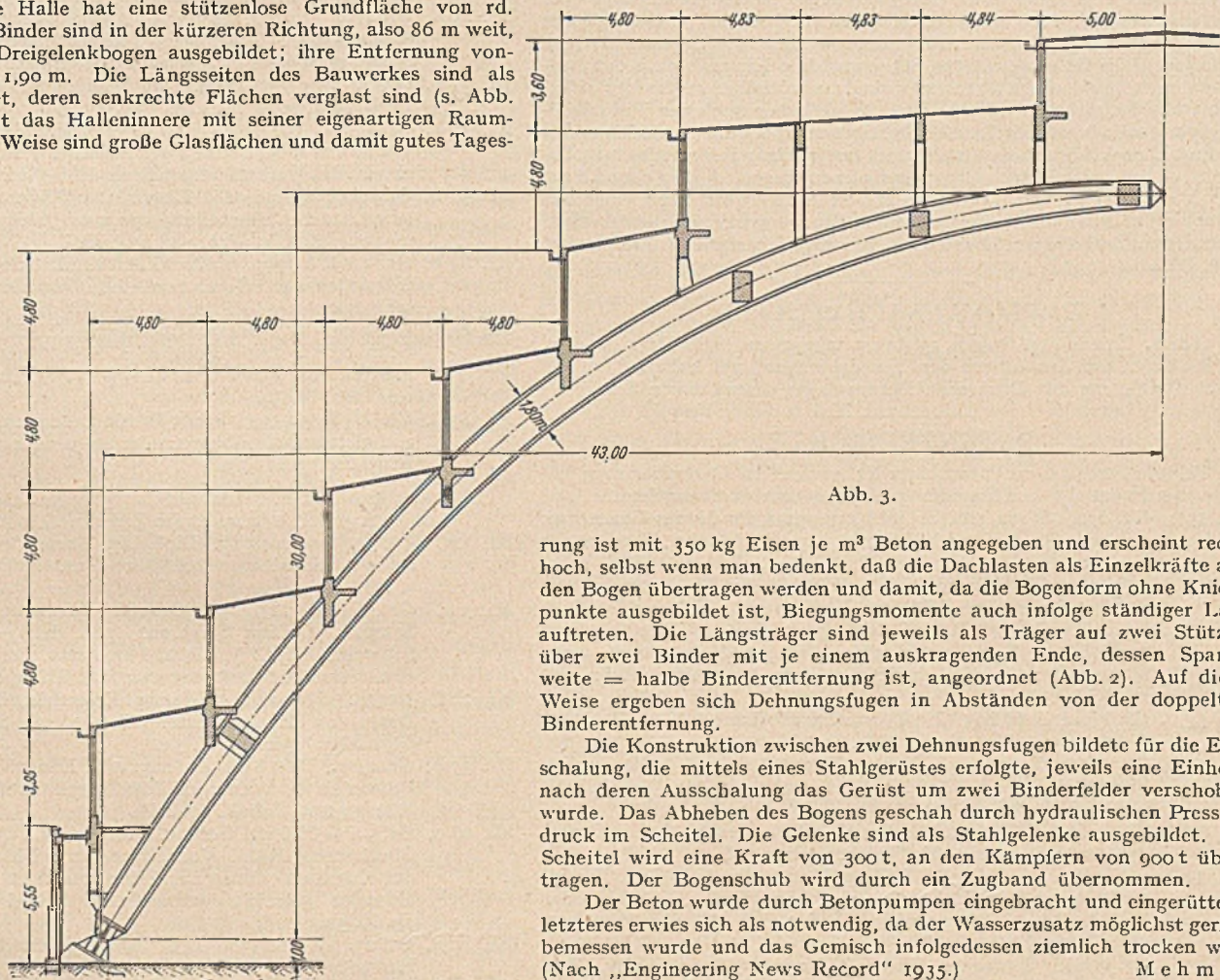


Abb. 3.

lichtung ist mit 350 kg Eisen je m^3 Beton angegeben und erscheint recht hoch, selbst wenn man bedenkt, daß die Dachlasten als Einzelkräfte auf den Bogen übertragen werden und damit, da die Bogenform ohne Knickpunkte ausgebildet ist, Biegemomente auch infolge ständiger Last auftreten. Die Längsträger sind jeweils als Träger auf zwei Stützen über zwei Binder mit je einem auskragenden Ende, dessen Spannweite = halbe Binderentfernung ist, angeordnet (Abb. 2). Auf diese Weise ergeben sich Dehnungsfugen in Abständen von der doppelten Binderentfernung.

