

Biblioteka Główna i OINT  
Politechniki Wrocławskiej



100100161382

A 405 III







# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

PREUSSISCHEN FINANZ-MINISTERIUM.

BEGUTACHTUNGS-AUSSCHUSS:

Dr.-Ing. L. SYMPHER,  
OBERBAU- UND MINISTERIALDIREKTOR.

Dr.-Ing. R. UBER,  
OBERBAU- UND MINISTERIALDIREKTOR.

M. KUMBIER,  
GEHEIMER OBERBAURAT.

SCHRIFTFLEITER:

FRIEDRICH SCHULTZE UND RICHARD BERGIUS.

70. JAHRGANG 1920.

MIT 45 TAFELN IN FOLIO UND VIELEN IN DEN TEXT  
EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.



1919. 688.

BERLIN 1920

VERLAG VON WILHELM ERNST u. SOHN.



Alle Rechte vorbehalten.



# Inhalt des siebzigsten Jahrganges.

## A. Landbau.

	Atlas Bl.-Nr.	Text Seite		Atlas Bl.-Nr.	Text Seite
Die Beisetzung Theoderichs des Großen und das Innere seines Grabmals, mit 19 Textabbildungen, vom Geheimen Baurat E. Priß in Koblenz . . . . .	—	1	Die Entstehung der islamischen Baukunst, mit 24 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat a. D. Hasak in Berlin-Grünwald . . . . .	—	217
Alte Haustüren in Hannover und ihre Werkweise, mit 47 Textabbildungen, nach einem Aufsatz von Friedrich Ebel (gefallen am 14. Juli 1915) . . . . .	1—8	33	Die Rathäuser der Stadt Aachen, deren Wiederherstellung und ihre Anbauten, mit 12 Textabbildungen, vom Baurat Laurent, Stadtbaurat in Aachen . . . . .	18—20	245
Die bauliche und betriebstechnische Entwicklung der staatlichen Bäder u. Mineralbrunnen. 1. Bad Nenndorf, mit 21 Textabbildungen, vom Wirklichen Geheimen Oberbaurat Boettger, Vortragenden Rat im Landwirtschaftsministerium . . . . .	9—12	61	Burg Hohnstein am Harz, mit 3 Textabbildungen, von Privatdozent Professor Dr.-Ing. Adolf Zeller in Charlottenburg . . . . .	33	409
2. Bad Ems, mit 19 Textabbildungen . . . . .	30—32	385	Englische Bestrebungen zur Behebung der Wohnungsnot nach dem Kriege, mit 87 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat Dr. Stephan Prager in Merseburg . . . . .	—	413
Der Marktbrunnen in Rottenburg am Neckar, mit 3 Textabbildungen, vom Architekten B. d. A. C. A. Meckel in Freiburg i. Br. . . . .	16	197	Der Städtebau und die Renaissance in Italien und Deutschland. Ein Beitrag zur Geschichte der Stadtbaukunst, mit 35 Textabbildungen, von Dr.-Ing. E. d. Jobst Siedler in Berlin-Zehlendorf . . . . .	—	597
Beiträge zur Entwicklung des protestantischen Holzkirchenbaues im Posenschen Lande, mit 11 Textabbildungen, vom Oberlehrer Professor Dr.-Ing. Alfred Grotte in Breslau (bisher Posen) . . . . .	17	207	Genagelte Füllungstüren des Mittelalters, mit 34 Textabbildungen, vom Regierungsbaurat F. Borowski in Breslau . . . . .	39 u. 40	649

## B. Wasser-, Schiff-, Maschinen-, Wege- und Eisenbahnbau.

	Atlas Bl.-Nr.	Text Seite		Atlas Bl.-Nr.	Text Seite
Der Schiffahrtsweg „Cleve—Rhein“ (Spoy-Kanal), mit 12 Textabbildungen, vom Baurat Berkenkamp † in Düsseldorf . . . . .	—	95	Über Sohlenwasserdruck bei Staumauern mit entwässerter Gründungsfläche (Bemerkungen zu dem Aufsatz im Jahrgang 1919 S. 517) . . . . .	—	383
Untersuchung über die Einwirkung der Form der Molen auf Küstenströmung und Sandwanderung vor den Hafeneinfahrten, mit 2 Textabbild., vom Baurat Musset in Kolberg	13 u. 14	105	Eisenbahnbauten für den Frontbetrieb, mit 11 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Kümmel in Cassel . . . . .	34	499
Berechnungsgrundlagen für eiserne Straßenbrücken, mit 7 Textabbildungen, von Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Ellerbeck und Regierungsbaumeister Starker in Berlin . . . . .	15	115	Brückenwiederherstellungen in Galizien, mit 20 Textabbildungen, vom Bauinspektor Dr.-Ing. Gaber in Heidelberg . . . . .	35	533
Die Ausgestaltung der Landstraßen mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr, mit 35 Textabbildungen, vom Regierungsbauführer Dr.-Ing. Jens Agerley in Schiewenhorst, Danziger Niederung . . . . .	—	133	Die Wiederherstellung der Dünabrücke bei Riga, mit 8 Textabbildungen, vom Bauinspektor Dr.-Ing. Gaber in Heidelberg . . . . .	36—38	547
Die Kanalanlagen bei Hannover, mit 8 Textabbildungen, vom Oberbaurat Progasky † in Hannover . . . . .	21 u. 22	273	Vor- und Sturzbetten an Stauanlagen mit besonderer Berücksichtigung der Wehranlagen auf angeschwemmtem Untergrunde, mit 29 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. F. W. Schmidt in Münster i. Westf. . . . .	—	555
Über deutsche Eisenbauanstalten und ihre Arbeitsweisen, mit 16 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Elbern in Mehlem (Rhein) . . . . .	23—29	281	Über die zweckmäßigste Anordnung der äußeren Hafendämme von Seehäfen an sandiger Küste mit Rücksicht auf den Einfluß, den die auf die Umgestaltung der Ufer einwirkenden Naturkräfte ausüben, unter besonderer Betrachtung der Verhältnisse an der deutschen Ostseeküste, mit 36 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Heiser in Swinemünde . . . . .	41—45	677
Das Verkehrswesen von Lille, mit 8 Textabbildungen, vom Professor Dr.-Ing. Blum in Hannover . . . . .	—	329	Zusatzspannungen bei Gewölben, mit 21 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Walter Nakonz in Berlin-Friedenau . . . . .	—	777
Die statische Berechnung schiefer Dreigelenkgewölbe, mit 16 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Walter Nakonz in Berlin-Friedenau . . . . .	—	357			

## C. Kunstgeschichte und Archäologie.

	Atlas Bl. - Nr.	Text Seite		Atlas Bl. - Nr.	Text Seite
Die Beisetzung Theoderichs des Großen und das Innere seines Grabmals, mit 19 Textabbildungen, vom Geheimen Baurat F. Prieß in Koblenz . . . . .	—	1	Die Entstehung der islamischen Baukunst, mit 24 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat a. D. Hasak in Berlin-Grünwald . . . . .	—	217
Alte Haustüren in Hannover und ihre Werkweise, mit 47 Textabbildungen, nach einem Aufsatz von Friedrich Ebel (gefallen am 14. Juli 1915) . . . . .	1—8	33	Die Rathäuser der Stadt Aachen, deren Wiederherstellung und ihre Anbauten, mit 12 Textabbildungen, vom Baurat Laurent, Stadtbaurat in Aachen . . . . .	18—20	245
Der Marktbrunnen in Rottenburg am Neckar, mit 3 Textabbildungen, vom Architekten B. d. A. C. A. Meckel in Freiburg i. Br. . . . .	16	197	Burg Hohnstein am Harz, mit 3 Textabbildungen, von Privatdozent Professor Dr.-Ing. Adolf Zeller in Charlottenburg . . . . .	33	409
Beiträge zur Entwicklung des protestantischen Holzkirchenbaues im Posenschen Lande, mit 11 Textabbildungen, vom Oberlehrer Professor Dr.-Ing. Alfred Grotte in Breslau (bisher Posen) . . . . .	17	207	Der Städtebau und die Renaissance in Italien und Deutschland. Ein Beitrag zur Geschichte der Stadtbaukunst, mit 35 Textabbildungen, von Dr.-Ing. Ed. Jobst Siedler in Berlin-Zehlendorf . . . . .	—	597
			Genagelte und Füllungstüren des Mittelalters, mit 34 Textabbildungen, vom Regierungsbaurat F. Borowski in Breslau . . . . .	39 u. 40	649

## D. Bauwissenschaftliche Mitteilungen.

	Atlas Bl. - Nr.	Text Seite		Atlas Bl. - Nr.	Text Seite
Untersuchungen über die Einwirkung der Form der Molen auf Küstenströmung und Sandwanderung vor den Hafeneinfahrten, mit 2 Textabbildungen, vom Baurat Musset in Kolberg . . . . .	13 u. 14	105	Die statische Berechnung schiefer Dreiecksgewölbe, mit 16 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Walter Nakonz in Berlin-Friedenau . . . . .	—	357
Berechnungsgrundlagen für eiserne Straßenbrücken, mit 7 Textabbildungen, von Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Ellerbeck und Regierungsbaumeister Starker in Berlin . . . . .	15	115	Über Sohlenwasserdruck bei Staumauern mit entwässerter Gründungsfläche (Bemerkungen zu dem Aufsatz im Jahrgang 1919, S. 517). Vor- und Sturzbetten an Stauanlagen mit besonderer Berücksichtigung der Wehranlagen auf angeschwemmtem Untergrunde, mit 29 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. F. W. Schmidt in Münster i. Westf. . . . .	—	383
Die Ausgestaltung der Landstraßen mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr, mit 35 Textabbildungen, vom Regierungsbauführer Dr.-Ing. Jens Agerley in Schiewenhorst, Danziger Niederung . . . . .	—	133	Über die zweckmäßigste Anordnung der äußeren Hafendämme von Seehäfen an sandiger Küste mit Rücksicht auf den Einfluß, den die auf die Umgestaltung der Ufer einwirkenden Naturkräfte ausüben, unter besonderer Betrachtung der Verhältnisse an der deutschen Ostseeküste, mit 36 Textabbildungen, vom Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Heiser in Swinemünde . . . . .	41—45	677
Der elastische stabförmige Träger von beliebiger Gestaltung, mit 6 Textabbildungen, vom Geheimen Oberbaurat Professor Dr.-Ing. Fr. Engeßer in Karlsruhe . . . . .	—	185	Zusatzspannungen bei Gewölben, mit 21 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Walter Nakonz in Berlin-Friedenau . . . . .	—	777
Über Versuche mit Steinerhaltungsmitteln, VI. Mitteilung, von Professor Dr. F. Rathgen, Chemiker bei den Staatlichen Museen in Berlin . . . . .	—	267			
Über deutsche Eisenbauanstalten und ihre Arbeitsweisen, mit 16 Textabbildungen, vom Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Elbern in Mehlem (Rhein) . . . . .	23—29	281			

## E. Anderweitige Mitteilungen.

(Fehlen.)

## Statistische Nachweisungen,

im Auftrage des Herrn Finanzministers bearbeitet, betreffend:

Die in den Jahren 1917 und 1918 unter Mitwirkung der Staatsbaubeamten vollendeten Hochbauten . . . . . 1—12

## Druckfehler-Berichtigung.

S. 107 Zeile 4 von oben lies: Nordnordwesten (oder NNW) statt Nordwesten.

S. 109 Zeile 9 von unten lies: habe statt haben.

S. 110 Zeile 15 von unten lies: als jetzt statt wie jetzt.



## Die Beisetzung Theoderichs des Großen und das Innere seines Grabmals.<sup>1)</sup>

Vom Geheimen Baurat F. Prieß in Koblenz.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Nachdem das Äußere des Theoderichgrabmals behandelt worden ist (vgl. Jahrgang 1918 d. Z., S. 21 u. 143), wenden wir uns jetzt dem Innern und damit der Beisetzung des Leichnams zu, dem wichtigsten Teile des Ganzen, der notwendig die Anordnung des gesamten Baues in bestimmender Weise beeinflussen muß. Wenn die Gestaltung des Äußern, wie wir bewiesen haben, durchweg aus germanischer Bau- und Anschauungsweise sich herleiten läßt, so wird diese voraussichtlich auch für die Anordnung des Innern und für die Beisetzung des Toten maßgebend gewesen sein.

Wie haben wir uns nun die Beisetzung eines großen germanischen Volksherrschers zu denken?

Die Berichte über Karls des Großen Bestattung geben hierüber eingehende Aufklärung. Von ihm heißt es in einem Zusatze zu den Lorscher Annalen<sup>2)</sup>: „Und Karl ward begraben zu Aachen in der Kirche der heiligen Mutter Gottes, die er selbst gebaut hatte. Sein Leib aber wurde einbalsamiert und auf goldenem Stuhle sitzend im Grabgewölbe bestattet, umgürtet mit goldenem Schwerte, ein goldenes Evangelium auf den Knien in den Händen haltend, die Schultern rückwärts an den Stuhl gelehnt, das Haupt stattlich erhoben und mit goldener Kette das Diadem darauf befestigt. Und im Diadem war ein Stück vom heiligen Kreuze eingelegt. Und sie erfüllten sein Grab mit Wohlgerüchen, Spezereien, Balsam und Moschus und vielen Schätzen in Gold. Sein Leib ward mit kaiserlichen Gewändern bekleidet und mit einem Schweißtuch unter dem Diadem sein Antlitz bedeckt. — Das goldene Szepter und den goldenen Schild, den Papst Leo geweiht hatte, stellte man ihm zu Füßen; hierauf ward sein Grab geschlossen und versiegelt.“ Die Wahrheit dieses Berichtes wird zwar von einigen deutschen Gelehrten angezweifelt, wie so manches andere. Wir haben aber von verschiedenen Seiten so einwandfreie Bestätigungen desselben, z. B. unter anderen vom Grafen Otto von Laumel, dem protospatharius und comes sacri palatii Ottos III., der bei der von diesem Kaiser im Jahre 1000 vorgenommenen Grabesöffnung allein mit zwei Bischöfen zugegen war, daß sich an dieser Beisetzungsart im allgemeinen nicht zweifeln läßt, mögen auch weniger bedeutende Einzelheiten in den verschiedenen Quellen etwas abweichend angegeben sein (vgl. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1908, S. 522).

Eine solche Beisetzungsart wird auch unserm Empfinden, da uns die Sage von Barbarossas Zauberschlaf allgemein geläufig ist, als die würdigste und angemessenste erscheinen. Sie mußte ferner auch dem großen Ostgotenkönige Theoderich († 526) nahe liegen. War doch der Westgotenkönig Alarich

(† 410), wenn auch nicht in ganz derselben, so doch in einer ähnlichen Weise, wie sie durch die Not des Augenblicks bei den auf der Wanderschaft und in Kämpfen begriffenen Westgoten bedingt war, von seinem Volke im Bette des Busento mit königlichen Schätzen beigesetzt, wie der gotische Geschichtschreiber Jornandes berichtet. Auch im Grabmal der Galla Placidia in Ravenna, der römischen Kaisertochter und Herrscherin des Westreichs, die in erster Ehe mit dem Westgotenkönig Adolf (Athaulf) vermählt war, sah man bis zum Jahre 1577 in einem nicht zugänglichen unterirdischen Raum die Gestalt einer Herrscherin auf königlichem Throne sitzend. In dem genannten Jahre verbrannte die Leiche, als Kinder, um sie zu besichtigen, ihr ein Licht genähert hatten.<sup>3)</sup> Ferner wurde der Vater von Theoderichs Gattin Audeflada (der Name wird sehr verschieden geschrieben), der Frankenkönig Childerich I., Vater Chlodwigs und noch ein Heide, etwa im Jahre 481 in Dornyk (Tournai bei Lille) unter Beigabe seiner Waffen sowie vieler Kostbarkeiten und Goldmünzen beigesetzt, wie sich dies bei der Entdeckung seines Grabes im Jahre 1653 ergab.<sup>4)</sup>

Theoderich dem Großen mußte daher, wenn er über die Art seiner Beisetzung entschied, das Beispiel verschiedener etwas früherer oder fast mit ihm gleichzeitiger Herrscher vor Augen stehen, die sich in ähnlicher Weise wie später Karl der Große hatten bestatten lassen.<sup>5)</sup> Wenn er nun wirklich auf einem Throne sitzend sich hat beisetzen lassen, so muß man sich klar machen, daß die Ausführung einer derartigen Bestattung ganz eigentümliche Maßnahmen und Einrichtungen verlangt.

Aus der obigen Beschreibung der Beisetzung Karls geht hervor, welche Schwierigkeit die Erhaltung des Leibes eines frei im Raume sitzend Bestatteten machen muß. Der Leib wurde einbalsamiert und in aufrecht sitzender Stellung auf dem Thronsessel festgebunden, der Grabesraum mit wohlriechenden und den Körper des Toten gegen Verwesung schützenden Spezereien, Balsam und Moschus angefüllt, und da man doch die trotz allem unvermeidlichen Folgen des natürlichen Verlaufes der Dinge voraussah, wurde das Antlitz des Toten mit einem Schweißtuche bedeckt, um es selbst in dem verschlossenen und versiegelten, gänzlich unzugänglichen und dunkeln Raume noch zu verhüllen. Die Ägypter umwandten, um die Verwesung abzuhalten, die Körper ihrer einbalsamierten Toten mit Leinwandbinden von unendlicher

3) Vgl. v. Quast, Die altchristlichen Bauwerke von Ravenna.

4) Vgl. Cochet, Le tombeau de Childeric Paris 1859. Die Abbildung einiger Stücke aus den Beigaben findet sich bei A. Haupt, Die älteste Kunst, insbesondere die Baukunst der Germanen, Abb. 14.

5) Auch Bruno Schulz, Das Grabmal des Theoderich zu Ravenna, Würzburg 1911, nimmt (S. 28) schon an, daß Theoderich sich „im vollen Schmuck seiner Waffen auf einem Stuhle thronend“ habe beisetzen lassen.

1) Fortsetzung des Aufsatzes im Jahrgang 1918, S. 21.

2) Vgl. Kaiser Karls Leben von Einhard, übersetzt von Abel, bearbeitet von Wattenbach in „Die Geschichtschreiber der deutschen Vorzeit“ Bd. II, S. 127.

Länge und sperrten dadurch jeden Luftzutritt ab. Eine Absperrung der Luft erreichte man auch, wenn der Leichnam unter Beigabe von Balsam und Spezereien in einem möglichst luftdicht schließenden Steinsarkophag untergebracht wurde, wie dies in Ravenna nach schriftlichen Zeugnissen vielfach geschehen ist. Hier aber sollte ein Körper frei im Raume sitzend aufgebahrt und für lange Zeit erhalten werden. Unter solchen Umständen liegt es nahe, zur Erhaltung des menschlichen Körpers auf diejenige Einrichtung zu verfallen, die ebenso bei uns wie schon bei den alten Germanen für die Erhaltung von tierischem Fleisch allbekannt und vielbewährt ist, auf die Verwendung des Holzrauches. Es mag zwar beim ersten Anhören etwas lächerlich oder abgeschmackt klingen, wenn man von der Erhaltung der Leiche eines verstorbenen Völkerkönigs durch Räucherung reden will, bei näherem Nachdenken wird sich dies aber doch wohl als die einfachste und natürlichste Lösung der Aufgabe ergeben. Schon bei manchen alten Völkern gehörten Räuchergefäße zum Totenkult<sup>6)</sup>, und die fleischerhaltenden Eigenschaften des Rauches sind von alters her bekannt. Noch heute wird bei den nomadisierenden Finnen der Rauch dazu verwandt um einen Stammesangehörigen, der im Sommer fern von der Heimat stirbt, bis zum Herbst und bis zur Rückkunft des Stammes zu den geweihten Begräbnisstätten unverwest zu erhalten. Berichtet man doch sogar Ähnliches von gewissen Teilen Litauens, wo der Körper eines Toten zuweilen lange im Hause aufbewahrt werden muß, wenn eine dünn übereiste Überschwemmung einzelne Gehöfte für lange Zeit von jedem menschlichen Verkehr und damit auch vom Friedhof abschneidet. Litauen und Finnland liegen nicht weit von den lange innegehabten Wohnsitzen der Goten am baltischen Meere entfernt, und man mag darum ähnliche Bräuche bei den verschiedenen Völkern wohl voraussetzen.

Verfolgen wir also den Gedanken der Räucherung, so wenig er zunächst unserem Empfinden ansprechend erscheinen mag, zunächst weiter, um zu untersuchen, welche einzelnen Teile zu einer derartigen Räucherung notwendig sein würden. Diese werden wir dann in einer Ausstattung, wie sie eines so großen Volksherrschers würdig ist, an geweihtester Stätte wiederfinden.