Die Konstruktion zwischen zwei Dehnungsfugen bildete für die Einschalung, die mittels eines Stahlgerüsts erfolgte, jeweils eine Einheit, nach deren Ausschalung das Gerüst um zwei Binderfelder verschoben wurde. Das Abheben des Bogens geschah durch hydraulischen Pressendruck im Scheitel. Die Gelenke sind als Stahlgelenke ausgebildet. Im Scheitel wird eine Kraft von 300 t, an den Kämpfern von 900 t übertragen. Der Bogenschub wird durch ein Zugband übernommen.

Der Beton wurde durch Betonpumpen eingebracht und eingerüttelt; letzteres erwies sich als notwendig, da der Wasserzusatz möglichst gering bemessen wurde und das Gemisch infolgedessen ziemlich trocken war. (Nach „Engineering News Record“ 1935.) M e h m e l.

VERSCHIEDENE MITTEILUNGEN.

Bauerlaubnis auf Widerruf zugunsten des Allgemeinwohles.
Wer ist ersatzpflichtig, wenn neben dem Staat eine andere Körperschaft öffentlichen Rechts durch die Versagung der Bauerlaubnis begünstigt ist?

(Eine Reichsgerichtsentscheidung von grundsätzlicher Bedeutung.)

Kläger ist Spediteur und Eigentümer eines Baugrundstücks in Gelsenkirchen-Buer. Als er im Jahre 1930 bei der Baupolizeibehörde um Er-

laubnis für die Errichtung eines Lagerhauses nachsuchte, wurde ihm die Erlaubnis nur unter „Vorbehalt des jederzeitigen entschädigungslosen Widerrufs“ erteilt. Und zwar sollte der frühere Zustand wieder hergestellt werden, „sobald dies mit Rücksicht auf den Ausbau der auf dem angrenzenden Verkehrsband V 9 (Ruhrkohlenbezirk) vorgesehenen Bahnanlagen vom Siedlungsverband verlangt wird“. Kläger hat die Ausführung des Baues unterlassen, da er den jederzeitigen Widerruf als Versagung der Bauerlaubnis auffaßt. Für die Aufopferung seines Rechts verlangt er in der gegenwärtigen Klage vom Preussischen Staat auf Grund

der §§ 74, 75 Einl. z. ALR. 30 000 RM. Einmal habe der Verkaufswert seines Grundstücks gelitten, sodann sei er durch die Versagung der Baugenehmigung in seinem Gewerbebetrieb als Spediteur schwer geschädigt worden.