Zu einer Räucherung würde zunächst ein Herd gehören, der etwa durch zwei einfache, aufrecht gestellte, mehr oder minder starke Steinplatten gebildet werden kann, auf denen eine dritte wagerechte als Herdplatte aufruht. Auf dieser müssen die Räucherstoffe, die vorzugsweise aus frischen Zweigen von Nadelholz bestehen, langsam unter möglicher Vermeidung einer offenen Flamme wegschweben. Der aufsteigende Rauch wird durch einen Rauchmantel aufgefangen

und durch Schornsteine oder Kanäle weitergeleitet. Der Rauchmantel oder Rauchfang, der vielfach auch Kamin genannt wird, wird bei einfachen ländlichen Ausführungen zuweilen noch bis heute in Flechtwerk von Stöcken und Ruten hergestellt, welches außen und innen mit Lehm übertragen wird. Feuersgefahr ist kaum zu befürchten, da der

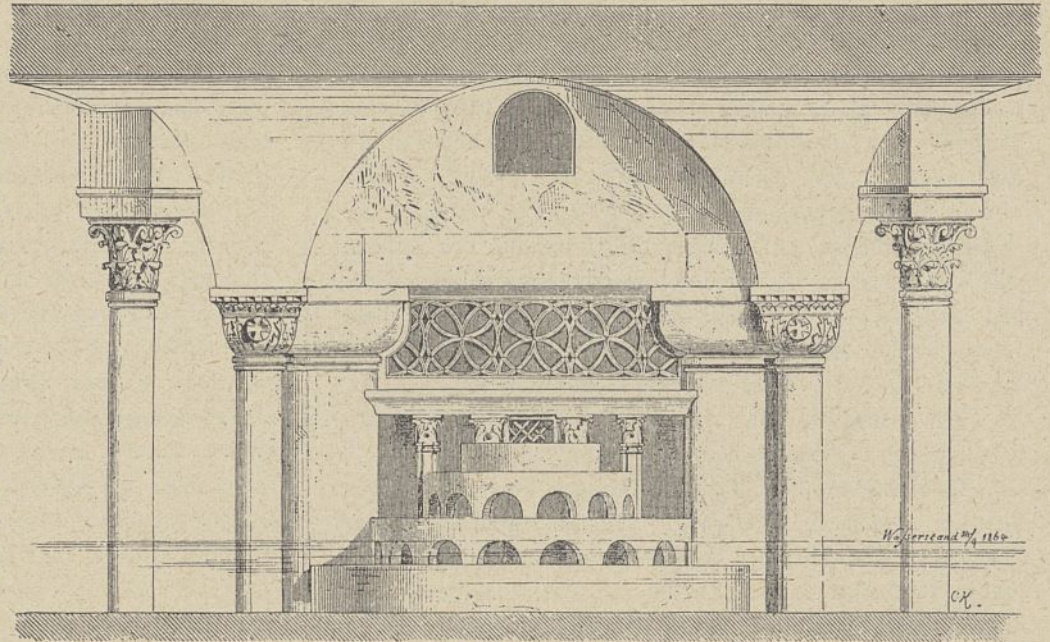


Abb. 1. Östliche Ansicht.

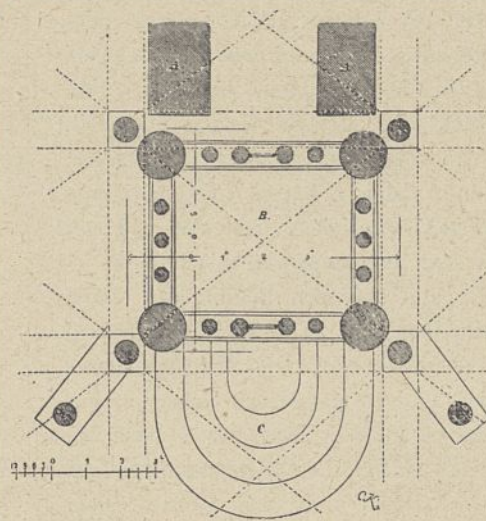


Abb. 2. Grundriß.

untere Rand des Rauchfangs weit vom Herde entfernt ist und das allseitig offene schwelende Feuer nur geringe Wärme entwickelt.

Einem jedem, der jemals eine in Betrieb befindliche Räucheranlage gesehen hat, wird nun aufgefallen sein, wie sich die scharfen, schmutzigen Bestandteile des Rauches, die als die Begleiter des wesentlichsten, fleischerhaltenden Bestandteiles des Rauches, des Kreosots<sup>7)</sup> auftreten, in die Werkstoffe der Anlage, seien es Werk- oder Ziegelsteine, Lehm, Holz oder Metall einfrassen. Die Bestandteile dringen in die Oberfläche der Werkstoffe ein, machen sie unscheinbar und färben sie tiefschwarz, eine Eigenschaft, welche für uns bei der Untersuchung des Grabmalsinnern und der wichtigsten Beigaben noch von besonderer Bedeutung sein wird. Bei einer so außergewöhnlichen Räucheranlage, mit der wir es hier zu tun haben, wo das zu Räuchernde nicht etwa nach Wochen oder Monaten herausgenommen, sondern nach menschlichem Ermessen für unendlich lange Zeit in

untere Rand des Rauchfangs weit vom Herde entfernt ist und das allseitig offene schwelende Feuer nur geringe Wärme entwickelt.

6) Vgl. den Aufsatz von K. Wigand über „Thymiateria“ (Räuchergefäße) in den Bonner Jahrbüchern 1912, S. 1 bis 97.

7) Das Wort Kreosot bedeutet Fleischerhalter und ist abgeleitet vom griechischen κρέας, Fleisch, und σώζειν, erhalten.

der Anlage verbleiben sollte, mußte daher zunächst alles geschehen, um den Rauch unmittelbar nach seiner Erzeugung von seinen Schmutzteilen auf das sorgfältigste zu reinigen. Es geschieht dies am einfachsten und besten, indem man den Rauch vom Rauchfange aus zunächst durch lange wage-

Fleisch trocknet sonst aus, wird hart, schwarz und unansehnlich. Es wird bei sorgfältig ausgeführten Anlagen daher die Anordnung einer Kühl- oder Luftkammer notwendig, in der der gereinigte Rauch je nach Bedarf mit der kühleren Außenluft gemischt werden kann. Die Zuführung der frischen Luft in die Luftkammer geschieht am einfachsten durch eine besondere Öffnung von außen her, welche durch einen in Falzen laufenden Schieber, nicht durch eine Tür, verschließbar ist; denn die Tür würde durch den Zugwind hin- und hergeworfen werden, während der Schieber die gewünschte Einstellung dauernd beibehält. Jedem, der einmal eine Räucherkammer gebaut hat, sind ähnliche Fragen entgegengetreten. Daß solche Fragen aber am Grabmal Theoderichs, wenn er sich in der geschilderten Weise beisetzen ließ, mit der größten Sorgfalt behandelt werden mußten, ist selbstverständlich. Haupt macht mit Recht darauf aufmerksam, wie beim Grabmal keine Mühe und Kosten gescheut und die verwickeltesten Lösungen im Verande der gewaltigen Steine zur Anwendung gebracht worden sind, um ein durchaus mustergültiges, tadelloses und nach menschlichen Be-

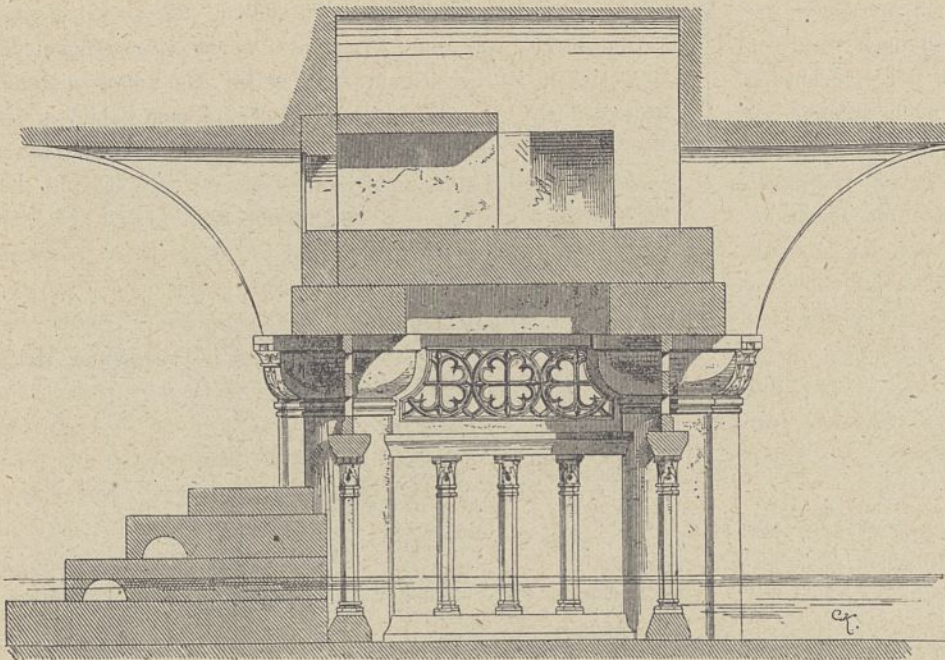


Abb. 3. Ostwestlicher Schnitt.

0 1 2<sup>m</sup> zu Abb. 1 u. 3.

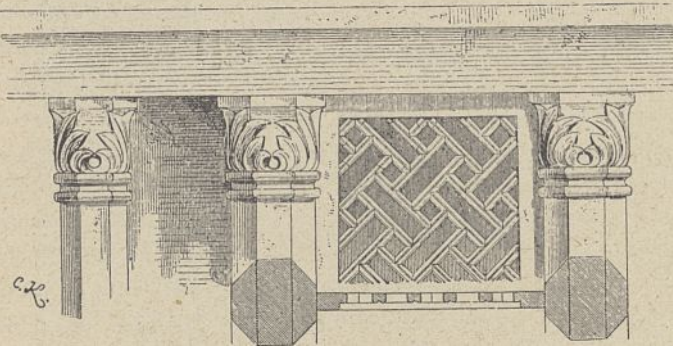


Abb. 4. Gitterplatte vom Aufbau.

Abb. 1 bis 4. Aufbau in der Krypta der Markuskirche in Venedig

(Nach Mitteilungen der K. K. Zentralkommission zur Erforschung der Baudenkmale, Jahrg. XI, Wien 1866, Abbildungen nach König u. Schwengberger.)

rechte Kanäle hin und her leitet, die ähnlich wie die Züge eines Kachelofens neben- und übereinander anzuordnen sind. Dort wo der Rauch gezwungen ist, an den Zwischenwänden seine Richtung zu ändern, oder wo er in die nächsthöhere Abteilung aufsteigen muß, wird er seinen Zug verlangsamen und die Schmutzteile fallen lassen. Um diese beseitigen zu können, müssen an den Enden der Züge dichtschießende Reinigungstürchen angeordnet werden, in der Weise wie man etwa bei einem Kachelofen oder an einem eisernen Rauchrohr an den betreffenden Stellen besondere leicht zu öffnende Reinigungskacheln oder auch Blechtürchen anbringt. Ferner aber ist es jedem, der Räucheranlagen kennt, geläufig, daß der Rauch, der das Fleisch unmittelbar berührt und umwirbelt, nicht eine zu hohe Wärme haben darf. Das

griffen für die Ewigkeit haltbares Bauwerk zu schaffen. Ist nun schon der Steinverband auf das sorgfältigste überlegt und ausgeklügelt, wieviel mehr müssen es die Maßnahmen sein, die zur Erhaltung des Körpers des Toten selbst dienen.

Den gereinigten und ausgekühlten Rauch mag man dann unmittelbar an den Körper des Toten unter den Thronsessel heranleiten, und es wird hierfür das Nähere noch demnächst bei Behandlung des elfenbeinernen Grabeshochsitzes, eines Stückes von unschätzbare Kostbarkeit, darzulegen sein. Außerdem mag man aber noch in etwas größerer Entfernung vom Leichnam ringsum etwas wärmeren Rauch haben aufwirbeln lassen, damit er sich rings im Raume verteilt und von allen Seiten her seine erhaltende Kraft auf den Körper ausübt.

Wir haben früher<sup>8)</sup> gesehen, daß der Thronstz Theoderichs in seiner Königshalle durch einige halbkreisförmige Stufen über seine Umgebung herausgehoben war. Dasselbe mag man passenderweise beim Grabeshochsitz des Toten gleichfalls annehmen. Als geeignete Stelle von der aus man den Rauch rings um den Toten hochwirbeln läßt, sind dann die senkrechten Vorder- oder Stoßflächen der halbkreisförmigen Stufen zu bezeichnen, die man zu diesem Zwecke durch Kanäle durchbrechen muß, wie es gleich in der Zeichnung gezeigt werden soll. Die wagerechten Ober- oder Trittsflächen dieser Stufen sind für die genannte Durchbrechung natürlich nicht geeignet, wohl aber können unter ihnen die Rauchverteilungskanäle liegen, welche den Rauch an die kleinen in den Trittsstufen ausmündenden Stichkanäle heranführen. Stellt

8) Jahrg. 1914 d. Z., S. 296ff.

man sich den Leichnam des auf dem elfenbeinernen Grabeshochsitze in voller Einsamkeit sitzenden Königs vor, in goldener Rüstung unter einem kostbaren, sinnvoll geschmückten, gleichfalls noch aufzufindenden Marmorbaldachin, der Sitz und die Marmorstufen des Thrones von einer reichen Balustrade rings umschlossen, das Ganze umwallt von aufsteigendem Rauch, der langsam durch die Öffnungen des einsam am Meere gelegenen Gebäudes abzieht, so mag man sich doch wohl von vornherein schon etwas mit dem Gedanken der Räucherung vertraut machen, so wenig einem dieser auch anfangs ansprechend sein mag. Man fühlt sich an die Gesänge der Edda erinnert, wo die Erdgottheit Gerdhr als blühendes Weib den Zauberschlaf schläft, „in dem weise mit Waberlohe umschlungenen Schloß, wo die Gürtung glüht um den goldenen Saal“<sup>9)</sup>, bis die Sonnen- und Lichtgottheit kommt, um den Feuerzauber zu durchbrechen und die Erde im Frühling zu neuem Leben zu erwecken. Hiernach hat der Skalden letzter und wohl auch größter, Richard Wagner, seine Brünnhilde geschaffen, deren Schlaf gleichfalls von den Flammen der ringsum aufwirbelnden Waberlohe bewacht wird. „Ein Feuer umbrennt ihren Saal.“

Um die sonderbaren oben geschilderten einzelnen Teile der Räucherungsanlage vom Grabmal Theoderichs, der zuweilen auch Theodor genannt wird, aufzusuchen, begeben wir uns nun in die hochgeheimnisvolle Krypta der Markuskirche in Venedig, da wir bei früheren Gelegenheiten schon so viele Reste von Theoderichs Bauten in dieser Kirche, die nach alten venetianischen Quellen durch Umbau aus einer Theodorskirche entstanden sein soll, aufgefunden haben. Hier erhebt sich nach dem Grundriß und den Aufrissen (Abb. 1 bis 3) und der Lichtbildaufnahme (Abb. 6) in der Mitte der Krypta ein sonderbarer Aufbau, der aus vielen verschiedenen Architekturresten zusammengetragen erscheint. Er befindet sich an geweihtester Stätte, denn er bildet die Untermauerung des über ihm in der Oberkirche sich erhebenden Hauptaltars, und nimmt somit den Platz ein, an dem sonst die Gebeine oder sonstige Reliquien des Titelheiligen der betreffenden Kirche aufbewahrt zu werden pflegen. Als bemerkenswertesten Fund erblicken wir hier zunächst vor der Ostseite des Aufbaues liegend den gesuchten sonderbaren halbkreisförmigen Stufenunterbau. Er besteht, wie die genannten Abbildungen nachweisen, aus vier Schichten, die ebensoviele Stufen bilden. Die zwei mittleren sind, wie der Schnitt Abb. 3 zeigt, unterhalb der Trittsfläche im Halbkreise von einem Verteilungskanal mit halbkreisförmigem Querschnitt umzogen, in welchen die kleinen aus den Ansichten ersichtlichen Stichkanäle einmünden, die vorne die Stoßflächen der Stufen durchbrechen.

Die Stichkanäle erscheinen im Schnitt nicht, weil sich keiner genau in der Achse des Aufbaues befindet. Diese einzigartige Anlage kann nur zu dem oben erwähnten Zweck erfunden worden sein. Ob die oberste im Grundriß nach einer etwas abweichenden Linie umrissene Stufe, die außerdem eine geringere Höhe zeigt, auch noch als Stufe anzusehen ist oder als steinerne Wiedergabe eines Kissens, auf dem die Füße des toten Königs aufruhten, mag dahingestellt bleiben. — Den Kern des gesamten Aufbaues bildet dann der ge-

9) Nach der Übersetzung von H. v. Wolzogen.

suchte Rauchfang. Er besteht aus vier schweren gedrungenen Säulen mit altertümlichen einfachen Kapitellen, die wie die ersten Vorläufer der späteren Würfelkapitelle der deutschen Kunst aussehen. Zwischen die Kapitelle setzen sich mit ihren Umrahmungen genau in ihre Stelle eingepaßte Marmorgitter, die ein sehr zierliches Rutengeflecht von regelmäßig ineinander verschlungenen Kreisen darstellen. Sie sind bei einer Plattenstärke von nur 4 cm als wahre Kunststücke der Meißelarbeit zu bezeichnen und geben das untere zierende Rutengeflecht eines Rauchfangs wieder, dessen Urbild in den oberen Teilen nach den vorher gegebenen Ausführungen beiderseits mit Lehm umkleidet zu denken ist. Ob die drei Kreisverzierungen an den Längsseiten (Abb. 3) alt und echt sind, mag dahingestellt bleiben. Sie können auch irgendeiner späteren Wiederherstellung entstammen, oder die österreichischen Architekten, die 1866 unter großen Schwierig-

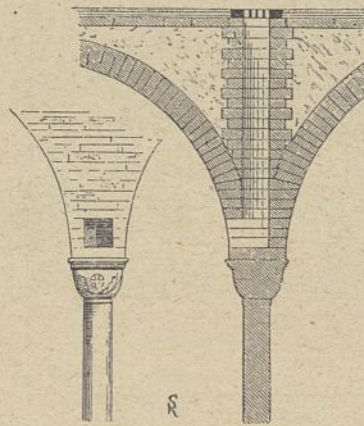


Abb. 5. Gewölbetragende Säule mit Schacht darüber.

keiten die Aufnahme machten, haben hier vielleicht in den Zeichnungen Ergänzungen vorgenommen.<sup>10)</sup> Die geschilderten Steingitter setzen sich auf ganz niedrige, ziemlich breite Steinbalken, die nach Art von Brüstungsabdeckungen ausgebildet sind und die durch drei bis vier kleine achteckige Pfeilerchen abgestützt werden (Abb. 4). Die Pfeiler sind wieder ganz in der Werkweise der Holzbaukunst entworfen. Die Blätter der

Kapitelle und die Halsringe unter ihnen zeigen dementsprechend sehr geringe Ausladung, so daß die Pfeilerchen wie aus einem Stück Holz geschnitten erscheinen. Zwischen den Pfeilern ist an einigen Stellen ein dünnes Marmorgitter angebracht, das ein Geflecht nachahmt und nicht bis zum Fußboden hinunterreicht (vgl. Abb. 1, 4 u. 6). Diese Gitterplatten mögen den seitlichen oder hinteren Abschluß über der Herdplatte gebildet und verhindert haben, daß die zum Räuchern dienenden Nadelholzzweige in unordentlicher Weise von der Herdplatte herunterhingen oder -fielen. Das zum Räuchern nötige Nadelholz konnte man übrigens in dem schon den Römern bekannten und von Dante besungenen Pinienwalde, der Pineta, bei Ravenna, leicht gewinnen. Beim Räuchern wird besonders der Wacholder sehr geschätzt, und dieser findet sich gerade in großer Menge in der Pineta vor, wie Ricci, ein geborener Ravennate, bei der Beschreibung derselben besonders erwähnt. Die beiden schlichten Steinklötze auf denen die Herdplatte ruhte, sind, obgleich sie keinerlei Kunstform zeigen, ehrfurchtsvoll vor der Westseite

10) Vgl. König und Schwengberger, Die Krypta der St. Markuskirche in Venedig in Mitteilungen der k. k. Zentralkommission zur Erforschung und Erhaltung der Denkmäler, Jahrg. IX. Wien 1866. Die Abb. 1 bis 5 sind von hier entnommen. Das Wasser stand früher beständig in der Krypta, wie Abb. 1 und 3 angeben, dabei besaß diese keinerlei Fenster. Die Aufnahmen mußten daher bei Laternenschein von Brettern aus, die über dem Wasserspiegel lagen, gemacht und einiges nur nach dem Abfühlen mit den Händen aufgetragen werden.

des Aufbaues (vgl. den Grundriß, Abb. 2) wieder aufgerichtet. Die Herdplatte fehlt dagegen und ist vielleicht irgendwo als Altarplatte wieder verwendet worden.