Landgericht Essen und Reichsgericht haben den Anspruch des Klägers dem Grunde nach für gerechtfertigt erklärt. Den Kernpunkt des Streites bildete die Frage, wer entschädigungspflichtig ist. Den reichsgerichtlichen Entscheidungsgründen zu dieser in gewisser Beziehung grundsätzlichen Rechtsfrage, entnehmen wir die folgenden Richtlinien: Die Frage, gegen wen der Anspruch aus §§ 74, 75 Einl. z. ALR. zu richten ist, wenn mehrere Körperschaften des öffentlichen Rechts durch den staatshoheitlichen Eingriff begünstigt werden, ist vom Reichsgericht schon mehrfach erörtert worden. Daß entgegen dem Wortlaut des § 75 Einl. z. ALR. nicht der Staat allein als entschädigungspflichtig in Betracht kommt, ist schon in dem Urteil in RGZ. B. 28 S. 275 als selbstverständlich angenommen worden. In einem späteren Urteil wird von den „Kommunalverbänden, insbesondere den Gemeinden“ als ersatzpflichtigen Körperschaften gesprochen. Dagegen führt schon genauer das Urteil des jetzt erkennenden Senats in RGZ. B. 82 S. 81 aus, von der Rechtsprechung seien regelmäßig als entschädigungspflichtige Körperschaften nur der engste Kreis, die Gemeinde und der Staat selbst herangezogen worden, und daran sei festzuhalten. Sobald der Eingriff in einer über das örtliche Interesse hinausgreifenden Weise dem allgemeinen Wohle diene, sei als entschädigungspflichtig nur der Staat in Betracht zu ziehen, nicht dagegen einer der zwischen Staat und Gemeinde stehenden öffentlich-rechtlichen Verbände (Provinzen, Kreise usw.). Denn der Staat, ein lebender Organismus, leide mittelbar, wenn einer seiner Teile leide; er habe Nutzen, wenn das Wohl einer seiner Teile gefördert werde. Freilich hat — so führt der erkennende 7. Zivilsenat in seinen Entscheidungsgründen zu diesem Falle weiter aus — das Reichsgericht mehrfach auch andere öffentlich-rechtliche Verbände als den Staat oder die Gemeinden für ersatzpflichtig erklärt, so z. B. eine Kleinbahngesellschaft, eine Gesamtkörperschaft von Deichverbänden (vgl. RGZ. B. 118 S. 22) und eine Kirchengemeinde. Es kann aber dahingestellt bleiben, ob dadurch der vordem ausgesprochene Grundsatz verletzt worden ist. Im gegenwärtigen Falle jedenfalls ist der beklagte Staat aus dem Eingriff, dem der Aufopferungsanspruch des Klägers entspringt, unmittelbar begünstigt. Deshalb ist nicht mehr zu untersuchen, ob nebenher auch der Ruhsiedlungsverband als unmittelbar begünstigte Körperschaft anzusehen ist. Kommt aber der Staat als unmittelbar begünstigte Körperschaft in Betracht, so hat er die Entschädigungspflicht zu tragen. Ausschließen als Verpflichteter würde der Staat nur dann, wenn das Ergebnis des Eingriffs dem allgemeinen Staatszwecke überhaupt nicht oder nicht unmittelbar nutzbar wäre. „Reichsgerichtsbriefe“. (VII 41/35. — 8. Oktober 1935.)

PERSONALNACHRICHTEN.

Am 1. Januar 1936 waren 25 Jahre vergangen, seit Herr Dr.-Ing. W. Petry, der den Lesern des „Bauingenieur“ gut bekannt ist, die Geschäftsführung des Deutschen Betonvereins übernommen hat.

PATENTBERICHTE.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 50 vom 12. Dezember 1935 und vom gleichen Tage ab im Reichspatentamt ausgelegt.

- Kl. 19 c, Gr. 2/01. S 112 306. Société Anonyme des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont à Mousson, Pont à Mousson, Frankreich; Vertr.: Dr. Chr. Deichler, Pat.-Anw., Berlin SW 11. Verfahren und Werkzeug zur Verdichtung des Untergrundes von Straßendecken. 28. XII. 33. Frankreich 1. V. 33.
- Kl. 37 a, Gr. 2. B 163 487. Hans Baucke, Saarbrücken. Ohne Schalung herstellbare Eisenbetonplattenbalkendecke mit einer tragfähigen Bewehrung aus Gitterträgern und mit Füllkörpern. 11. XII. 33.
- Kl. 37 b, Gr. 2/02. A 68 895. Karl Antoni und Alwin Antoni, Roth bei Gelnhausen. Kunstholzplatte. 22. II. 33.
- Kl. 37 b, Gr. 5/01. S 101 593. Siemens-Bauunion G. m. b. H., Berlin-Siemensstadt. Krallendübel-Scheibenpaar zur Verbindung von Holzbauteilen. 24. X. 31.
- Kl. 37 d, Gr. 36/03. W 87 916. Alfred Walter, Niesky, O.-L. Drahtspannschloß, insbes. für Viehkoppeln. 7. I. 32.
- Kl. 37 f, Gr. 7/05. H 136 458. Philipp Holzmann Akt.-Ges., Zweigniederlassung Berlin, Abt. Hochbau, Berlin. Stahl- oder Eisenbetonskelettbau mit Wänden aus fabrikmäßig hergestellten Platten. 3. VI. 33.
- Kl. 37 f, Gr. 7/16. S 99 077. Sneed & Company, Jersey City, New Jersey, V. St. A.; Vertr.: Dr.-Ing. H. Ruschke. Pat.-Anw., Berlin-Charlottenburg. Gebäude mit durch Walzeisenstützen getragenen Platten als Decken. 8. VI. 31. V. St. Amerika 2. VII. 30.
- Kl. 42 k, Gr. 20/01. M 130 567. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Nürnberg. Werkstoffprüfmaschine für Zugversuche. 28. III. 35.
- Kl. 42 k, Gr. 20/02. M 126 381. Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhoff A.-G., Mannheim. Dauerbiegemaschine zur Erzeugung eines über die Länge des feststehenden, nicht umlaufenden Prüfkörpers gleichbleibenden Biegemoments. 1. II. 34.
- Kl. 80 a, Gr. 49. W 87 121. Hermann Walter, Berlin. Auf Rüttelrollen