Auf die vier Hauptsäulen legen sich breite Steinbalken. Das Innere des Rauchfangs ist dann in geringer Höhe durch eine große Steinplatte abgedeckt (vgl. Abb. 3). Früher wird man sich die Haube vielleicht erst in etwas größerer Höhe geschlossen zu denken haben. Über der großen Steinplatte

Krypta lüften wollen, so hätte man doch wohl die untern Öffnungen der Rohre im Scheitel der Kreuzgewölbe und nicht unten über den Säulen beginnen lassen. So bleibt nur die eine Erklärung, daß man die vom Theoderichsgrabe stammenden senk- und wagerechten Rohrleitungen nicht gleichgültig fortgeworfen, sondern sie ehrfurchtsvoll an mehr oder weniger passender Stelle wieder eingemauert hat, wie wir dies für manches von den Bauten des Königs stammende Architektur-



Abb. 6. Mittlerer Aufbau in der Krypta der Markuskirche in Venedig.

befindet sich weiter ein durch senk- und wagerechte Wände aufgeteilter Hohlraum, wie der Schnitt, Abb. 3 nachweist. „Die Höhlung dieses Behältnisses reicht in einer engeren schlauchartigen Fortsetzung bis unter die Platte des Hochaltars der Oberkirche, an welcher Stelle die im Jahre 1811 in der Krypta aufgefundenen Gebeine des heiligen Markus seit jener Zeit aufbewahrt werden“, wie König und Schwengberger berichten. Übereck zu den vier schweren Rauchfangsäulen folgen nach dem Grundriß noch vier schwächere Säulen, die das Gewölbe der Krypta tragen, und dann noch einmal vier Säulen, die unter den jetzigen Baldachinsäulen des Hauptaltars im Obergeschoß angeordnet, und von denen nur die beiden östlichen im Grundriß und in der Ansicht (Abb. 1 und 2) zu sehen sind. Über den vier Säulen des Kryptengewölbes, finden sich ferner noch senkrechte Rohrleitungen eingemauert vor, wie Abb. 5 nachweist. Der Zweck dieser Rohrleitungen ist bis dahin noch jedem unklar geblieben. Hätte man die

stück am Äußeren von S. Marco schon nachgewiesen haben. — Die Hohlräume unmittelbar über dem Rauchfang stellen dann die durch zwischenliegende Zungen voneinander getrennten Züge der Reinigungsvorrichtung für den Rauch dar. Sie sind bei entsprechender Breite etwa 50 cm hoch und konnten daher bequem von den Enden her gereinigt werden (vgl. Abb. 3). Sie sind daher hier offen und links ist noch der Falz für die kleine Tür (porticina von italienischen Schriftstellern genannt) vorhanden, die sich auch in der Vorderansicht Abb. 1 zeigt. Bei der Durchforschung dieser, über dem ehemaligen Rauchfang gelegenen Steinmassen im Jahre 1807, als man die Gebeine des heiligen Markus suchte, fand man hier unter einer großen mit Handhaben versehenen Steinplatte zunächst einen leeren Hohlraum, der nur auf dem Grunde etwas feuchte Erde enthielt. Da dies den Erwartungen der Venetianer nicht genügte, wurden 1810 und 1811 die Arbeiten von neuem aufgenommen, und man fand nun, von

oben her weiter vordringend, nach Sprengung zweier großen übereinander gelegenen Steinplatten zwei Holzkisten, eine größere und eine kleinere, welche je ein menschliches Gebein und „viel Asche“ enthielten. Eins davon wurde als dasjenige des heiligen Markus erklärt und feierlich wieder beigesetzt. An dem Widerspruch, daß man dort zwei Gebeine fand, wo man nur eins suchte, scheint man keinen Anstoß genommen zu haben.<sup>11)</sup> Wir werden uns notgedrungen mit diesem Funde der Gebeine später noch näher zu beschäftigen haben, müssen uns hier aber zunächst, ohne uns in der Krypta weiter umzusehen, wieder dem Grabmal Theoderichs zuwenden, um daselbst einerseits noch einzelne kleinere Teile der Räucherungsanlage und die unverfügbaren Spuren von Rauch zu finden, und um andererseits nachzuweisen, wo die ganze Anlage im Innern des Grabmals untergebracht gewesen sein kann. Hierfür wird es aber in erster Linie notwendig, zunächst einiges aus der weiteren Geschichte dieses Grabesbaues zu geben.

Wenn schon im allgemeinen ein jedes Bauwerk, das wie dieses auf eine Dauer von etwa vierzehnhundert Jahren zurückblickt, bewegte wechselvolle Geschichte hinter sich hat, die den Anlaß zu späteren Änderungen am Bau gegeben haben, so ist dies erst recht zu erwarten beim Grabmal dieses Königs, dem bald die Liebe und Verehrung gleichzeitiger und kommender Geschlechter, bald als einem Nichtrömer und Ketzer äußerste Gleichgültigkeit oder gar Haß zuteil wurden, der jedes Gedächtnis an ihn auszutilgen suchte.

Im Jahre 539; dreizehn Jahre nach des Königs Tode, fiel Ravenna in die Hände Belisars und der Byzantiner, die Goten wurden aus der Stadt vertrieben. Was damals und nach der gänzlichen Besiegung der Goten durch Narses in der Schlacht am Vesuv (552) mit dem Grabmal und dem Leichnam des Königs geschehen ist, ist uns nicht überliefert. Der etwa zur Zeit Karls des Großen lebende ravennatische

11) Vgl. die genaue Schilderung der Arbeiten bei König und Schwengberger a. a. O.

Presbyter Agnellus schreibt dagegen von dem Zustand des Grabmals zu seiner Zeit, daß ihm der Leichnam Theoderichs aus dem Grabmal herausgeworfen zu sein schiene.<sup>12)</sup> Er hat

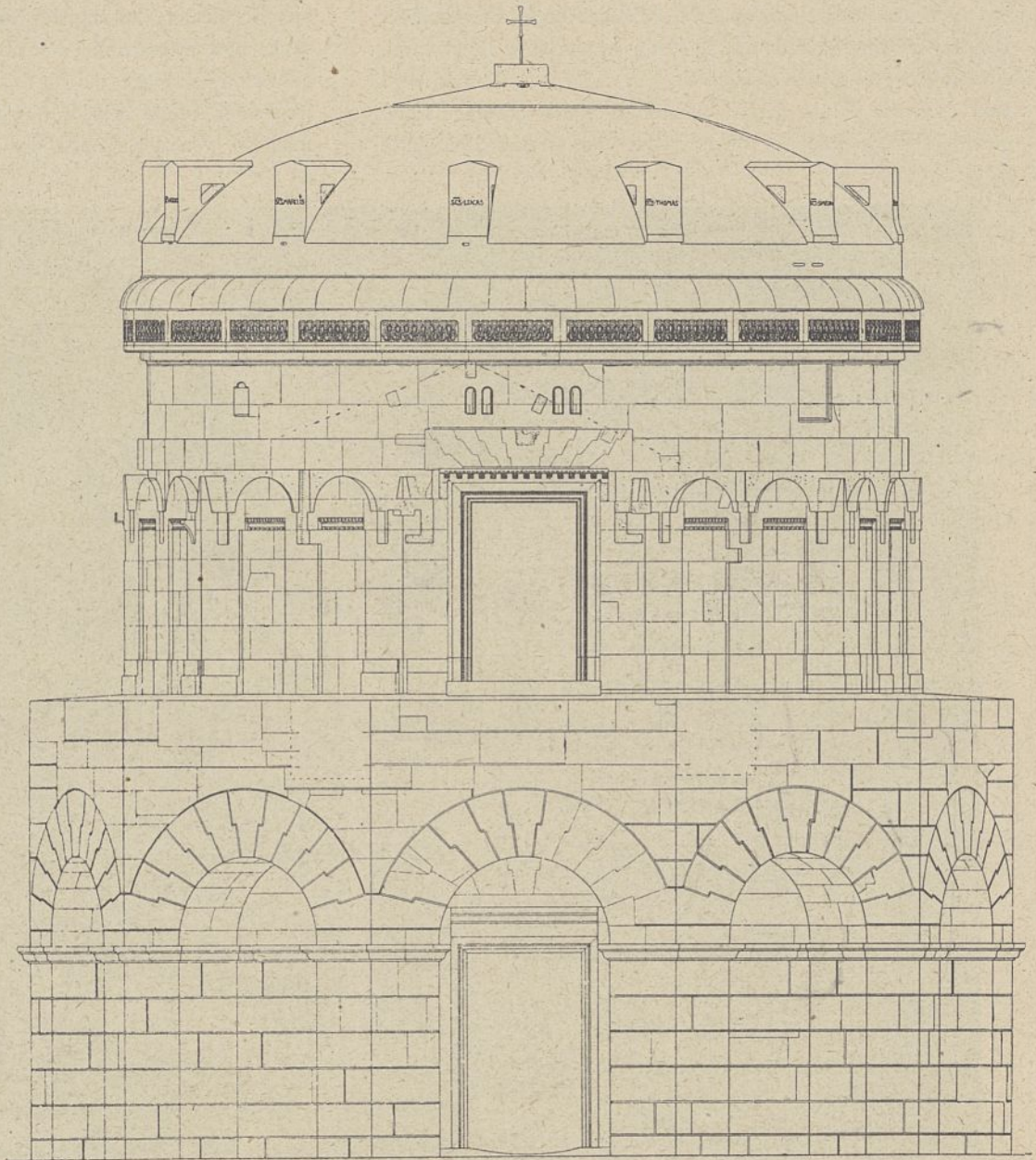


Abb. 7. Westseite des Grabmals.

(Nach Haupt, Grabmal Theoderichs d. Gr. in Ravenna, Taf. VIII.)

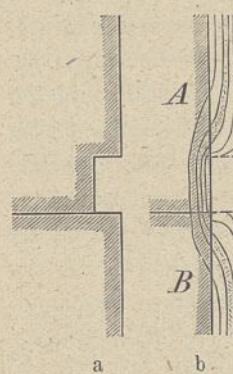


Abb. 7a u. b.  
Abgesetzte Fuge.

a vom Äußeren des Grabmals.  
b aus dem Inneren nach Abarbeitung des Quaderbogens.

also wohl mindestens das Innere des Baues in dem Zustande wesentlicher Zerstörung vorgefunden. Allmählich aber nach dem Jahre 1000 wird, wie Ricci berichtet<sup>13)</sup>, das Grabmal oder, wie es auch heißt, die Rotonda ein Gegenstand besonderer Verehrung für die Ravennaten.

Sie sammeln hier viele Steinsarkophage, von denen sie meinen, daß hervorragende Personen irgendeiner Zeit oder irgendeines Glaubens

12) ut mihi videtur esse, sepulcro projectus est (Theodericus).

13) Ricci, Ravenna. Bergamo 1906.

darin beigesetzt seien. Dort befanden sich nicht nur Sarkophage aus der römischen Kaiserzeit, sondern auch das Grab von Angehörigen der Traversari, der ersten herrschenden Familie in Ravenna. Auch ein weibliches Mitglied dieser Familie, die Gemahlin des ungarischen Königs Stephan war hier beigesetzt. Die Chronistenerzählen sogar, daß die Ravennaten im Jahre 1057 mit Gewalt den Leichnam des Papstes Viktor II. dem Leichenzuge entrissen hätten, der ihn von Arezzo nach Eichstätt in Bayern bringen sollte, wo er früher Bischof gewesen war, „allein zu dem Zweck, um ihn in der Rotonda zu begraben, die zu einer Art von Pantheon eingerichtet war. Den Beweis, daß man diesen Ort als einen bevorzugten ansah, bilden während des ganzen 13. Jahrh. die Bitten hervorragender Stadtbewohner, welche begehren dort begraben zu werden“. Aber von allen diesen Grab- und sonstigen Denkmälern ist nichts mehr zu sehen. „Keine Spur ist mehr verblieben von Grabmälern oder Inschriften innerhalb des Denkmals, welches allein den Namen Theoderichs noch behalten hat.“

Etwas aus dem 17. Jahrhundert finden sich in Sammlungen in Florenz und Wien dann einige Aufnahmezeichnungen des Grabmals von den Architekten da San Gallo und anderen vor, die wohl nach der sorgfältigen Auftragung und den eingetragenen Maßen als für Wiederherstellungsentwürfe angefertigt anzusehen sind. Schließlich wollte man im 18. Jahrhundert das Grabmal sogar Theoderich und den Goten überhaupt streitig machen. Es erschien, wie Mothes<sup>14)</sup> anführt, in Ravenna im Jahre 1776 die Schrift: *Ravenna liberata dai Goti*. Dieser tritt dann aber im Jahre 1787 eine andere von Ghiselli Gamba entgegen, welche die Rotunde wieder als ein Werk der Goten nachweist: *La Rotonda Ravennata*

14) Mothes, Die Baukunst des Mittelalters in Italien.

provata opere mausoleo di Teoderico Ré de' Goti. Schließlich hat dann aber die Auffindung der Nachricht über den großen Stein, den Theoderich für die Abdeckung seines Grabmals suchte, dazu geführt, daß dieser Bau jetzt allgemein als solches anerkannt wird. Im Laufe des 19. Jahrhunderts folgen dann mancherlei Wiederherstellungs- und Freilegungsarbeiten. Also auf und ab geht die Geschichte dieses Grabesbaues. Im Laufe von 14 Jahrhunderten ist er bald ein Gegenstand des Hasses und der Zerstörung, bald ein solcher der Verehrung und demgemäß der Erhaltung sowie der baulichen Wiederherstellung.

Vom Äußern des Grabmals ist zunächst einmal bekannt, daß die sonderbaren Treppen, die man lange Zeit für alt und ursprünglich hielt, einem Wiederherstellungsbau aus den siebziger und achtziger Jahren des 18. Jahrhunderts angehören. Was an der Vorderseite des Grabmals sonst noch späteren Wiederherstellungsarbeiten entstammt, ist am besten aus

den genauen Aufnahmezeichnungen von Haupt zu ersehen (vgl. Abb. 7). Im Erdgeschoß waren ursprünglich alle Lager- und viele Stoßfugen der in sorgfältig gespitzter Arbeit hergestellten Flächen mit Ausnahme der Gesimse, sowie der Schild- und Leibungsflächen der großen Bögen mit einem 15 mm breiten und 4 bis 10 mm tiefen Randschlag abgesetzt, der die geschliffene Fuge begleitete und sie für das Auge scharf hervorhob (vgl. Abb. 7a). Dieser Randschlag ist bei den Quadern, die erneuert sind, nicht wieder zur Anwendung gekommen. In Haupts Aufnahmen z. B. der Vorderansicht (Abb. 7) sind daher die alten Quadern des Erdgeschosses durch eine Doppellinie und die neuen durch eine einfache Linie gekennzeichnet. Hiernach ist bei den fünf Bögen dieser Seite die Übermauerung vom Bogenrücken bis zum Fußboden des durch diese Übermauerung erst geschaffenen Umgangs fast ganz, d. h. nur unter Wiederverwendung weniger alter Steine, neu hergestellt.

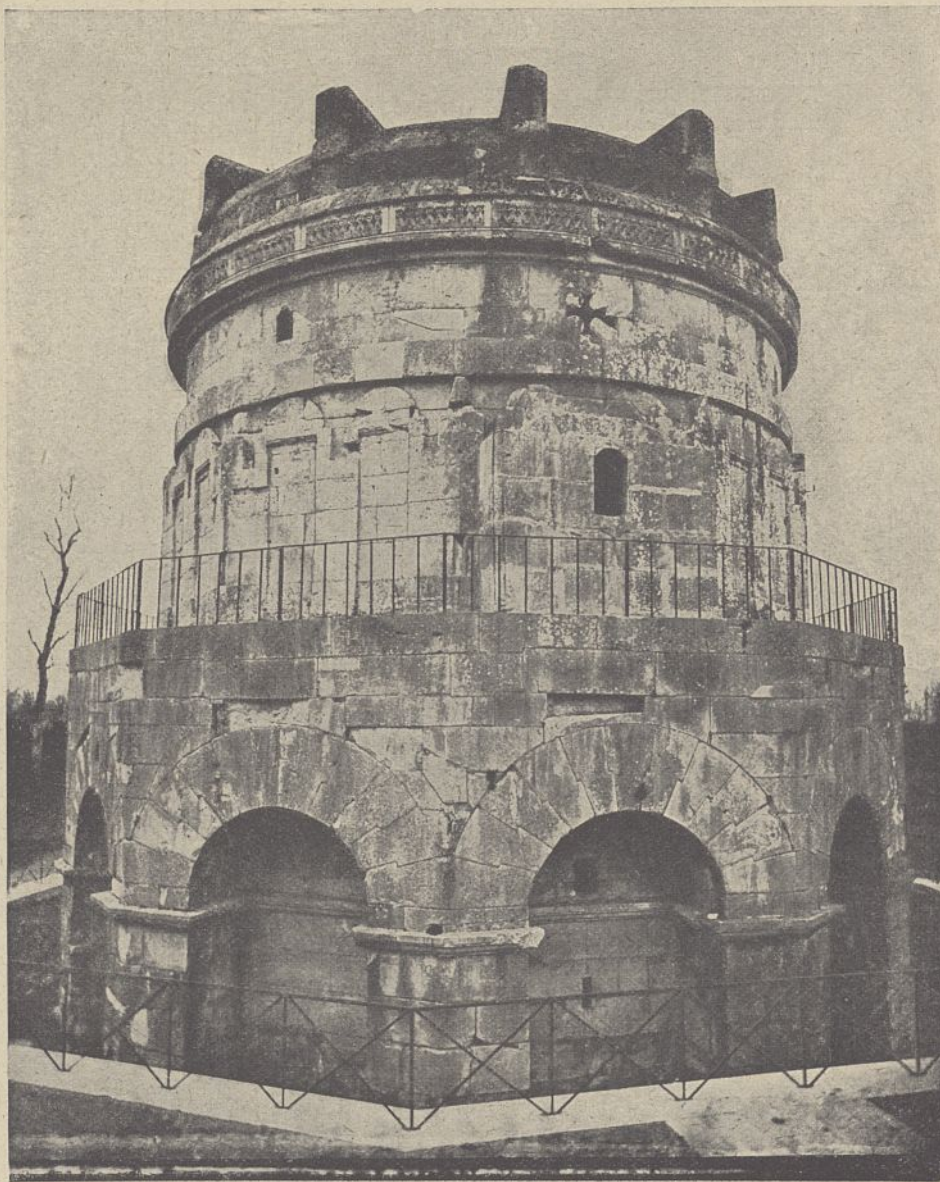


Abb. 8. Ansicht des Grabmals von der Hinterseite.

Von den Bögen zeigt derjenige des Haupteingangs die weitestgehende Erneuerung. Von den 13 Bogensteinen sind hier nur 5 alt. Der Bogen muß also fast ganz herausgebrochen und später erneuert worden sein. Die Übermauerung über den Bögen ist in ähnlicher Weise an den fünf Seiten der Hinteransicht erneuert. Hier zeigt sich ferner durch die unsauberen breiten weißen Kalkfugen an dem apsisartigen Ausbau im Obergeschoß, daß auch dieser Ausbau einmal fast ganz erneuert worden sein muß. Der Gegensatz zu den sauberen, scharfen, mörtellosen und nur mit Kantenschlag abgesetzten Fugen der Bögen des Erdgeschosses fällt sogar auf dem Lichtbilde (Abb. 8) noch in die Augen. Der Ausbau ist aus Abb. 9a im einzelnen noch näher zu ersehen.<sup>15)</sup> Im ganzen wird man daher sagen können, daß von den Steinen des Erdgeschosses im Äußeren fast ein Drittel erneuert worden ist.

Wenn wir uns jetzt dem Innern (Abb. 12) zuwenden, wo auf den ersten Blick scheinbar jetzt alles einheitlich und glatt ist, und wo keinerlei Spuren zu sehen sind, weder von dem gewaltsamen Herausreißen eines Leichnams aus seinem Grabe, noch von den Denk- und Grabmälern späterer ravennatischer Geschlechter und deren Einmauerung in die Wand, so müßte man sich hiernach sowie nach den Erfahrungen im Äußeren eigentlich schon ohne weiteres sagen, daß auch hier ganz umfassende Erneuerungsarbeiten einmal vorgenommen worden sein müssen. Nur kann

15) Die Abbildungen 7, 16 und 19 sind dem Werke von Haupt, Das Grabmal Theoderichs des Großen zu Ravenna entnommen.

man sie ebensowenig wie im Äußeren gleich auf den ersten Blick erkennen. Hieraufhin ist das Grabmal aber noch nie ausreichend untersucht worden. Wenden wir uns daher dieser Aufgabe zu.

Beim Betreten des Innern, dessen Fußboden jetzt etwa zwei Meter gegen das äußere Gelände vertieft liegt, fällt zunächst das tiefbraune Wasser auf, das in breiten Lachen, die auch

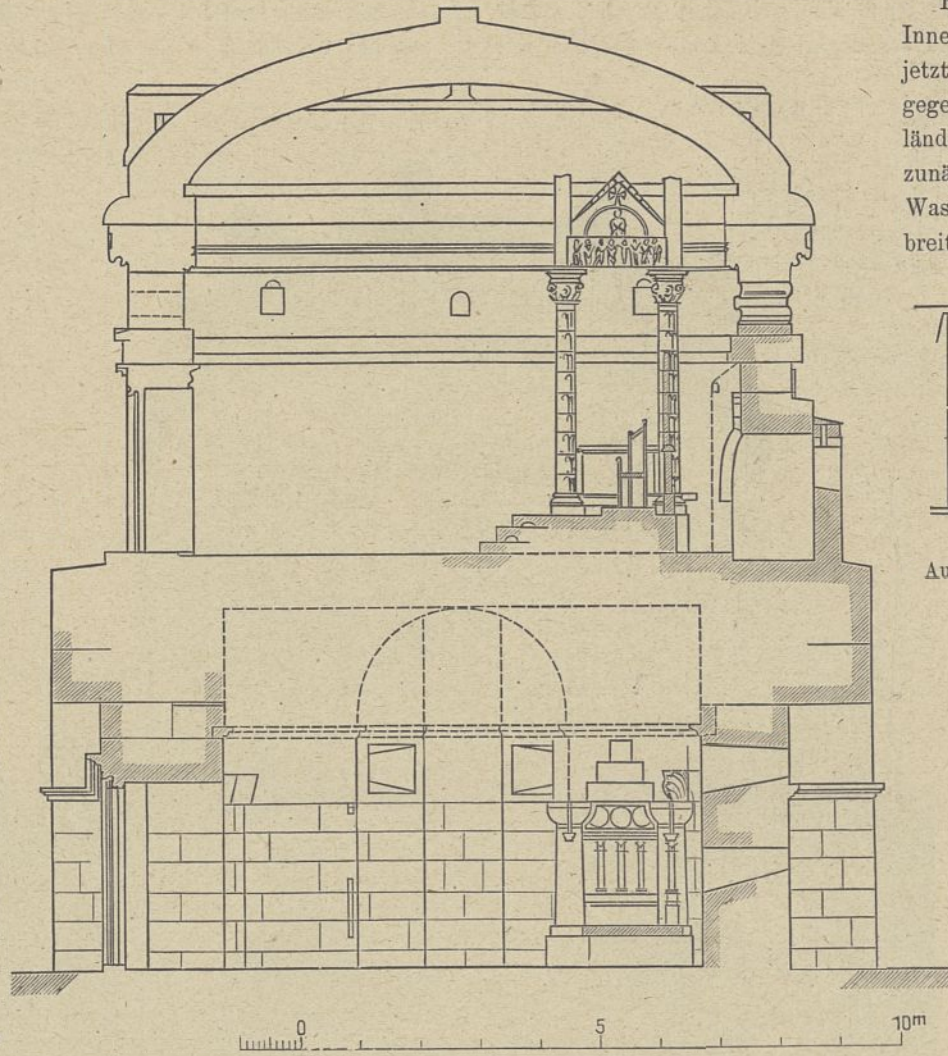


Abb. 9. Längenschnitt.



Abb. 9a. Außenansicht der Nische.

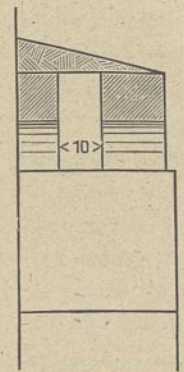


Abb. 9b. Schnitt durch den Sturz des Nischenfensters.

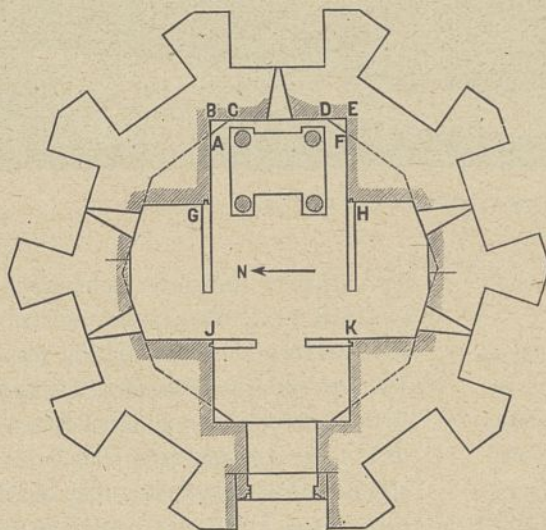


Abb. 10. Untergeschoß.

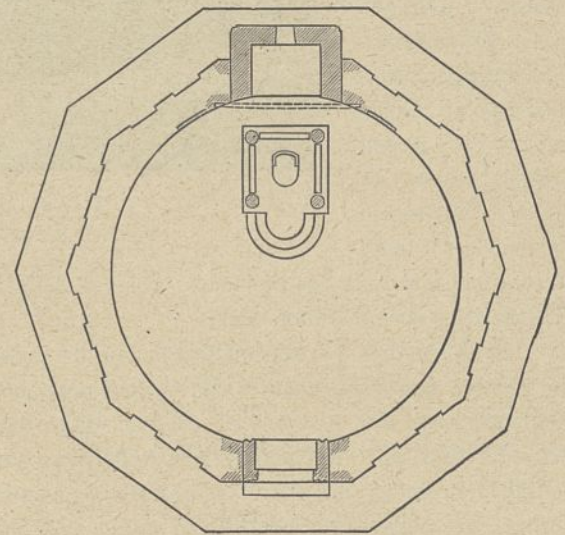


Abb. 11. Obergeschoß.

aus Abb. 12 zu ersehen sind, ringsum an den Wänden auf dem neuen Fußboden von Zementbeton steht. Weder der Werkstoff der Wände, istrischer Kalkstein, noch der Untergrund des Denkmals, Meeressand und Schlick, können einen so starken Eisengehalt besitzen, daß dieser den Anlaß zu





Abb. 12. Östliche Nische im Untergeschoß des Grabmals.

einer so tiefbraunen Färbung des eindringenden Grundwassers abgeben könnte. Der neue Zementfußboden verdeckt, wie Abb. 12 und der Schnitt Abb. 9 nachweisen, die untere ringsumlaufende Steinschicht zur Hälfte. Über dieser sind noch bis zur Höhe der kleinen etwa 12 zu 12 cm betragenden gleichmäßigen Ausklinkungen der vier Ecken des Mittelraumes, von denen zwei auf Abb. 12 deutlich zu sehen sind, fünf Steinschichten der gleichen Höhe vorhanden. An diesen fünfeinhalb unteren Steinschichten findet sich eine sonderbare Erscheinung. Die Lager- und Stoffugen derselben sind, wie auch im Äußeren die eigentlichen Fugen des Baues zusammengeschliffen und kaum sichtbar. Neben den Fugen befinden sich aber, wie dies auch in der Ansicht zu sehen ist, an den Kanten der Kalksteine gewellte, unregelmäßige Streifen von weißer, rötlicher und rostbrauner Färbung, so daß die Fuge bei flüchtigem Hinblicken so aussieht, als wäre sie

5 bis 8 cm breit und schlecht mit verschiedenartigem Mörtel verstrichen. Der Grund für diese Sonderbarkeit ist unschwer zu ermitteln, wenn man die ehemaligen Wirkungen des Rauches im Untergeschoß in Betracht zieht. Bei genauer Untersuchung bemerkt man, daß die Steine ursprünglich auch mit dem im Äußeren des Gebäudes wahrgenommenen Randschlage von 15 mm Breite und 4 bis 10 mm Tiefe umzogen waren, wie Abb. 7a nachweist. In die sichtbaren Flächen der Steine und besonders in die Steinecken haben sich dann beim Räuchern die scharfen Bestandteile des Rauches allmählich in unregelmäßigen Schichten eingefressen, wie auf der Zeichnung (Abb. 7b) angedeutet ist. Bei irgendeiner Wiederherstellung des Grabmals hat man darauf die mißfarbenen Steinflächen bis auf den Grund des Randschlages abgearbeitet, und zwischen den Punkten A und B sieht man daher jetzt den von Kreosot und ähnlichen Stoffen getränkten Kalkstein in verschiedener Breite und Färbung zutage treten.

Am Grunde der Nut hat man dagegen die alte Steinfläche meistens belassen, da die Abarbeitung nur bis auf diesen Grund ging. Da Kalkstein unter der Wirkung von Feuer und Rauch eine rötliche oder rotbraune Färbung annimmt, ergeben sich hierdurch neben den Fugen die roten und braunen gewellten Linien. Zuweilen sind auch Salze ausgeschlagen und ergeben zwischen den braunen Stellen die weißliche Färbung. Auf der Mitte der einzelnen Steine findet sich dieses Linienspiel nicht vor, da hier die scharfen Stoffe nicht

so tief eingedrungen sind wie an den freistehenden Ecken der Bossen. Nach Abarbeitung der Bossen ist daher hier die natürliche Steinfärbung wieder zutage gekommen. Die ehemalige Durchtränkung des Mauerwerks mit Rauch gibt dann auch die natürliche Erklärung für das Auftreten des braunen Wassers auf dem Fußboden des Grabmals. Das von den Seiten des tiefergelegenen Erdgeschosses her durch das Mauerwerk eindringende Grundwasser laugt hier die alten Rauchbestandteile aus und färbt sich dadurch braun.

Wenn die eben geschilderte scheinbare Verbreiterung und Verschmutzung der Fugen sich an den fünfeinhalb Schichten zeigen, so sieht man dagegen, wie dies wieder sogar aus der Ansicht Abb. 12 schon zu entnehmen ist, hiervon nichts an den beiden oberen Steinschichten, die sich auf die beschriebenen fünfeinhalb unteren Steinschichten aufsetzen und das innere Kämpfergesims tragen. Die Steine

sind hier von Anfang an ganz glatt gearbeitet und zeigen keinerlei Spur von einem ehemaligen Randschlage oder abgearbeiteten Bossen. Schon allein hieraus muß man den Schluß ziehen, daß die beiden oberen Steinschichten zur Zeit, als hier noch geräuchert wurde, nicht vorhanden waren, sondern einer nachträglichen Erneuerung, die allerdings ebenso sorgfältig ausgeführt ist wie die Erneuerung im Äußeren, entstammen.

Bestätigt wird dies noch in überzeugender Weise dadurch, daß von diesen beiden Steinschichten ab der Grundriß im Erdgeschoß ein anderer wird, als in den unteren Schichten. Wie auf dem Grundriß (Abb. 10) aus den punktierten Linien zu ersehen ist, folgen die Innenfluchten der Außenmauern des Erdgeschosses, soweit nicht die Mauern des inneren kreuzförmigen Raumes ein anderes bedingen, gleichfalls den Seiten des Zehnecks, wie dies auch nur natürlich ist. Im östlichen und westlichen Kreuzflügel sind die Zehneckseiten aber nur in den besprochenen unteren Schichten innegehalten, wie im Grundriß durch die Linien AC und DF angegeben ist.<sup>16)</sup> Von den beiden oberen Schichten ab schneiden dagegen die Kreuzflügel mit den Dreiecken ABC und DEF über die Zehneckseiten hinaus in die Außenmauern ein. Hierdurch ergeben sich zwei nach oben hin leere und nichts tragende Absätze, die sich eben im Grundriß als die Dreiecke ABC und DEF zeigen. Damit diese leeren Absätze nun nicht unangenehm auffallen, hat man bei den Erneuerungsarbeiten als künstlerische Lösung den beiden abdeckenden Steinen die aus der Ansicht ersichtlichen Muscheln angearbeitet. Solche Muscheln stellen ein sehr beliebtes Renaissance-motiv dar. Besonders machte man während der ganzen Zeit der Renaissance und des Barock von diesem Motiv Gebrauch, wenn man sich an irgendeiner Ecke nicht zu helfen wußte und irgendeinen kleinen Zwickel ausfüllen oder verdecken mußte<sup>17)</sup>. So hat man es auch hier gemacht. Ob diese Lösung am Grabmal und damit der ganze innere Erneuerungsbau nun aus der Zeit stammt, als die San Gallo die Aufnahmezeichnungen des Baues machten (Ende des 16. Jahrhundert), oder als man etwa 200 Jahre später außen die Treppen wiederherstellte (gegen 1780), mag dahingestellt bleiben. Im westlichen (Eingangs-)Flügel des Kreuzes liegt die Sache gerade so, wie im östlichen, nur sind hier die Muscheln noch nicht ganz fertig ausgearbeitet, sondern nur begonnen. Im Nord- und Südflügel hat man dagegen beim Erneuerungsbau keine Änderungen am Grundriß vorzunehmen gebraucht. Hier ist von Anfang an zwischen die beiden Zehnecksseiten noch eine Zwischen- (also Zwanzigecks-)seite eingeschoben worden und zwar wegen des Fugenschnittes. Der Baumeister vermied, wie Haupt dies ausführlich in Wort und Bild darlegt, in einspringenden Ecken des Baues die Anordnung einer Stoßfuge, er überdeckte die einspringende Ecke vielmehr mit einem Hakenstein. Da er nun etwa auf der Nordsüdachse des Denkmals Stoßfugen brauchte, so vermied er hier auf der Achse die Anordnung

16) Die Brechung der Wand nach den stumpfen Winkeln A C D und C D F ist aus dem Lichtbilde Abb. 12 kaum ersichtlich, weil die Winkel sehr stumpf sind und die Beleuchtung im Raume nicht gerade eine helle ist.

17) Daß auch schon in der Kunst des sechsten Jahrhunderts Muscheln ab und an vorkommen, soll durch Obiges nicht in Abrede gestellt werden.

eines Winkels, schob vielmehr die Zwanzigeckseite ein und erhielt hierdurch die stumpfen Winkel seitlich etwa 0,70 m neben der Achse, wo sie ihn bei Anordnung der Stoßfugen nicht störten.<sup>18)</sup>

Wenn nun aber die besprochenen beiden Schichten unter dem Kämpfergesimse im Erdgeschoß neu sind, so ist der notwendige Schluß, daß auch dieses Kämpfergesims selbst und das ganze innere darauf ruhende aus Werksteinen hergestellte Gewölbe, das aus zwei sich rechtwinklig durchdringenden Tonnen besteht, nicht ursprünglich sind, sondern einem umfassenden Erneuerungsbau aus der Zeit der Renaissance oder des Barock ihre Entstehung verdanken.

Die Änderung im Grundriß des östlichen und westlichen Flügels ist dann zu dem Zwecke vorgenommen worden, um gerade, nicht zweimal gebrochene Schildflächen zu erhalten, gegen die das neue Tonnengewölbe anlaufen konnte. Im Nord- und Südflügel sind dagegen die Winkel so stumpf, daß hier eine derartige Änderung nicht notwendig war, auch wurde sie hier durch die Fenster unmöglich gemacht. Durch diese Schlußfolgerung gewinnt man auf einmal, wie die Schnittzeichnung Abb. 9 nachweist, den nötigen Raum in der Höhe von etwa 4 m — von der Oberkante der Rauchfangsäulen bis zum Fußboden des Obergeschosses gemessen — für die Abdeckung des Erdgeschosses und die gleichzeitige Unterbringung der in der Krypta von S. Marco vorgefundenen umfangreichen Rauchkanalanlagen. In der Zeichnung sind im unteren Teile des Erdgeschosses die besprochenen fünfeinhalb alten Schichten mit allen Stoß- und Lagerfugen genau nach Haupt eingetragen. Im oberen Teile ist dagegen das jetzt eingelegte Hauptgesims und das jetzige Gewölbe nur punktiert angegeben. Die ursprüngliche Überdeckung des Erdgeschosses wird man vielleicht durch vier Gurtbogen anzunehmen haben, die sich zwischen die vier inneren Ecken der Kreuzmauer setzten. Auf diesen und den Umfassungsmauern der Kreuzflügel ruhten dann vielleicht die gewaltigen Steinplatten, die wir gleichfalls in S. Marco fanden, als gerade Decke und als Träger der Kanäle auf. Der

schwere Baldachinbau des Obergeschosses mit seinen Säulen wurde dagegen voraussichtlich durch die Säulen des Rauchfangbaues und durch diesen selbst unterstützt. Die Rauchkanäle mögen ganz von der vorderen bis zur hinteren Mauer des Baues hindurchgegangen sein. Nahmen dann die Goten, als sie Ravenna endgültig aufgeben mußten und ins Venetianische zogen, mit Genehmigung von Narses und Justinian von diesem Bau alles Mitnehmensmögliche

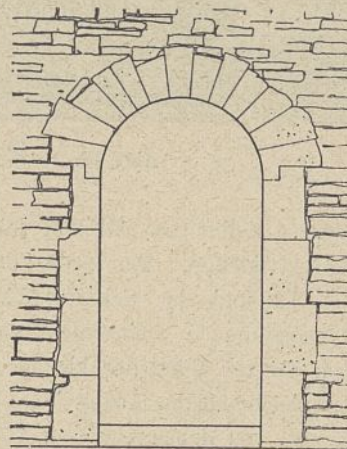


Abb. 13. Tür von der Pfalzkapelle in Aachen.

(Nach Haupt, Die Pfalzkapelle Kaiser Karl d. Gr. in Aachen, Taf. XX.)

18) Mothes hat alle diese Eigentümlichkeiten am Bau, insbesondere das Springen des Grundrisses im Erdgeschoß auch schon bemerkt, jedoch die richtigen Schlüsse hieraus nicht gezogen. Er denkt an eine Änderung des Planes während des Baues. Die betreffenden Stoßfugen sind in den Erdgeschoßgrundriß und in den Schnitt eingezeichnet.

fort, was an ihren großen König Theoderich oder Theodor erinnerte, und übertrugen dies in eine neue auf dem Rialto des heutigen Venedig erbaute Theodorskirche<sup>19)</sup>, so mußte ein ganz verwüsteter Bau zurückbleiben. Auf diese Weise ist die Äußerung des Agnellus erklärlich, wenn er von Theoderich sagt: er scheint mir aus seinem Grabmal herausgerissen zu sein, und ebenso sind die Spuren einer weitgehenden Zerstörung und späteren Erneuerung, die sich gerade über dem Haupteingang sowie an und unter der hinteren Apsis des

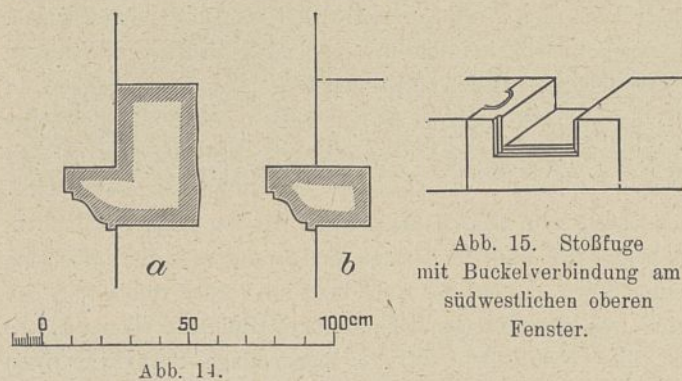


Abb. 14.

a) Angearbeitetes } Kämpfergesims aus dem Untergeschoß.  
b) Eingeschobenes }

Obergeschosses befinden, an diesen Stellen erklärlich. Hier auf der Hauptachse des Baues müssen sich in erster Linie bedeutungsvolle, an den Toten gemahnende oder zu seiner Beisetzung gehörige Bauteile befunden haben.