laufende Rüttelmaschine mit einer Nachverdichtungsvorrichtung zum Herstellen von eisenbewehrten Betonhohlkörpern. 29. IX. 31.

- Kl. 80 a, Gr. 62/10. R 91 478. Richard Raupach Maschinenfabrik Görlitz G. m. b. H., Görlitz, und Alfred Rümcke, Magdeburg. Verfahren zur Herstellung besandeter Straßenpflasterklinker. 25. IX. 34.
- Kl. 84 c, Gr. 2. W 87 678. Dipl.-Ing. Kurt Willner, Verden, Aller. Eiserne Spundbohle. Z-förmigen Querschnitts; Zus. z. Pat. 611 277. 1. XII. 31.
- Kl. 85 c, Gr. 9/05. B 158 392. Bunzlauer Eisenwerke Ferdinand Wiesner, Bunzlau i. Schl. Leichtflüssigkeitsabscheider. 24. XI. 32.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 51 vom 19. Dezember 1935 und vom gleichen Tage ab im Reichspatentamt ausgelegt.

- Kl. 19 a, Gr. 11. D 63 723. August Dettmer, Altona-Elbe. Schienenbefestigung unter Verwendung einer zwischen der Unterlage und der Schiene angeordneten Federplatte. 20. VI. 32.
- Kl. 19 a, Gr. 11. L 87 000. Alfred Loebell, Berlin-Südende. Schienenbefestigung mit hakenartigen oder klauenförmigen Klemmmitteln; Zus. z. Pat. 608 232. 17. XI. 34.
- Kl. 19 a, Gr. 11. L 88 353. Alfred Loebell, Berlin-Südende. Schienenbefestigung auf Querschwellen an den Schienenstößen mittels Hakenhülsen; Zus. z. Pat. 608 232. 1. VII. 35.
- Kl. 19 a, Gr. 11. V 30 107. Karl Voßloh, Werdohl i. W. Schienenbefestigung mit zwischen Schienenfuß und Unterlage angeordnetem blattfederartigen Zwischenstück. 11. XI. 33.
- Kl. 19 c, Gr. 11/01. H 128 265. Gustav Hoh, München. Pflastersetzmaschine. 22. VIII. 31.
- Kl. 19 c, Gr. 11/10. M 127 177. Johann Müllers, Köln-Nippes. Wendeform zum Herstellen und Versetzen von Betonpflasterblöcken in unabgebundenem Zustand. 13. IV. 34.
- Kl. 20 h, Gr. 4. S 117 202. Siemens-Schuckertwerke Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt. Einrichtung, insbes. zum Erhöhen der Ausnutzbarkeit von Rangieranlagen. 19. II. 35.
- Kl. 37 a, Gr. 2. W 91 707. Dr. Paul Wangemann, Berlin-Schöneberg. Deckenbauweise; Zus. z. Pat. 575 973. 29. IV. 33.
- Kl. 37 a, Gr. 4. W 93 949. Carl Wenczek, Berlin-Charlottenburg. Wand aus Formsteinen mit schrägen, sich kreuzenden, mit einem Bindemittel angefüllten Hohlräumen. 22. III. 34.
- Kl. 37 b, Gr. 2/01. K 138 018. Eugen Max Kilgus, Breslau. Einheitsbauplatte zur Herstellung von zwei- oder dreischaligen Hohlmauern; Zus. z. Pat. 518 239. 6. I. 33.
- Kl. 84 b, Gr. 2. R 85 997. Leopold Rothmund, Stuttgart. Schwimmtrogschleuse mit durch pendelnde Druckluft bewegten Schleusentrögen. 26. IX. 32.
- Kl. 85 b, Gr. 1/01. H 136 451. Chemische Fabrik Joh. A. Benckiser, G. m. b. H., Ludwigshafen a. Rh. Verfahren zum Weichmachen von Wasser. 2. VI. 33. V. St. Amerika 22. VIII. 32 und 20. III. 33.
- Kl. 85 d, Gr. 1. St 50 505. Stadt Breslau, Breslau. Brunnenfilterrohr aus gleichachsig übereinander angeordneten, plattenförmigen Ringen. 13. II. 33.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 52 vom 24. Dezember 1935 und vom gleichen Tage ab im Reichspatentamt ausgelegt.