Wenn sich rings um den inneren Kreuzraum vier Gurtbögen gesetzt haben, so erklären sich auch die vier Einklinkungen auf den Ecken. Sie dienten dann dazu, daß steinerne Ansätze der Kämpfersteine in sie eingriffen und diese hierdurch in ihrer Lage unverrückbar festgehalten wurden. Diese Ansätze sind zwar eigentlich überflüssig. Bei der äußersten Sorgfalt, mit der dieser Bau gearbeitet wurde, sind sie aber doch erklärlich<sup>20)</sup>. Ebenso sind die Bogensteine der zehn äußeren Rundbogen mit nicht durchaus erforderlichen Verzahnungen miteinander verbunden, und im Innern des Mauerwerks liegen nach Haupt die Steine nicht in einer glatten

19) Daß Theoderich schon den heiligen Theodor als seinen Namenspatron ansah, trotz des ganz anders abzuleitenden griechischen Namens, geht daraus hervor, daß er die erste Kirche in Ravenna diesem Heiligen weihte. Mothes (Die Baukunst des Mittelalters in Italien S. 88) sagt dementsprechend von Theoderich, nachdem er Ravenna erobert hatte: „Da dem Theoderich Weisheit und Toleranz geboten, die katholischen Kirchen Ravennas tunlichst zu schonen, so confiscierte er nur eine, um seinen Arianern schnell eine Hauptkirche (matrix ecclesia) zu verschaffen. Er wählte dazu die ziemlich alte und kleine (206 von Agabitus gebaute) Kirche seines Namenspatrones S. Theodorus, auch S. Spirito genannt, und baute dieselbe um.“ Die Annahme liegt daher wohl nahe, daß die aus Ravenna vertriebenen Goten als erste Kirche auf dem Rialto auch eine Theodoruskirche erbauten und dort die Reliquien ihres großen Königs Theoderich unterbrachten. Diese hier nur angedeutete Annahme muß später unter Heranziehung der Grundrisse und Schnitte der Theodors-Markus-Kirche in Venedig und ihrer Unterkirche oder Krypta noch ausführlich bewiesen werden. Zur Klärung des Zusammenhanges seien die obigen Andeutungen aber hier schon gegeben. Die Übertragung der Leiche kann auch schon sofort nach der Einnahme Ravennas durch Belisar (539) geschehen sein, da Haupt (a. a. O. S. 1) angibt, daß nach alter Überlieferung die Soldaten Belisars die Leiche aus dem Grabmal herausgenommen hätten.

20) Derartige Ansätze zum Festlegen der Kämpfersteine eines Bogens dürften sonst nur an einem einzigen Beispiele vorkommen, vgl. Haupt, Die Pfalzkapelle Kaiser Karl des Großen in Aachen, Taf. XX, von wo die hier gegebene Abb. 13 entnommen ist.

Stoßfuge nebeneinander, sondern sie greifen mit Buckel und entsprechender Ausbuchtung, gewissermaßen mit Zapfen und Zapfenloch oder mit Feder und Nut (Abb. 15), ineinander ein, um alles ganz unverrückbar zusammenzuhalten.

Die Erneuerungsarbeiten am inneren Kämpfergesims und dem Gewölbe sind dann aber auch wieder mit der größten Sorgfalt ausgeführt, geradeso wie im Äußern, wo man noch bis vor einigen Jahrzehnten die jetzigen Treppen mit der sorgfältigen Arbeit ihrer verzahnten Bogensteine als alt ansah.<sup>21)</sup> Das Kämpfergesims im Innern ist auch wieder wie im Äußern im allgemeinen nicht als besondere Steinschicht hergestellt, sondern in sehr aufwändiger Weise der darüberliegenden Kämpferschicht angearbeitet (vgl. Abb. 14a), was selbstredend bedeutend mehr Werkstoff und Arbeit kostet wie ein eingeschobenes Gesims. Das innere Kämpfergesims zeigt daher mit der darüber sichtbaren Kämpferschicht dieselbe durchgehende Stoßfugenteilung. Nur über der Haupteingangstür, wo einmal schon ein großer Steinbalken vorhanden war, mußte das Kämpfergesims eingeschoben werden (wie Abb. 14b und 16 zeigen), und hier ist daher das Kämpfergesims etwa in der Mitte gestoßen, während der dahinter gelegene Steinbalken an dieser Stelle keine Stoßfuge zeigt, sondern in einem Stücke über die ganze Türöffnung hinweggeht. Wo es möglich war, sind demnach die Kämpfersteine einschließlich des angearbeiteten Gesimses beim Erneuerungsbau in die Wand eingelegt worden,

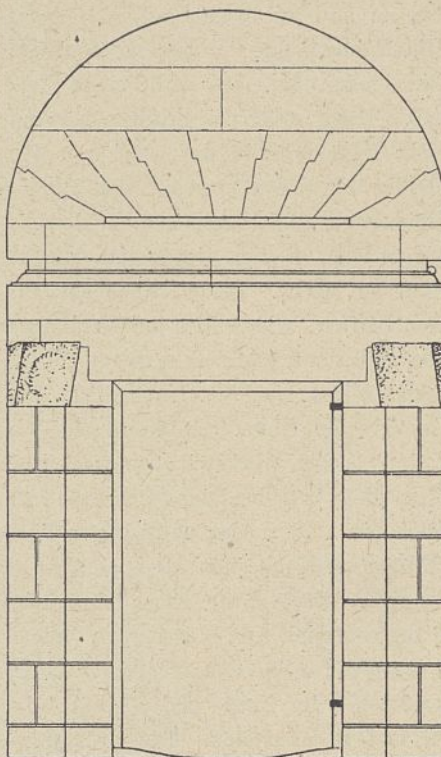


Abb. 16.

Tür im Erdgeschoß von innen gesehen.

(Nach Haupt, Grabmal Theoderichs d. Gr. in Ravenna, Abb. 32.)

während dort, wo dies nicht möglich war, das Kämpfergesims als besondere Schicht eingeschoben werden mußte. Auch dadurch schon, daß das innere Kämpfergesims im Erdgeschoß zwei Schichten höher liegt wie das äußere (Abb. 9), erscheint es verdächtig. Außerdem stellt es eine fast genaue Nachbildung des letzteren dar, was bei dem großen Wechsel und Erfindungsreichtum, der bei den übrigen äußeren und inneren Gesimsen herrscht, gleichfalls als ein Anzeichen nachträglicher Herstellung angesehen werden muß.<sup>22)</sup>

21) Die Unterseite der Treppen ist aus Ziegelsteinen hergestellt, was man früher wohl übersehen hatte, vgl. Haupt a. a. O. Taf. XIII.

22) Ob in der Tat das innere nachgearbeitete Kämpfergesims ebenso wie das äußere alte mit einer Nase über die Vorderfläche der Wand hinweggreift, wie auf Abb. 14 angegeben ist, habe ich nicht feststellen können; Haupt zeichnet es so.

Was nun das innere Werksteingewölbe anbetrifft, so hat man schon verschiedentlich seine Verwunderung über ein solches Gewölbe bei einem Bau der Goten aus dem sechsten Jahrhundert ausgesprochen. Es ist als Kreuzgewölbe durch die Durchschneidung zweier rechtwinklig zueinander liegender Tonnengewölbe mit wagerechten Scheitellinien gebildet und ganz aus Hausteinen hergestellt. Für beide Eigentümlichkeiten wird man in der Kunst des sechsten Jahrhunderts wohl kaum ein Seitenstück finden.<sup>23)</sup> Dagegen bildet ein derartiges Gewölbe 1000 Jahre später, etwa vom 16. Jahrhundert an, das Prunk- und Paradestück für alle Lehrbücher über den Steinschnitt oder darstellende Geometrie. Es ist ja in der Tat eine Probe für das Können eines Werkleiters, alle Steine eines aus Haustein hergestellten Kreuzgewölbes, insbesondere die an den Graten, kunstgemäß auszutragen. Wenn man in der Zeit zwischen dem 16. und 18. Jahrhundert diesen Erneuerungsbau ausführte, so mußte man daher auf diese Gewölbelösung wohl mit ähpnlicher Sicherheit verfallen, wie auf die Muschelaufsätze über den leeren Grundrißbecken.<sup>24)</sup> Das Gewölbe ist im übrigen auch wieder in Anlehnung an das Vorhandene und mit größter Sorgfalt ausgeführt, wie die Verzahnungen an vielen Gratsteinen nachweisen. Bei den Fenstern in den Kreuzflügeln hat man allem Anschein nach dagegen Vorhandenes an Ort und Stelle belassen können.

In den gegebenen Zeichnungen des Grundrisses und des Schnittes (Abb. 9 bis 11) ist nun mit wenigen Linien angedeutet, wie sich die Rauchfanganlage in dem vorhandenen Raum etwa untergebracht denken läßt. Der natürlichste Platz für sie ist der Ostflügel. Dann stellt das mittlere Quadrat den Arbeitsraum vor dem Räucherherde dar, und von den Nord- und Südflügeln bildet der eine naturgemäß den Stapelraum für frisches Nadelholzreisig zum Beschieken der Anlage, während der andere geeignet war, die vom Herde entnommene Asche bis zu ihrer Abfuhr zu lagern. Beide Räume sind für einen sauberen geordneten Betrieb, wie er hier selbstverständlich vorausgesetzt werden muß, unumgänglich notwendig. An den Ecken der Kreuzflügel zeigen sich im Grundriß an den Stellen G H J K vier senkrechte Nute, von denen eine (J) im Schnitt zu ersehen ist, in die Werksteine eingearbeitet. Die Nute sind 5 zu 5 cm tief, befinden sich 6 cm von der Ecke entfernt und reichen bis 1,40 m über den jetzigen Fußboden, der nach der Türschwelle mit dem alten annähernd übereinstimmen muß, empor. Diese Nute sind daher sehr geeignet, um in sie die zapfenartigen Anschlüsse (oder Federn wie man beim Holzbau sagt) von steinernen Brüstungswänden passender Höhe einzuschieben. Im Nord- und Südflügel ist nur je eine Nut bei G und H vorhanden. Die Brüstungswände hatten daher hier nur einseitigen Wandanschluß und an der anderen Seite befand sich — an richtiger Stelle, um den Betrieb unmittelbar vor dem Räucherherde nicht zu stören —

23) Haupt (Älteste Kunst S. 96) macht darauf aufmerksam, daß Gewölbe in der alten Kunst der Germanen sehr wenig vorkommen und daß man sich, wenn man sie doch einmal anwendet, fast ausschließlich auf das Tonnengewölbe beschränkt. Das Kreuzgewölbe vom Theoderichgrabmal, das hier als nachträgliche Zutat geschildert wird, führt er gerade als eine sehr auffallende Ausnahme an.

24) In sichtbaren Hausteinen hergestellte Gewölbe kommen überhaupt wohl selten vor. Ein Beispiel, auch von einem Grabmal entnommen und aus dem 16. Jahrhundert stammend, geben die Gewölbe der Grabeskirche Philipps II. im Escorial.

die nötige Durchgangsöffnung. Im Westflügel finden sich dagegen die Nute an beiden Seiten an den Stellen J und K vor. Die Durchgangsöffnung lag hier daher in der Mitte und an dieser Stelle wird die Brüstung im wesentlichen nur als ein Abschluß nach der Außentür hin anzusehen sein, damit ein Außenstehender bei etwa aufstehender Tür nicht den freien Blick auf den, bei einem Grabmal doch immerhin störenden und untergeordneten Betrieb der Räucheranlage hatte. In ähnlicher Weise entziehen wir heute bei einem Krematorium doch auch den Verbrennungsbetrieb möglichst den Blicken. In den Grundriß sind dementsprechend die Brüstungsabschlüsse eingezeichnet. Der Aufbau der Reste der Räucheranlage in der Krypta von S. Marco ist an dieser neuen Stelle gleichfalls und zwar im großen Rechteck mit Brüstungen, die aus Brüstungsplatten verschiedener Art zusammengesetzt sind, umgeben, wie Abb. 6 nachweist. Es ist daher wohl anzunehmen, daß diese Brüstungen, und zwar gerade die einfachsten unter ihnen, die auf der Abbildung im Vordergrund zu sehen sind, aus dem Erdgeschoßinnern des Grabmals stammen. Es ist hier eben alles auf die Rauchanlage Bezügliche nach Möglichkeit zusammengehalten. Außerdem werden am Grabmal selbst und zu seiner Einzäumung an verschiedenen Stellen noch Brüstungen notwendig gewesen sein, wie wir früher schon anführten. An S. Marco sind daher auch sehr viele verschiedene Brüstungsarten vertreten. Eine zweite Art, ehemals reich mit Marmoreinlegearbeit verziert, die jetzt aber herausgefallen ist, findet sich gleichfalls zu dem eben besprochenen Rechteck verwandt. Eine dritte, aus Kleinbögen auf Säulchen bestehend und ähnlich denjenigen im Äußeren der Markuskirche, sieht man auf Abb. 6 links zwischen der dritten und vierten Gewölbesäule. Eine ganze Sammlung von verschiedenen Arten findet sich dagegen am Umgang der Markuskirche im oberen Geschoß vor. Die drei in Abb. 17 gegebenen Arten, die von hier stammen, sind alle nicht ursprünglich für diesen Platz gemacht und passen nicht zueinander. Bei der mittleren hat man unten nur ein kleines glattes Stück, bei der linken ein größeres profiliertes, und bei der rechts das ganze Umrahmungsprofil der Unterseite weggehauen, um den Platten eine gleichmäßige Höhe für ihre jetzige Aufstellung zu geben. Dies Beispiel liefert daher wieder einen Beweis für die Erbauung der Markuskirche aus vielerlei anderswoher entnommenen Steinen.

Eine andere bemerkenswerte Brüstung muß hier noch erwähnt werden, diejenige des Patriarchensitzes im Dome in Grado (Abb. 18). Hier ist die Brüstung in derselben ganz eigentümlichen und wohl einzig dastehenden Art durch ineinander verschlungene Kreise verziert, wie wir dies an der Unterkante des Rauchfangs aus dem Theoderichgrabmale fanden. Der Sitz mit seinem Baldachin und der Treppe ist, wie dies auch v. Eitelberger<sup>25)</sup> hervorhebt, zweifelsohne ein Werk der ältesten Zeit, und er ist, wie dies selbst aus dem Bilde zu ersehen ist, aus verschiedenen nicht zusammengehörigen Teilen zusammengesetzt. Die Säulen entstammen einer späteren Zeit, die schräg ansteigenden seitlichen Brüstungen sind unten abgeschlagen, damit sie auf die Abdeckplatte der Wangen passen, vorn hört die nur einseitig entwickelte Baldachinplatte plötzlich auf und ist abgeschlagen.

25) Vgl. Heider und v. Eitelberger in *Mittelalterliche Kunstdenkmale des österreichischen Kaiserstaates* Bd. II, S. 117.

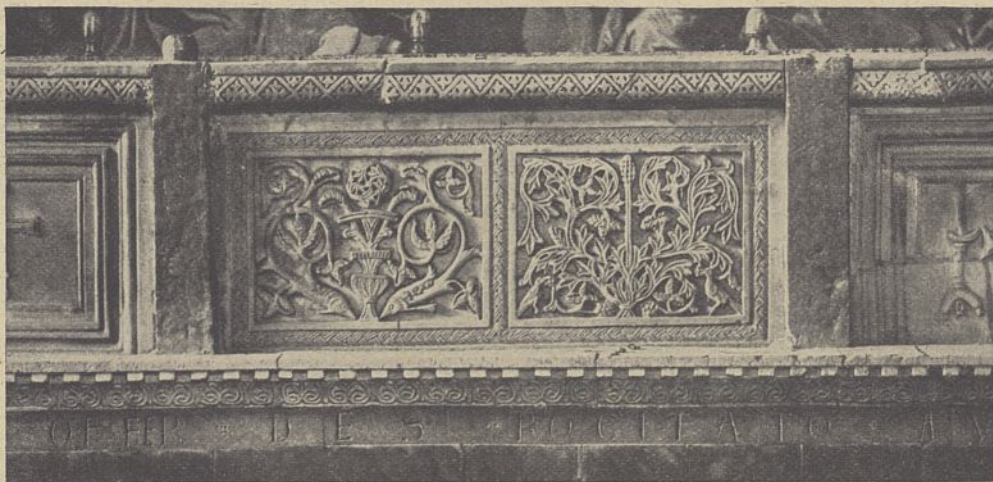


Abb. 17. Brüstungsplatten aus der Markuskirche in Venedig.

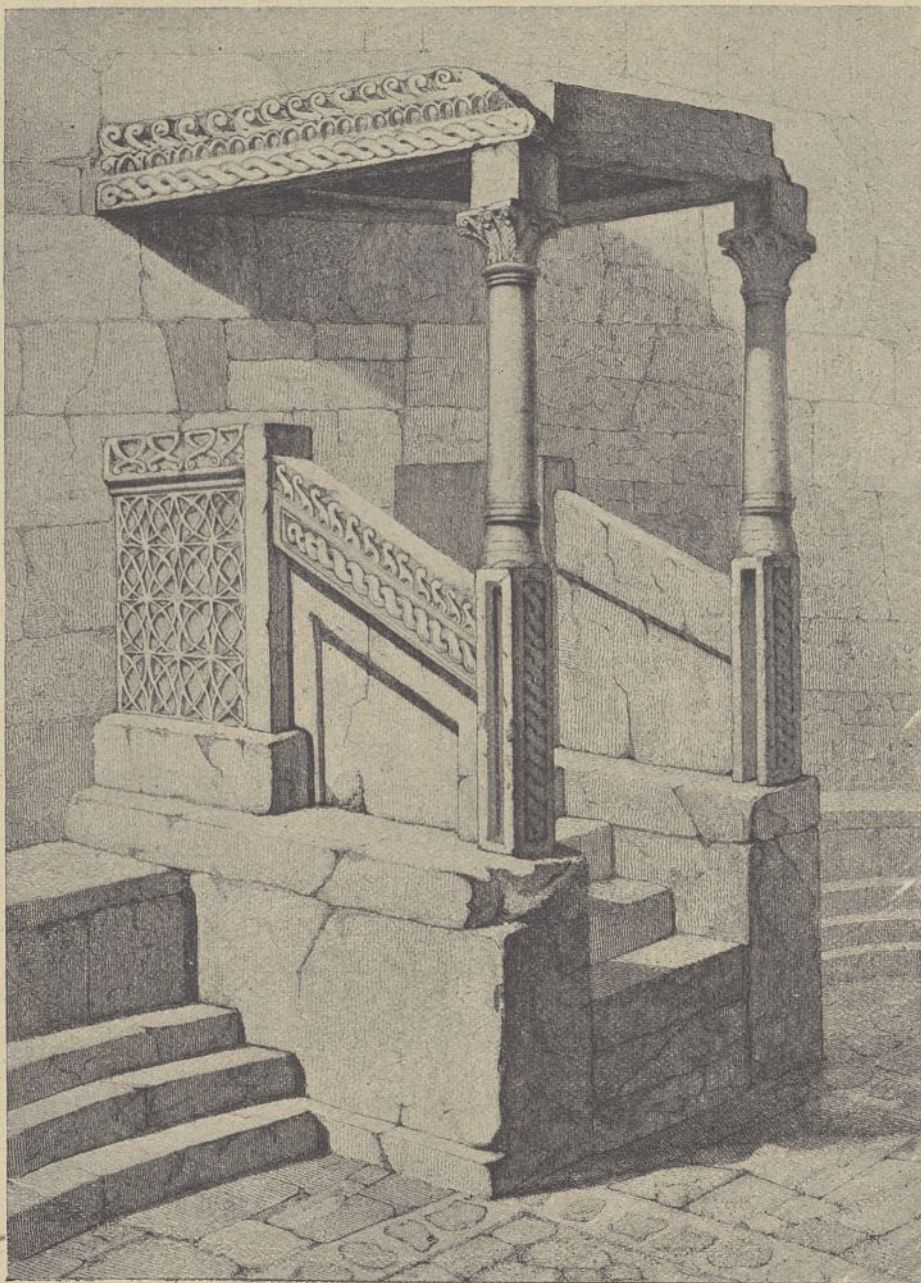


Abb. 18. Patriarchensitz in Grado.

(Nach „Mittelalterliche Kunstdenkmale des österr. Kaiserstaates“ von Heider und v. Eitelberger, Bd. I, Taf. XVII.)

Grado war nun bis zum Jahre 1450 der Sitz der venetianischen Patriarchen. Erst in diesem Jahre wurde das Patriarchat nach der Kirche San Pietro di Castello in Venedig und im Jahre 1807 von hier nach der Markuskirche, der bisherigen Hof- und Staatskirche der Dogen, verlegt.

Der Doge Pietro Orseolo verschönerte in der zweiten Hälfte des zehnten Jahrhunderts die Kirche in Grado, versah die Reliquien der Heiligen mit neuen Behältern und Inschriften, und sein Sohn Vitalis war dort Patriarch. Also würde es leicht erklärlich sein, wenn die Venetianer zu irgendeiner früheren Zeit ihrem Patriarchen für seinen Kirchensitz auch etwas von den Bauteilen des Theoderichgrabmals abgegeben hätten. Nicht nur das verschlungene Kreismuster der Brüstung spricht hierfür, sondern auch die gesamten Schmuckformen an der Abschlußplatte hierüber, an der Baldachinplatte, den schrägen Brüstungen und den Säulensockeln. Diese Schmuckformen sind ganz eigentümlich, passen nicht in den Kreis der sogenannten byzantinischen oder romanischen Baukunst hinein, sondern schließen sich in einem offenbar absichtlichen Zurückgehen auf das Formenwesen der einfachen Flechtbaukunst den früher schon näher behandelten, gleichartigen Formen vom Äußern des Theoderichgrabmals an.

Ich möchte daher wohl die Vermutung aussprechen, daß diese Bauteile gleichfalls von dem genannten Grabmal ursprünglich entnommen sind. Dann werden sie aber voraussichtlich nicht im Innern, sondern im Äußern angebracht gewesen sein, und sie stellen vielleicht den oberen Abschluß einer geradläufigen Treppe dar, die vorne zur Tür im Obergeschoß emporführte. Die Baldachinplatte mit ihren eigenartigen Schmuckformen ist dann vielleicht ein Rest der Abdeckplatten, welche den äußern Umgang im Obergeschoß einmal abdeckten oder abdecken sollten, denn diese Bauteile sind, wie früher schon, den Behauptungen Haupts und anderer folgend, ausgeführt wurde, niemals ganz fertig geworden.

Wenn aber eine geradläufige vielleicht ziemlich steile und nicht zu breite Treppe — denn sie brauchte nur sehr selten begangen zu werden — zur Tür im Obergeschoß emporführte, so war durch diese Anlage die Tür im Untergeschoß für den Anblick von der Vorderseite des Denkmals her im wesentlichen verdeckt. Diese Ver-

deckung konnte auch nur erwünscht sein, da sie, wie oben ausgeführt ist, doch nur zu einem Raume mit untergeordnetem und eigentlich störendem Betriebe führte. Auch die Ausstattung der Tür scheint darauf zu deuten, daß auf ihren Anblick ein hoher Wert nicht gelegt wurde. Trotz der denkmalwürdigen Ausführungsweise, die sich in den gewaltigen Blöcken der Türumrahmung und -überdeckung ausdrückt, würde man für die Haupttür dieses gewaltigen Grabmals doch eine andere Lösung wünschen als die vorhandene mit dem sonderbar in die Höhe gezogenen und auf ganz eigentümliche Weise verkröpften Abdeckgesims (vgl. Abb. 3b, Jahrg. 1918, S. 27). Die Tür hat in der Tat etwas Untergeordnetes, was aber für eine im wesentlichen verdeckte Tür gerade gut passen würde.

Nach Erledigung des Untergeschosses betreten wir nunmehr das Obergeschoß. An ihm ist von jeher die sonderbare apsidenartige, dabei aber rechteckige Nische an der Ostseite aufgefallen, die aus dem Grundriß, dem Schnitt und der hinteren Ansicht (Abb. 8, 9 und 9a) zu ersehen ist. Ihr Mauerwerk ist in großen Teilen erneuert, wie dies die breiten unregelmäßigen Fugen und die überhaupt minderwertige Ausführungsart nachweisen. Die Nische ist von manchen als die eigentliche Begräbnisstelle des Königs angesehen worden. Ein Sarkophag würde aber bei ihrer geringen Breite von etwa 1,80 m nicht in sie hineinpassen, besonders auch nicht wegen der mehrfach hervorgehobenen außergewöhnlichen Körpergröße des Königs, und für die Bestattung in sitzender Stellung würde sie bei etwa 1,90 m Höhe im Scheitel des abdeckenden Halbkreisgewölbes auch zu niedrig sein. Wenn für einen sitzenden Menschen diese Höhe auch genügt, so würde die Unterbringung des Leichnams in einer so winzigen Nische doch weder der Würde des Königs, noch der großartigen Ausstattung des ganzen Grabesbaues entsprochen haben. Nach den obigen Ausführungen wird sie dagegen von uns nur als Frischluftkammer angesehen werden können. Sie stellte den Raum dar, in dem der ganz gereinigte Rauch in die Höhe zog, um hier nach jeweiligem Bedarf mit frischer reiner Außenluft gemischt zu werden und dann das Innere des ganzen Obergeschosses zu durchströmen. In ähnlicher Weise wird in alten schornsteinlosen norddeutschen Bauernhäusern für die Erhaltung der Fleischwaren gerade derjenige Rauch am meisten geschätzt, der vom Herde auf der großen Diele her das ganze Haus durchzieht und dann ganz ausgekühlt und rein an die Fleischwaren in der Luftkammer herantritt, die an irgendeiner entfernten Stelle des hohen luftigen Dachbodens angeordnet ist. Diese gelinde Räucherung genügt aber zuweilen nicht auf die Dauer, sondern ab und an muß das Fleisch einmal schärfer nachgeräuchert werden. Im Grabmal mochte diese bisweilen nötige schärfere Nachräucherung durch Zuleitung des Rauches in die Stufen des Thrones oder in noch schärferer Weise durch Einführung unter dem Sessel geschehen, wie wir dies bei Behandlung dieses Stückes später sehen werden.

Als eine Bestätigung dafür, daß die Nische als Frischluftkammer diente, mag der sonderbare Falz in der Abdeckung des Nischenfensters dienen. Diese Abdeckung befindet sich zwar in später erneuertem Mauerwerk, aber es mag für sie ein alter Baustein wieder zur Anwendung gekommen sein. Wie der Schnitt (Abb. 9 und 9b) nachweist, ist zwischen

den zwei Abdecksteinen des Sturzes ein Falz von 8 bis 10 cm Breite belassen, welcher nur als für einen Schieber ehemals dienend angesehen werden kann. Je nach der Windrichtung und dem Bedarf konnte man den Schieber dann einstellen. Jetzt ist der Falz aber teilweise durch Mörtel ausgefüllt, nachlässig in verschiedener Breite durch schräges Einmauern des Abdecksteines hergestellt und in den Seitengewänden bei der Erneuerung überhaupt nicht heruntergeführt. Der äußere Abdeckstein, der in seiner Kleinheit sehr gegen die übrigen großen Steine des Grabmals absticht (vgl. die Hinteransicht Abb. 9a), könnte um so mehr als alt angesehen werden, weil man diesen kleinen Stein bei einer etwa notwendigen Erneuerung des Schiebers für sich herausnehmen, den alten Schieber entfernen und einen neuen einsetzen konnte. Der Fußboden der Luftkammer, der heute 12 cm unter dem des Obergeschosses liegt, kann früher noch bedeutend tiefer gelegen haben.

Über der Nische ist im Innern ein einfaches Kreuz ausgearbeitet, und auch das Fenster darüber in der Außenwand ist kreuzförmig gestaltet (Abb. 8 und 19). Beide Kreuze sind gewiß als ein Zeichen dafür anzusehen, daß sich in unmittelbarer Nähe das Wichtigste des Grabmals, der Körper des Toten, befand.

In der Schnittzeichnung und im Grundriß des Obergeschosses (Abb. 9 und 11) ist daher angenommen, daß der erhöhte Thronstuhl nahe vor der Hinterwand aufgebaut war. Über ihm erhob sich dann der Baldachin, und die halbkreisförmigen Stufen mit der Rauchzuleitung führten vorn zu ihm empor. Die Stelle des Sitzes ist hier auch durch die ganzen Verhältnisse vorgeschrieben, denn einerseits befand er sich an diesem Platze in unmittelbarer Nähe der Luftkammer und über der Raucherzeugungsstätte, andererseits konnten die schweren Säulen des Rauchfangs dazu dienen, die Last des Thronunterbaues und der Baldachinsäulen in passender Weise aufzunehmen. Ferner aber wirkte der ganze Baldachinaufbau mit dem von ihm umschlossenen Leichnam des Königs naturgemäß auch am eindrucksvollsten, wenn der durch die Vordertür Eintretende den Baldachin nicht in der Mitte des Raumes, sondern in weiterer Entfernung im Grunde des mäßig erhellten Totengemaches vor sich aufragen sah. Die gewählte Stelle wird ferner noch klarer als die richtige durch die folgende Einrichtung erwiesen. Über dem Halbkreisbogen der Luftkammer befinden sich 2,70 m über dem Fußboden hoch und in 3,30 m Abstand voneinander zwei viereckige Löcher in der Innenwand des Raumes (vgl. Abb. 19). Bei näherer Untersuchung kommt man zu dem Ergebnis, daß es sich hier nur um Löcher zum Einschieben eines Einlegebaumes handeln kann.<sup>26)</sup> Rechts befindet sich ein einfaches viereckiges Loch. Hier konnte man das eine Ende des Einlegebaumes einfach in die Mauer einschieben. Im Loche links hat man dagegen unten eine kleine Erhöhung an dem unten gelegenen Quadersteine stehen lassen. Hebt man das linke Ende des Einlegebaumes über diese Erhöhung hinweg und läßt ihn dann nieder, so liegt er an beiden Enden fest. Der Zweck des Einlegebaumes, der im Schnitt und im Grundriß punktiert angegeben ist, kann nur der gewesen sein, daß über ihn

<sup>26)</sup> Auch Haupt (a. a. O. S. 4) hat am Grabmal schon die Falze für Scharn und Löcher für „Querbalken (für Vorhänge?)“ entdeckt, scheint aber hierbei nur das Untergeschoß im Auge gehabt zu haben.

ein Teppich oder ein Segellein gespannt wurde, um bei Reinigung der Räucheranlage einschließlich der Luftkammer den Baldachin und das, was er bedeckte, gegen den aufwirbelnden Staub zu schützen. Man betrachte diesen Gedanken nicht als abgeschmückt oder gesucht. Es ist jedem bekannt, wie bei der inneren Reinigung von Öfen oder Rauchrohren sich kleine Ruß- und Ascheteilchen trotz aller Vorsicht überall hin verbreiten, erst in die Höhe wirbeln und dann als schmutzende Schicht alle Gegenstände im Raum bedecken. Die für die längste Zeit bestimmte, hier besprochene Anlage mußte zuweilen einmal gereinigt werden, und die Ruß- und Ascheteilchen mußten hierbei naturgemäß vom Antlitz des Verstorbenen, von seiner Kleidung, der goldenen Rüstung und allem Zubehör nach Möglichkeit ferngehalten werden. Theoderich hatte sich als Herrscher viel mit Bauten beschäftigt, um, wie er selbst sagt, zwischen den Sorgen für das Gemeinwohl den ermüdeten Geist durch die anmutende Beschäftigung mit Bauten zu erfrischen (*inter publicas curas animum fessum reficere dulcedine fabricarum*). Als Bauherr wird er hierbei die

nötige Erfahrung gesammelt haben, um bei dem ernstesten Bau seines Lebens, seinem Grabmal, mit aller Sorgfalt vorzugehen, und sich hierzu mindestens einen ganz erfahrenen und sorgfältig arbeitenden Baumeister auszusuchen. Der Vorhang mag oben und an den Seiten gegen die Wand durch Haken und Ringe fest verspannt gewesen sein. Schulz und Haupt haben an der Innenseite der Wand des Obergeschosses eine Reihe von Eisenhaken, die mit Blei verstemmt waren, gesehen. Schreiber dieses hat sie seinerzeit nicht bemerkt und weiß daher nicht, ob sie sich an richtiger Stelle für den erwähnten Zweck befinden. Im übrigen ist er aber auch einmal in der Lage gewesen, den kostbaren Inhalt eines Sammlungs-saales in ganz ähnlicher Weise, wie hier angegeben ist, gegen Staub schützen zu müssen, als durch die Saalwand eine große Bogenöffnung gebrochen wurde. Es ergab sich hierbei von selbst eine ganz ähnliche Lösung. Die beschriebene Einrichtung schützt dann besonders gut, wenn der Vorhang beständig naß gehalten wird.

Bei Annahme eines guten Entwurfs für die innere Einrichtung des Grabmals wird es ferner notwendig erscheinen, die durch die Tür des Obergeschosses Eintretenden den Körper des Toten nicht vor einem dunkeln Loche, dem Bogen der Luftkammer, sitzend sehen zu lassen, in dem sich verschiedene Fenster- und Bogenlinien unschön und unruhig miteinander verschneiden, sondern es muß eine höhere Marmorwand sich hinter ihm erheben, um dem Bilde Ruhe

zu geben. Diese muß aber durchbrochen sein, um in keiner Weise die Bewegung der den Körper umspülenden reinen und ausgekühlten Rauchtluft zu verhindern. Entsprechende Marmorgitter in Nachahmung von Holzgittern werden wir daher später neben dem Baldachin an seiner jetzigen Stelle wiederfinden, wenn wir diesen und den Grabeshochsitz demnächst für sich behandeln werden. Auch seitlich neben dem Baldachin erscheinen Brüstungen oder Gitter mit Türen zum Anschluß an die runde Raumwand notwendig. Die wagerechten Einkerbungen in etwa 1 m Höhe über dem Fußboden neben der Nischenöffnung (Abb. 11 und 19) mögen für derartige Anschlüsse gedient haben.

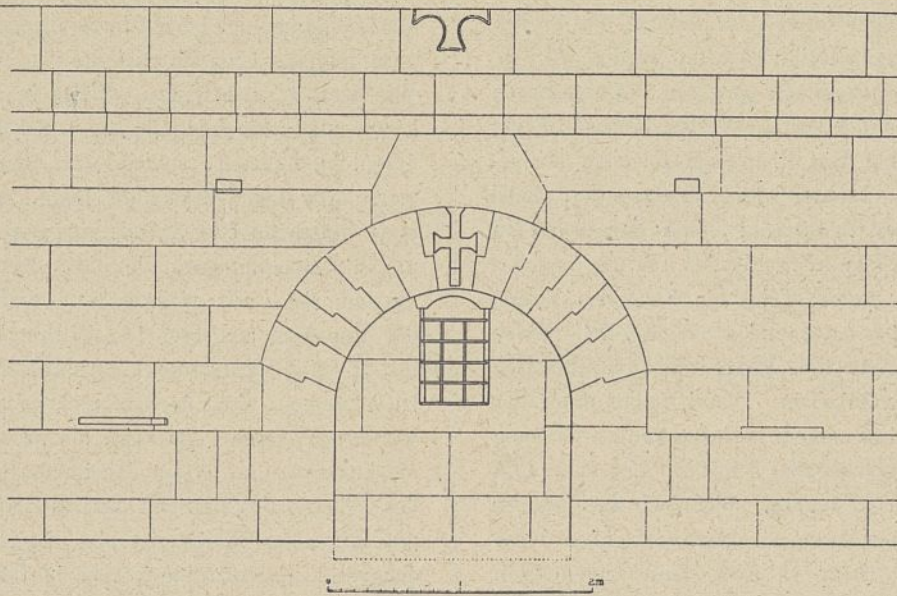


Abb. 19. Östliche Nische im Obergeschoß des Grabmals.

(Nach Haupt, Grabmal Theoderichs d. Gr. in Ravenna, Taf. XII.)

Die Steine der Wandflächen im Obergeschoß sind fein gespitzt und mit Randschlag sehr sauber versehen, jedoch ohne Absetzung der Fugen. Es wird daher Haupt und anderen beizupflichten sein, wenn sie annehmen, die Wandflächen hätten hier ehemals keinerlei weitere Bekleidung durch Stuck, Mosaik oder Ähnliches gezeigt. An dem großen Deckstein befindet sich jedoch jetzt in der Mitte ein in Stuck aufgetragenes bemal-

tes Kreuz (Abb. 9), während ringsum ein breiter Streifen rauh bearbeitet ist, so daß hier früher Mosaik, das aber inzwischen heruntergefallen oder entfernt worden ist, anzunehmen sein wird. Der Stein zeigt an diesen Stellen eine schmutziggraue Färbung, während die Wandflächen darunter eine ganz zarte rötliche Tönung zeigen, die eigentlich nur im Gegensatz zur einfach grauen Farbe des Decksteines wahrzunehmen ist. Diese Tönung wird man daher wohl auf die jahrelange geringe Einwirkung des ganz gereinigten und verdünnten Rauches zurückzuführen haben, während sie sich beim mosaiküberzogenen Deckstein nicht entwickeln konnte.<sup>27)</sup>

Durch das Vorhergehende, insbesondere auch durch den Einlegebaum ist die Stelle des Thronsitzes und des Baldachins in der wünschenswerten Weise festgelegt und nochmals eine Bestätigung neben weiteren noch zu liefernden dafür erbracht worden, daß der König sich in der Tat frei im Grabesraume sitzend hat bestatten lassen, sowie daß zur Erhaltung des Leichnams der Rauch herangezogen worden ist. Weitere Bestätigungen hierfür werden noch bei Behandlung des Baldachins und Thronsitzes später zu geben sein. Die Anordnung, daß im Untergeschosse des Baues sich ein unter-

27) Kalkstein wird durch Feuer und Rauch je nach der Stärke der Einwirkung bräunlich oder zartrötlich gefärbt, wofür ein sehr schön gefärbter Turm des Naumburger Domes, der einmal eine Feuersbrunst zu überstehen hatte, ein Beispiel gibt.

geordneter Raum befand, darüber aber der Aufenthaltsraum des Hausherrn, hier des Toten, entspricht wieder ganz der Anordnung bei den nordischen Burs, die wir bei Betrachtung des Äußern des Grabmals als Vorbilder für das Grabeshaus Theoderichs, oder genauer gesagt, als von den gleichen uralten Vorbildern abgeleitete Bauten nachgewiesen haben.

In bezug auf den ehemaligen Inhalt des Grabmals des großen Gotenkönigs sei hier nun noch ein weiterer Gedanke entwickelt, der für die gemachten und noch zu machenden Funde von Wichtigkeit ist. Ricci führt bei der Beschreibung des Grabmals<sup>28)</sup> schon an, daß Theoderich sein Grabmal vielleicht nicht für sich allein, sondern auch für seine Familie bestimmt habe, daß er wohl gehofft hätte, daß auch seine Nachkommen und Nachfolger unter dem Schutze des großen Steines einstmals zur ewigen Ruhe bestattet werden würden. Diese Hoffnung sei aber trügerisch gewesen. Amalasintha sei gestorben, erwürgt auf einer Insel des Bolsener Sees; Theodat sei auf der Flucht von Rom nach Ravenna niedergemacht; Mathaswintha, Tochter der Amalasintha, habe geduldet und sei gestorben in Byzanz; Totila liege begraben in den Schluchten des Apennin, wo er bei Taginae Schlacht und Leben gegen Narses verlor; Tejas am Fuße des Vesuv, wo er heldenhaft gekämpft hatte und gleichfalls fiel. Einen hat Ricci hierbei vergessen, den Enkel und unmittelbaren Nachfolger des Königs, Athalarich. Dieser folgte unter der Vormundschaft seiner Mutter seinem im Jahre 526 gestorbenen Großvater in der Herrschaft, starb aber selbst schon im Jahre 534 im jugendlichen Alter von 18 Jahren. Wenn wir auch ebenso wie bei seinem Großvater keinerlei Nachricht über seine Beisetzungsart haben, so liegt es nach dem Obigen doch wohl sehr nahe anzunehmen, daß die Goten dem Enkel ihres großen Königs gleichfalls einen Grabessitz in dem Grabmal seines Großvaters eingeräumt haben und zwar in ähnlicher Anordnung wie bei diesem, wenn auch nicht unter dem Baldachin. Dann fanden sich dort also zwei durch Rauch erhaltene Leichname vor, derjenige des durch seine Körpergröße bekannten und besonders hervorragenden Gotenherrschers und der seines jugendlichen, also gewiß kleineren Enkels. Im Grabmal der Galla Placidia ist, wie wir oben erwähnten, infolge einer Unvorsichtigkeit im Jahre 1577 der daselbst ehemals vorhandene Körper einer im königlichen Gewande sitzenden Herrscherin gänzlich verbrannt. Dasselbe Schicksal mußte auch leicht den beiden Amalern zuteil werden. Von Rauch gänzlich ausgedörrte Körper mit den zugehörigen Gewändern brennen sehr leicht. Wenn eine Unvorsichtigkeit in der Handhabung der Räucherung vorkam, oder wenn etwa bei einer großen Feuersbrunst, wie sie z. B. Ravenna bei der Eroberung durch Belisar im Jahre 539 durchzumachen hatte, ein Funken Flugfeuer in das Grabmal sich verirrt, mußten die beiden Leichname verbrennen und als Reste nur zwei menschliche Gebeine verbleiben, ein größeres und ein kleineres, sowie verhältnismäßig viel Asche, von den Gewändern und sonstigen Beigaben stammend. Wir werden am elfenbeinernen Grabeshochsitz des Königs die Spuren nicht nur einer weitgehenden Rauchdurchtränkung, sondern auch Brandspuren vorfinden. Auch in einer alten ravennatischen Sage, die Ricci in dem angeführten Werke wiedergibt, scheint noch die Kunde

28) Ricci, Ravenna S. 23.

von einer Verbrennung des Königs in seinem Grabmal durchzuklingen. Sie lautet nach Ricci so: „Es war dem König geweissagt worden, daß er vom Blitze erschlagen werden würde. Er ließ sich daher ein besonderes Haus erbauen und dies durch einen gewaltigen Stein abdecken, um jedesmal, wenn ein Gewitter mit Donner und Blitz drohte, sich dahin zurückzuziehen. Aber die Weissagung sollte sich doch erfüllen, indem einstmals der Blitz auf das Gebäude herabschmetternd es zerspaltete, den Steinblock durchdrang und seinen Weg abwärts auf das Haupt des arianischen Königs nahm, der zu Asche verbrannt zurückblieb.“<sup>29)</sup>

Wir werden uns gezwungenerweise in weiterer Folge noch gründlicher mit der Frage zu beschäftigen haben, wohin die Leichname der beiden letzten Amaler gelangt sind. Hierbei wird uns das eben Entwickelte von Wert und notwendig sein. Wir werden uns hierzu wieder in die Krypta der Markuskirche zurückbegeben müssen, in der Geheimnisse schlummern, deren Aufdeckung, solange die Republik bestand, verpönt war. Nur der jedesmalige Doge, der Prokurator und der erste Geistliche oder Primicerius der Markuskirche<sup>30)</sup> wußten um die Geheimnisse, die diese Stätte umgaben. Aber sie durften sie nicht weitergeben, und der Geschichtschreiber der Republik aus dem 14. Jahrhundert, der Doge Dandolo, mahnt seine Landsleute nicht die Lüftung dieser Geheimnisse zu versuchen, nicht nachzuforschen, sondern nur den Glauben walten zu lassen. Er sagt, als er von der Einweihung der Markuskirche im elften Jahrhundert und der Unterbringung der Gebeine des Heiligen daselbst redet<sup>31)</sup>: „Am achten Tage des folgenden Oktober ist also die Kirche Gott geweiht, und der verehrungswürdige Körper in ihr geheim nur mit Wissen des Dogen, des Primicerius und des Prokurators beigesezt (consciis duce, primicerio et procuratore reverendum corpus in ea secreta collocatur). Der Ort ist daher bis auf den heutigen Tag allen bis auf die Nachfolger dieser unbekannt. Darum darf aber der Glaube jener nicht wanken, die nicht wissen. Denn ich, der ich hier spreche und der ich zuerst das Amt des Prokurators innegehabt habe, jetzt aber durch Christi Gnade zum Dogen gemacht worden bin, könnte die Worte Johannis im 19. Kapitel anführen: Und der das gesehen hat, der hat es bezeuget, und sein Zeugnis ist wahr; und derselbige weiß, daß er die Wahrheit saget, auf daß auch ihr glaubet.“<sup>32)</sup>

Es müssen also wohl ganz besondere Geheimnisse in der Markuskirche schlummern, wenn die betreffenden Gebeine mit solcher Heimlichkeit behandelt wurden und in so feierlicher Weise jede Nachforschung untersagt wird. Die feierliche Beschwörung des Dogen ist so lange wirksam gewesen, als die Republik bestand. Bald aber nachdem diese in den napoleonischen Kriegen aufgelöst war, begann man wieder

29) Ricci, Ravenna: il fulmine scrosciando sull' edificio, ne solco e penetrò il masso discendendo sul capo del re ariano che rimase incenerito.