- Kl. 4 c, Gr. 35. Sch 103 687. Dipl.-Ing. Bruno Schäfer, Philippsburg, Baden. Scheibengasbehälter; Zus. z. Anm. Sch 102 977. 9. III. 34.
- Kl. 5 a, Gr. 16. S 115 409. Oswald Salzmänn, Kriens, Luzern, Schweiz, u. Lina Salzmänn, geb. Klingele, Naters, Wallis, Schweiz; Vertr.: J. Koch, Pat.-Anw., Berlin NO 18. Rammeneinrichtung für Tiefbohrungen. 15. IX. 34. Schweiz 2. IV. 34.
- Kl. 20 i, Gr. 31. R 90 671. Martin Rosenfeld, Berlin-Wannsee, u. Denes von Mihaly, Berlin-Wilmersdorf. Schienenkontakt für Gleisfahrzeuge. 24. V. 34.
- Kl. 37 b, Gr. 2/01. D 64 836. Dr.-Ing. e. h. Eduard Dyckerhoff, Schloß Blumenau b. Wunstorf. Torfbauplatte zum Isolieren gegen Wärme und Schall. 9. XII. 32.
- Kl. 68 c, Gr. 9. G 86 672. Gutehoffnungshütte Oberhausen Akt.-Ges., Oberhausen, Rhld. Vorrichtung zum Führen und Feststellen der einzelnen oder in Einheiten zu zweien oder mehreren miteinander gelenkig verbundenen Flügel von Hallentoren. 23. X. 33.
- Kl. 80 a, Gr. 27. S 114 938. Leo Sauter, Bielefeld. Verfahren zum Herstellen von Deckensteinen. 31. VII. 34.
- Kl. 80 b, Gr. 21/04. K 127 415. Rall-Mauerdübel G. m. b. H., Berlin. Masse zur Herstellung einer nagelbaren Füllung. 21. X. 32.
- Kl. 84 a, Gr. 3/10. L 79 729. Henri Lang, Paris; Vertr.: Dipl.-Ing. W. von Sauer, Pat.-Anw., Berlin SW 11. Vorrichtung zum Aufrichten und Niederlegen eines Klappenwehrs nach Chanoine-Pasqueau. 4. XI. 31. Frankreich 4. XI. 30.
- Kl. 84 b, Gr. 1. M 116 885. Mario Molinelli, Mailand, Italien; Vertr.: Dipl.-Ing. A. Bursch, Pat.-Anw., Berlin W 8. Lagerung für Schleusenstemmtore. 14. IX. 31.
- Kl. 85 d, Gr. 12. P 66 195. Fa. Polte, Magdeburg. Abschlußventil für insbes. innerhalb von Wasserpfosten angeordnete Straßenbrunnen. 14. X. 32.