30) Dem Prokurator unterstand die Verwaltung des sehr bedeutenden Kirchengutes von S. Marco, woraus sich aber allmählich eins der wichtigsten Staatsämter entwickelte. Einen Bischof gab es bis 1450 in Venedig nicht, wie wir oben sahen. Der Primicerius (Dekan) der Markuskirche war daher der erste Geistliche der Stadt.

31) Andreae Danduli Venetorum ducis chronicon venetum bei Muratori script. rer. italic. Tom. XII.

32) Ev. Joh. Kap. 19, 35.



mit den Nachforschungen nach den Gebeinen des heiligen Markus, da niemand den Unterbringungsort derselben kannte und das Vorhandensein der Reliquien daher vielfach überhaupt angezweifelt wurde. Im Jahre 1807 wurde dann der Hauptaltar der Kirche abgebrochen und hierbei entdeckte man, daß diese auch noch eine Unterkirche oder Krypta besaß, von der bisher nur dunkle Nachrichten aus der Vorzeit vorhanden waren. Mit dieser Unterkirche, die naturgemäß der älteste Teil des Bauwerks ist, werden wir uns jetzt zu beschäftigen haben, indem wir gleichzeitig die vielfach und auch von dem eben angeführten Dogen Dandolo überlieferte Kunde heranzuziehen haben werden, daß die Markuskirche durch den Um- und Ausbau einer ehemaligen Theodorskirche entstanden sei. Erst in weiterer Folge werden wir dann den elfenbeinernen Grabeshochsitz und den Marmorbaldachin aus dem Grabmale Theoderichs nachzuweisen haben, wobei uns die Spuren von gänzlicher Durchräucherung und Brand, wenn nicht zu leiten, so doch wesentlich zu unterstützen haben werden. Diese beiden kostbaren Stücke sind nicht vernichtet worden, sondern an anderer Stelle wieder verwendet. Sie sind daher nicht ohne Änderungs- und Anpassungsarbeiten im Laufe von 14 Jahrhunderten verblieben. Vorläufig mußten die Bilder dieser beiden Stücke schon in die Zeichnung Abb. 12, um spätere Wiederholungen zu vermeiden, eingetragen werden, und nehme man sie daher zunächst ohne weitere Erklärung hin. Dort wo die hier behandelten Reliquien jetzt ruhen, muß notwendigerweise aber auch der tüchtigste Rest des Volkes der Ostgoten, dieses hochbegabten germanischen Stammes, mit seiner hohen Bildung und Gesittung nach seiner Vertreibung aus Ravenna untergebracht gewesen sein. Es handelt sich dann also in der Folge weniger um die Reliquien selbst, so kostbar diese auch sein mögen, als um die weitere Frage: Wo verblieb die eigenartige hohe Bildung und Gesittung der Ostgoten und wie sollte sie sich

im Laufe der Jahrhunderte in der Kunst, im Staats- und gesamten Geistesleben weiter entwickeln? Die Nachforschung nach den Reliquien ist daher schließlich weniger Selbstzweck als nur Mittel zum Zweck.<sup>33)</sup>

33) Nachdem der obige Aufsatz der Schriftleitung schon eine Zeitlang vorgelegen hat, macht diese dem Verfasser freundlichst einen Aufsatz von W. Dörpfeld, Die Bestattung der Toten bei Homer (Ungarische Rundschau, Verlag von Duncker u. Humblot, München u. Leipzig 1917, Heft 1) zugänglich. Dörpfeld weist hierin auf die von ihm „schon längere Zeit vertretene Ansicht hin, daß die Achäer Homers und ebenso auch die späteren Griechen gewöhnlich ihre Toten zuerst nur leicht brannten oder dörren, um sie durch das Feuer zu reinigen und unverwesbar zu machen, und sie dann zu beerdigen. Eine stärkere Brennung, eine Verbrennung, war bei den Griechen nur in gewissen Fällen üblich, zum Beispiel, wenn jemand in der Fremde gestorben war und in der Heimat beigesetzt werden sollte. In diesem Falle wurde sein Leichnam stärker gebrannt, damit nur einige Knochen übrig blieben, die dann leichter als es mit dem ganzen Körper möglich war, in die Heimat überführt werden konnten“.

Dörpfeld belegt seine Ansicht durch viele Schriftstellen bei Homer und anderen griechischen Schriftstellern, sowie durch die gemachten Gräberfunde. Aus beiden Quellen weist er auch nach, daß die Griechen bisweilen unverbrennliche Gewebe „aus mineralischen Stoffen“ zur Bekleidung ihrer Toten verwendeten. „Bei Beerdigungen ohne Feuer hatte die Verwendung solcher Kleider (aus Asbest) natürlich gar keinen Sinn und ebensowenig bei einer vollständigen Verbrennung. Bei einer schwachen Brennung oder Dörrung waren sie dagegen sehr empfehlenswert. Da sie nicht verbrannten, veränderte sich der darin eingehüllte Leichnam durch die Brennung nur wenig. Auch brauchten sie nach dem Brande für die Beerdigung nicht durch neue Kleider ersetzt zu werden.“

Dörpfeld übersetzt daher das griechische Wort *ταρχέειν* nicht mit begraben, sondern mit dörren, welches ebenso wie das lateinische *torrere* mit dem griechischen Worte sprachlich verwandt ist. Einbalsamieren heißt *ταρχέειν*, und *τάριχος* bedeutet sowohl einen gedörrten Fisch, wie den gedörrten „Leichnam eines schon Jahrhunderte im Grabe liegenden Helden“.

Die Ausführungen Dörpfelds über die Bestattung homerischer und überhaupt griechischer Helden geben daher ein sehr willkommenes Seitenstück zur oben behandelten Bestattung eines germanischen Helden und Königs unter Heranziehung von Räucherung oder Dörrung.

## Alte Haustüren in Hannover und ihre Werkweise.

Nach einem Aufsatz von Friedrich Ebel (gefallen am 14. Juli 1915).

(Mit Abbildungen auf Blatt 1 bis 8 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Aus dem großen Schatz, den Deutschland an schönen Türen aus der Zeit des Rokoko, des Empire und des Klassizismus besitzt, hat unser Schrifttum manches wertvolle Stück gebracht. Die Freude an der reichen bildhauerischen Behandlung und Formenfülle war meist die Veranlassung dazu. Eine Ordnung der mannigfachen Erscheinungen ist aber noch nicht versucht worden, geschweige denn, daß man etwa wie Professor Karl Schaefer in seinen Vorträgen über die mittelalterliche Tür, die Werkweise im Zusammenhange entwickelt hätte.

Von den Türen hat man zu allen Zeiten diejenigen, die den Zugang zum Hause vermittelten, mit besonderer Sorgfalt behandelt. Sie mußten stärker werden als die inneren, und die kräftigeren Formen führten zu einer reicheren Ausbildung. In der Zeit vom Rokoko bis zum Klassizismus ist die Eingangstür oft der einzige Schmuck des Hauses, ja oft so liebevoll bedacht, daß sie kaum noch im Verhältnis zu den übrigen Kunstformen desselben steht. In dem unendlichen

Wechsel der äußeren Erscheinung kann man gewisse örtliche Gruppen unterscheiden, während die Grundsätze des Gefüges für bestimmte Zeitabschnitte in allen Gegenden gleichmäßig wiederkehren. Insofern ist es gleichgültig, in welchem Gau man die Türen betrachtet. Wenn hier die Stadt Hannover die Beispiele für unser Vorhaben bietet, so liegt das lediglich an der dort besonders großen Zahl erhaltener Türen und an der oft musterhaften Einfachheit ihrer Formen; das Ortsgepräge wird uns nur nebenbei beschäftigen.

### A. Die Zeit des Rokoko.

Die Beziehungen des hannoverschen Fürstenhauses zum Versailler Hof sind zur Zeit Ludwig XIV. und XV. ungemein rege gewesen und haben auf die Kunstübung in bedeutender Weise eingewirkt. Die Einflüsse sind anfänglich unmittelbar französische gewesen, dann aber hauptsächlich durch die Niederlande übermittelt worden. An letzterem mag es liegen,



Abb. 1. Wagnerstraße 5.



Abb. 2. Bäckerstraße 53.

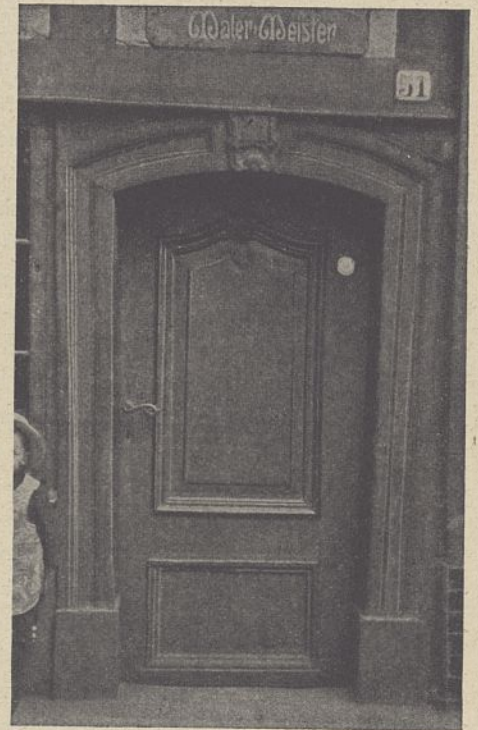


Abb. 3. Bäckerstraße 51.

daß die Rokokokunst in Hannover ihr eigenartig behäbiges Gepräge erhielt. Insbesondere an den immer noch vorherrschenden schlichten Fachwerkbauten fällt der Reichtum der Haustüren auf. Wenn auch vieles inzwischen verloren gegangen ist, so sind doch etwa 150 gute Beispiele der Rokokozeit noch vorhanden, deren vielgestaltige Menge hier nach der Zahl der Flügel und der Anordnung der Füllungen eingeteilt werden soll.

Fast all' die kleineren Häuser, von oft nur zwei bis drei Fensterachsen, besitzen eine **einflügelige Tür**. Eines der nur selten vorkommenden Beispiele mit einer Füllung zeigt die Abb. 1 Bl. 1<sup>1)</sup>, auf der auch ebenso wie auf den weiteren Zeichnungen die Zusammenfügung der Hölzer dargestellt ist, soweit sie der oft reichliche Farbüberzug erkennen oder die Betrachtung einer größeren Zahl von Türen mit einiger Sicherheit erschließen läßt. Die äußere Bekleidung ist aufs zierlichste gestaltet. Der aus einem besonderen Holz gefertigte Sockel und das oben eingelassene Rahmenstück beweisen, daß die Vertiefung des Schaftes mit dem Hobel durchgezogen ist. Die reichgeschnitzten Ranken und Naturblumen sind besonders aufgeleimt oder aufgenagelt. Über einem geraden, vermutlich in die Pfosten eingelassenen Kämpfer tragen die Schäfte mittels schön geschnitzter Kragstücke eine geschwungene Verdachung. Die Rückseite des Flügels zeigt gekahlte Rahmen und einen rechteckigen Spiegel auf der einzigen Füllung, während der Spiegel und die besonderen Kehlstoße der Vorderseite oben und unten geschwungen, letztere daher aus mehreren Stücken zusammengesetzt sind. Das besonders aufgesetzte reiche Muschel- und Rankenwerk zieht sich weit über Rahmen und Füllung hin; die Beifügung naturgetreuer Blumen ist für die sinnvolle Art der deutschen Rokokobildung kennzeichnend. Bei Text-Abb. 1 setzt sich eine ähnlich gebildete Füllung auf einen

höheren Sockel, der Fuß und geschwungenes Kopfgesims zeigt; noch reicher bewegt ist der Sockel der Tür von Text-Abb. 2, deren Füllungsspiegel einen von der Linie des Kehlstoßes unabhängigen Umriss besitzt.

Die Abb. 2 Bl. 2 zeigt, wie die meisten einflügeligen Türen, zwei Füllungen. Die mit Sockel und besonderer Kopfleiste versehenen und ausgegründeten Schäfte der äußeren Bekleidung stoßen gegen ein Holzgesims, welches auch über die Schaulenster des Fachwerkhauses hinwegläuft. Die beiden Füllungen des Flügels zeigen innen die schlichte Rechteckform ohne Spiegel, während die Viertelkreise in den Ecken des straßenseitigen Kehlstoßes, ebenso wie die oberen geschnitzten Zierstücke besonders eingeleimt oder eingenaagelt sind. An das untere 37 cm breite Rahmstück ist beiderseits ein Stoßbrett mit oberer Kehlung angenagelt. Bei dem einfachen Beispiel der Text-Abb. 3 ist die untere Füllung der oberen untergeordnet, und der Sockel nur ganz bescheiden gebildet.

Während bei den bisher besprochenen Türen nur einfache Stoßbretter oder niedrige Sockel vorhanden waren, entwickelt sich der letztere alsbald zu einem Hauptmerkmal der Rokokotür. Dadurch, daß der Sockel die ganze untere Füllung verdeckt, entstehen die Türen mit hohem Sockel und einer oberen Füllung, von denen Text-Abb. 4 zunächst ein Muster zeigt, dessen Ansicht durchaus der ersten Gruppe entspricht, und welches sich durch das schöne Schnitzwerk des unteren und oberen Kehlstoßes der scheinbar einzigen Füllung auszeichnet. Bei der weiteren Entwicklung greift der Sockel auch über das mittlere Rahmholz hinauf, sodaß Sockel und obere Füllung zu einem einheitlichen Gebilde zusammenwachsen, wie in Text-Abb. 5.

Eine besondere Gruppe endlich bilden diejenigen Zweifüllungstüren, deren unterer und oberer Teil je für sich zu öffnen ist, wovon die Abb. 2 Bl. 3 ein ziemlich einfaches Beispiel bringt. Die äußere Bekleidung der zu einem Fachwerkhause gehörenden Tür ist nach der Art der Barock-

1) Einen Teil der Aufnahmen fertigte Reg.-Baumeister Darr.



Abb. 4. Neue Straße 16.



Abb. 5. Braunschweiger Straße 9.

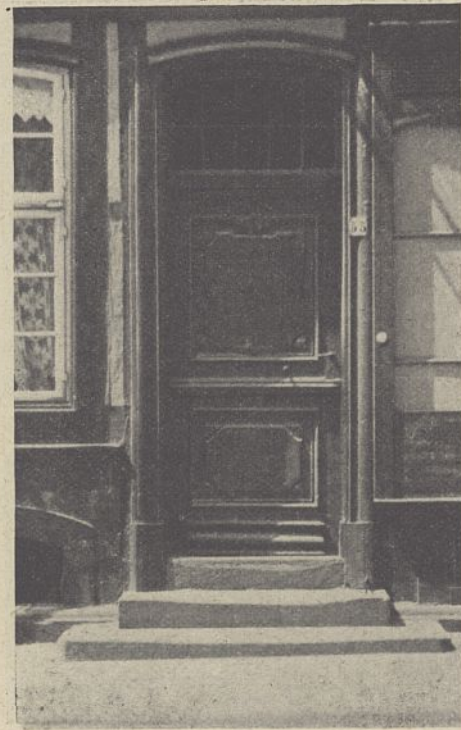


Abb. 6. Lange Straße 55.

zeit durch ein besonders aufgenageltes Randglied verstärkt. Die ehemals getrennt von einander zu öffnenden Flügel zeigen beiderseits knapp gekahlte Rahmen, und je eine Füllung, die außen einen unteren rechteckig gekahlten Spiegel und einen oberen von bewegtem Umriß trägt. Die Verkröpfungen des reichgegliederten Sockels laufen sich gegen das breite untere Rahmstück tot. Die gleiche Anordnung in reicherer Einzelbildung begegnet uns auf der Text-Abb. 6, und außerdem in Hannover nur noch an einem dritten Beispiel. Der Grundgedanke der Teilung des Türflügels geht auf alte Zeit zurück und findet sich bis ins 19. Jahrhundert hinein häufig an den Türen ländlicher Bauten.

Bei den einflügeligen Türen mit drei Füllungen ist das mittlere Rechteck bald zwischen zwei größeren das kleinste, bald bildet es wie bei Text-Abb. 7 den Hauptteil der Ansichtfläche. Auch hier ist die untere Füllung durch den Sockel verdeckt, die Kehlungen sind aus dem Rahmen gearbeitet, und die Spiegel zeigen eine doppelte, unten rechteckige, oben geschwungene Gliederung.

Von den zweiflügeligen Türen, welche weniger häufig als die einflügeligen vorkommen, haben bei weiten die meisten gleichbreite Flügel. Ein Beispiel mit je zwei Füllungen zeigt die Text-Abb. 8: Reiches Schnitzwerk greift hier über den oberen Kehlstoß der oberen Füllung und setzt sich als Flachwerk in den Spiegeln fort. In der Regel finden wir jedoch einen bedeutend entwickelten Sockel und eine obere Füllung. Abb. 2 Bl. 1 zeigt den für die Rokokozeit kennzeichnenden hohen Sockel, der die ganze untere bündig liegende Füllung verdeckt und sich in Fuß hohen Schaft und Kopfgesims gliedert; hier allerdings noch in einer etwas zaghafte Zeichnung. Die obere Füllung folgt mit ihrem Kehlstoß der Linie des flachbogigen, kräftig gegliederten Losholzes. An die äußere und in diesem Falle einzige Schlagleiste sind als besondere Stücke ein Sockel und ein bescheiden verziertes Kopfstück angesetzt. Das Schmuck-

stück dieser Tür ist das reich geschnitzte Oberlicht, dessen sicher gezeichnetes Rankenwerk aus mehreren Brettstücken herausgeschnitten ist und sich um ein Mittelfeld gruppiert, dessen Form an die sonst bisweilen hier befindliche Laterne erinnert. Nicht alle Ranken sind gleichzeitig als Sprossen gebildet, sodaß eine Glasscheibe über zwei bis drei Felder reicht. Die schöne in Abb. 1 Bl. 2 dargestellte Tür ist von als Pilaster gebildeten äußeren Bekleidungen und einer kraftvoll gegliederten, lebhaft geschwungenen und mit schöner Mittelkartusche geschmückten Verdachung umrahmt; auch die innere Bekleidung zeigt eine breite Gliederung. Die Sockel der Flügel sind lebhaft gezeichnet, und ihre nach oben breiter werdenden Schaftstücke mit einer wagerechten Schattenkante versehen. Die rundstabförmige Schlagleiste stößt unter eine Verkröpfung des flachbogigen Losholzes, die ihrerseits zu der prächtigen Laterne des reichgeschnitzten Oberlichtes überleitet. Trotz der bewegten, ja üppigen Einzelformen breitet ein feiner, unaufdringlicher Rythmus Ruhe über diese musterhaft entworfene und ausgeführte Tür. Die Laterne ist zum Hineinstellen der Lampe nach dem Flur hin offen, und in ihrer Decke ein Loch ausgespart, um das Holzwerk vor Feuer zu bewahren. Ein ähnliches, aber zierlicheres Oberlicht finden wir auf Abb. 3 Bl. 1, während die äußere Bekleidung mit ihren tiefen Schattenkehlen, die bewegte Linie des Losholzes und der Teile der Türflügel sich durch reichere Zeichnung und den Schmuck prächtigen Schnitzwerkes auszeichnen. Auf das Kopfstück der Schlagleiste, die flachen Kröpfungen der Flügelsockel, die Rundungen des kräftigen Kehlstoßes der oberen Füllungen und das reiche auf die Spiegel übergreifende Schnitzwerk sei besonders hingewiesen. Auch das Verhältnis von Höhe zu Breite, die im Gegensatz zur Liniensführung des Losholzes weiche obere Begrenzung, das Verhältnis der einzelnen Kehlungen und Gliederungen, das musterhaft verteilte und gearbeitete Schmuckwerk, endlich der schöne Messingbeschlag machen die Tür zu einem Meister-



Abb. 7. Köbelinger Straße 14.



Abb. 8. Kaiserstraße 3.



Abb. 9. Bäckerstraße 52.

werk. Bei der sonst ähnlichen Tür der Text-Abb. 9 sind nur die Ecken der Kehlstoße der oberen Füllungen mit Schnitzwerk geschmückt, während das Oberlicht erneuert zu sein scheint.

Bei der Abb. 4 Bl. 1 verbindet ein Fußgesims die sonst ganz schlichten Sockel mit den oberen Füllungen zu einheitlichen Bildungen, die oben auch durch Bekrönungsgesimse abgeschlossen werden. Zwischen Kehlstoß und Rahmen der oberen Füllung ist hier noch ein besonderes rahmenartiges Glied eingefügt, beide Glieder sind unten und oben geschwungen und von reichem Schnitzwerk überdeckt. Eine prächtige Oberlichtfüllung und eine ebenfalls durch Schmuckstücke belebte äußere Bekleidung, sowie ein kräftiges Abschlußgesims vollenden die Wirkung dieses Beispiels. Eine Steigerung aller Ausdrucksmittel bringen die Flügel auf der Abb. 3 Bl. 2. Schon die Sockel sind durch seitliche dockenartige Verkröpfungen, zierliches Fußglied, mittlere Schattenkante und abwärts gebogenes Kopfsims belebt. Vollends die Füllungen zeigen üppig geschwungene und völlig in Schnitzwerk aufgelöste untere und obere Endigungen und die Spiegel einen diesen folgenden sonst aber ganz freien Umriss. Das Oberlicht ist zwar nur einfach geteilt, dafür aber sind die Verkleidungen kräftig gegliedert und die tiefen Futter in Rahmen und Füllung gearbeitet.

In je einen Sockel und zwei obere Füllungen sind die Flügel der Abb. 4 Bl. 3 geteilt. Die ziemlich hohen Sockel bestehen der Höhe nach aus drei Teilen, über einer ziemlich quadratischen Kehlstoßfüllung folgt als Hauptstück eine aufrechte Füllung, deren Abschlüsse oben und unten von reichem Schnitzwerk völlig verdeckt sind. Die äußere Bekleidung umzieht Tür und Oberlicht als ein breites auf hohem schlichten Sockel aufsitzendes Band und erweist sich durch ihre tiefe Kehlung und die zierliche Mittelkartusche als echte Rokokoschöpfung. Von den wenigen Zweiflügeltüren mit je drei Füllungen zeigt die Text-Abb. 10 ein Beispiel,

bei dem die großen aufrechten und durch Schnitzerei ausgezeichneten Mittelfelder die kleinen schlichten Rechteckfüllungen oben und unten durchaus beherrschen.

Türen mit zwei verschieden breiten Flügeln geben die Text-Abb. 11 und 12 wieder, und zwar die erstere eine Anordnung, bei der der linke breitere Flügel am schmalen rechten aufgehängt, und außerdem so zusammengefügt ist, daß der Anschein einer Dreiteilung entsteht. Im anderen Falle stellt eine zweite falsche Schlageleiste auf dem rechten breiteren Flügel die Gleichgestalt wieder her.

Die dreiteiligen Türen und Tore besitzen durchweg einen breiteren Mittelflügel zwischen zwei kleineren Seitenteilen.

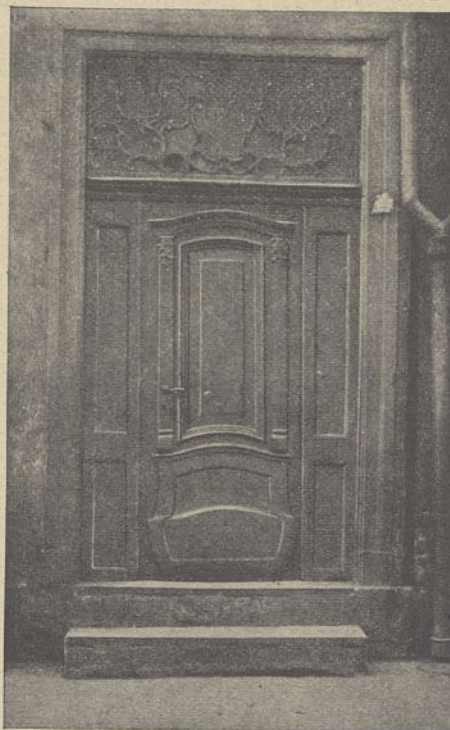


Abb. 13. Brandstraße 12.

Besonders schmal sind die letzteren in der Abb. 4 Bl. 2, und wie einfache Pilasterschäfte in der früher beschriebenen Weise mit dem Hobel ausgegründet. Um so reichlicher ist der Mittelflügel mit einem großen lebhaft gegliedertem Sockel und einer prächtigen oberen Füllung ausgestattet. Der Kehlstoß der letzteren und der Spiegel zeigen eine gleichartig geschwungene und gebrochene Linie. Die



Abb. 10. Neue Straße 45.



Abb. 11. Simonsplatz 3.

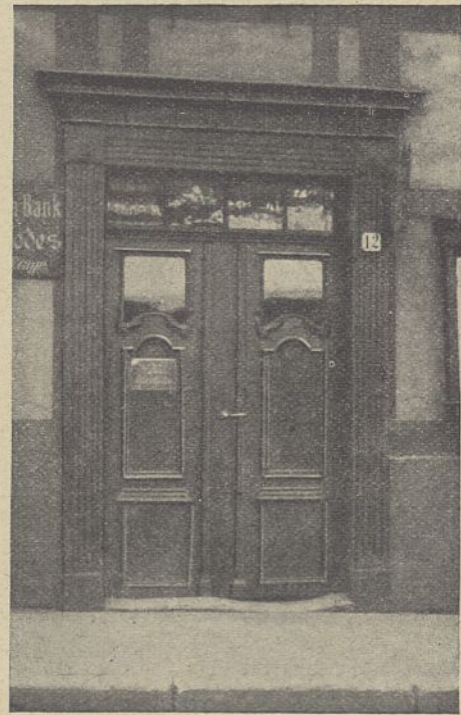


Abb. 12. Kremerstraße 12.

Zwickel zwischen Rahmen und Kehlstoß sind mit reichem auch über diese beiden Teile noch fortreichendem Schnitzwerk geschmückt. Die Mitte der Füllung trägt das Schlüsselschild für das alte Schloß, dessen Riegel über die halbe Tür greift. Ein ähnlicher Gegensatz von Seiten- und Mittelflügel findet sich bei Text-Abb. 13. Während die ersteren nur einfache ausgehobelte Vertiefungen aufweisen, trägt beim Mittelflügel ein geschwungener, besonders hoher und breiter Sockel zwei kleine Pilaster mit geschwungenem Gebälk, die den Kehlstoß der oberen Füllung einrahmen. Über dem geraden Kämpfer sitzt ein reichgeschnitztes Oberlicht. Auch die breite Tür der Abb. 1 Bl. 3 zeigt in ihren drei Flügeln, noch das Ver-

hältnis der vorigen Beispiele. Die pilasterartigen äußeren Bekleidungen tragen mittels geschnitzter Kragstücke ohne Einschiebung eines besonderen Kopfteiles die in der Mitte geschwungene Überdachung. • Ein Oberlicht mit strahlig gerichteten Sprossen ruht auf einem ebenfalls gebogenen Losholz. Die hier schon breiteren Seitenstücke sind in Rahmen und Füllung geteilt, ordnen sich aber dem Mittelflügel mit seinem breiten Sockel und der sehr großen unteren und der kleinen oberen Füllung unter. Die beiden letzteren zeigen Spiegel und kräftige Kehlstoße, die mittlere auch auf der Rückseite, in gebogener Linienführung, aber keinen weiteren Schmuck.

Eine Sonderstellung nimmt das Beispiel der Abb. 3 Bl. 3 insofern ein, als zwei Hauptflügel eine mittlere Fußgängerpforte umfassen und in dem aus Sandstein hergestellten Torbogen ein besonderer Kämpfer fehlt. Die untere Hauptfüllung der Mittelpforte ist von breitem Kehlstoß eingefasst und mit reichem Schnitzwerk geschmückt, eine kleine obere Füllung nimmt den Raum des bogenförmigen Abschlusses ein. Die unteren hohen Seitenfüllungen haben dem Rahmen angearbeitete Kehlungen und dem Mittelfelde entsprechende Spiegel. Die Oberlichte sitzen auf zwei den oberen Füllungen vorgelagerten und mit kleinen Kartuschen geschmückten Tafeln auf und sind durch strahlig gerichtete Sprossen geteilt.

Bei dem Rest der Türen sind Seiten- und Mittelflügel gleichartiger geschmückt. So zeigt Text-Abb. 14 in allen drei Teilen einen niedrigen Sockel und je zwei Füllungen und paßt sich mit seinem geschwungenem Kämpfer und dem strahlenförmig aufgeteilten Oberlicht in trefflicher Weise der sandsteinernen Renaissanceumrahmung an. Die Tür Abb. 4 Bl. 1 ist erst in jüngerer Zeit von anderer Stelle an ihren jetzigen Ort gebracht worden und steht daher zu dem noch an der ursprünglichen Stelle befindlichen Empireoberlicht im Gegensatz. Bei allen Flügeln ist die untere innen mit Kehlstoß versehene, außen bündige Füllung durch einen schlichten



Abb. 14. Köbelinger Straße 39.

Sockel verdeckt, der bis unter das zierliche Schnitzwerk der geschwungenen Kehlstoße der oberen Füllungen stößt; in noch reicheres Zierwerk sind diese oben aufgelöst, beachtenswert auch die feinen Größenunterschiede der äußeren und des mittleren Kehlstoßes. Der sehr schön gezeichnete Mittelspiegel trägt ein Schlüsselschild und kräftigen Klopfer. Das Oberlicht ist durch einen Rebenkranz, zierliche Gehänge und zwei senkrechte Sprossen geteilt und ist mit der Felderteilung entsprechenden Einzelscheiben verglast.

In Kurzem sei für die Rokokotür das Wiederkehrende zusammengefaßt: Die Umrahmung ist meist rechteckig, seltener oben geschwungen. Als Kehlung ist für die Zeit das kräftige Wellenglied besonders kennzeichnend, nur eine Ausnahme bilden Pilaster und Verdachungen. Letztere verlaufen über den Pilastern gewöhnlich gerade wagerecht und erst über der Mitte geschwungen. Das Losholz ist geradlinig oder flach gebogen oder nach einer Wellenlinie geschwungen. Die Oberlichte zeigen senkrechte oder seltener wagerechte und strahlenförmig angeordnete Sprossen, häufig auch frei gezeichnetes Rankenwerk. Das Stoßbrett entwickelt sich von der einfachen Platte zum zunächst einfach gegliederten, schließlich lebhaft geschwungenen und verkröpften Sockel, der die ganze untere Füllung verdeckt und sich in Fuß, Schaft und Abschlußgesims gliedert. Oft stößt das letztere unmittelbar unter die obere Füllung und folgt dann auch der Linienführung von deren unterem Umriß. Kehlstoße und Spiegel sind die Regel für die Vorderseite der Füllungen, die zunächst rechteckig, später mit geschwungenem oberen und unteren Abschluß gebildet werden. Die Spiegel zeigen entweder gleiche Umrisse oder auch gänzlich freie Linienführung. Füllung und Spiegel bestehen stets aus einer Brettstärke. Oft werden die oberen und unteren Kehlstoße von reicher Schnitzerei bedeckt, während die senkrechten Teile immer glatt bleiben. Die Flurseite der Füllungen ist meist einfach rechteckig und entbehrt der Kehlstoße und Spiegel. Die Schlageleisten der zweiflügeligen Türen zeigen Fuß- und Kopfstücke, welche dann aber mit dem rundstabförmigen Mittelteil nicht mehr wie in der älteren Zeit aus einem Stück gearbeitet sind. Bei dreifachen Türen schlägt der mittlere mit doppeltem Falz gegen einen der seitlichen Flügel.

Wer einmal französisches Rokokowerk gesehen oder Veröffentlichungen von französischem Schreinerwerke in Händen hatte, weiß, welcher Unterschied zwischen jenem und dem hier behandelten besteht. Die Eleganz liegt bei den Franzosen, das Behagliche, Sinnige, auch in der Zeit des Rokoko bei den Deutschen, die dem Fremden bald Eigenes zumischten und endlich ganz Eigenes schufen.

#### B. Die Zeit des Empire.

Haustüren aus der Empirezeit finden sich in Hannover seltener, als solche aus der Zeit des Rokoko, immerhin sind etwa noch 75 gute Beispiele vorhanden. Unter den **einflügeligen Türen** überwiegen solche mit zwei Füllungen. In Text-Abb. 15 ist auf die untere Füllung ein hoher Sockel genagelt, dessen Mittelstück abweichend von der Rokokozeit glatt und geradlinig begrenzt ist. Ebenso schlicht ist der Kehlstoß der Füllung, welche des Spiegels entbehrt, und die

äußere Türumrahmung. Bei Text-Abb. 16 ist der Schaft des Sockels durch Riefelungen belebt, und der Spiegel der Füllung besitzt die für die Empirezeit bezeichnenden gekröpften Ecken. Mit gotischem Anklang sind die Oberlichtsprossen der Text-Abb. 17 geschwungen, nur die Aussparung des Füllungs spiegels schmückt eine geschnitzte quergelegte Strahlenrose. Eine weitere Belebung hat die Tür der Text-Abb. 18 durch die Riefelung auf Fuß und Schaft des Sockels, durch Verzierung des Sockelabschlusses und des Losholzes und durch die Röschen in den Spiegelecken erfahren. Der jetzige Ausschnitt der mittleren Strahlenrose ist später vorgenommen. In Text-Abb. 19 ist die Umrahmung aus geriefelten Pfeilern und schlichtem Gebälk gebildet. Der Sockel gliedert sich in geriefelte Seitenteile und ein Mittelstück mit Rahmen und Füllung. Der mit Eckeinsprünge versehene Spiegel der oberen Füllung trägt ein geschnitztes Blumengehänge, das in reicherer Bildung im Oberlicht wiederkehrt. Eine eigenartige Tür gibt Text-Abb. 20: der mit der schlanken Pyramide belegte Teil links steht fest. Den gleichen Schmuck trägt das sehr breite rechte Rahmstück des aufgehenden Flügels, dessen Sockel und obere Füllung je eine große Raute zeigen. Fenster im oberen Felde begegnen zuerst in der Empirezeit, in einfacher Bildung z. B. auf Abb. 1 Bl. 4, wo in die obere Füllung ein aufrechtes Eirund eingeschnitten und durch geschnitzte Sprossen mit Mittelrose geteilt ist. Die Öffnung ist von einem besonderen kleinen Rahmen eingefast, die obere Füllung außen von einem sehr schwachen Kehlstoß umrahmt, während an der Rückseite beide Füllungen einen gekehlten Rahmen zeigen. Eine recht ansprechende Lösung gibt Text-Abb. 21, wo von den geschwungenen Sprossen der Glasfüllung allerdings heute zwei fehlen. Noch anmutiger wirkt die Sprossenteilung der Text-Abb. 22; einen Ladenverschluß der Fensteröffnung zeigt die Text-Abb. 23. Bei der Tür Text-Abb. 24 sitzt die obere Füllung wie zur Rokokozeit unmittelbar auf dem Sockel auf, dessen Abschlußglied als Stäbchenbündel mit gekreuzten Bändern gebildet ist und einen Wellenfries beschattet. Sockel und obere Füllung tragen beide einen Spiegel mit Tropfen an den unteren Ecken und aufgelegtem geschnitzten Gehänge.

Reizvoller wirken im allgemeinen die einflügeligen Türen mit drei Füllungen, von denen Text-Abb. 25 zunächst ein ganz einfaches Beispiel zeigt. Eine lebhaftere Teilung besitzt die in Abb. 2 Bl. 4 dargestellte Tür, die von ausgegründeten Flachpfeilern und geschwungener, rokokartig gekehlter Verdachung umrahmt ist. Durch ein gleichartig gebildetes Losholz ist das von Blattgehängen geteilte Oberlicht abgeschlossen. Von den Füllungen des Flügels sind die untere und oberste als vorgelegte Tafeln mit seitlichen geriefelten Pfeilerchen ausgebildet, durch ihre sonstige Ausstattung aber deutlich als Sockel und als vorgehängte Platte unterschieden. Die von einem Kehlstoß umrahmte Mittelfüllung ist durch tropfenartig hängende Blätter an den unteren Verkröpfungen und durch ein der oberen Rundung sich anschmiegendes Blattgewinde ausgezeichnet. Bei Abb. 3 Bl. 4 sitzt die mittlere Füllung wiederum auf dem Sockel auf, und eine tafelartige Verkleidung der oberen Füllung schwebt frei, während die Innenseite drei glatte Füllungen und gekehlte Kanten des Rahmenwerks zeigt. Nur die mittlere Füllung erscheint auch außen als solche mit Kehlstoß und einem



Abb. 15. Lange Straße 30.



Abb. 16. Neue Straße 37.



Abb. 17. Marktstraße 30.

Spiegel, der einen eirunden Kranz aus eingekerbten Stäbchen und in der Mitte einen schmiedeeisernen Griff trägt. Der mit sehr hohem glatten Fußstück versehene Sockel zeigt eine weiträumige Riefelung, die obere Tafel Tropfenplatten und ein über drei Rosenknöpfen hängendes Blattgewinde. Die auffallend breite Türumrahmung ist durch ein besonders aufgelegtes Randglied verstärkt und an den oberen Ecken gekröpft. Bei Text-Abb. 26 steht der geriefelte Sockel für sich, während die beiden oberen Füllungen durch eine auf den Rahmen aufgelegte Tafel verbunden sind, hinter dem Kehlstoß und Spiegel scheinbar durchlaufen.

Bei den zweiflügeligen Türen sind gleichbreite Flügel die Regel, von denen zunächst solche mit je zwei Füllungen betrachtet werden sollen. Den schmalen Flügeln entsprechend werden die oberen Füllungen sehr schlank, wie es Text-Abb. 27 zeigt, die außerdem wegen der Randstege der durch ein mittleres Eirund geteilten Spiegel und wegen des Sprossenmusters im Oberlicht bemerkenswert ist. Die Tür auf Abb. 4 Bl. 4 zeigt auf dem Schaft des Sockels Riefelungen, in deren untere Teile sich Stäbchen legen. Zierliche Gefäße mit Gehängen leiten zu den oberen Füllungen über, welche bis auf die Rosenquadern an den unteren Ecken



Abb. 18. Marktstraße 42.



Abb. 19. Köbelingerstraße 40.

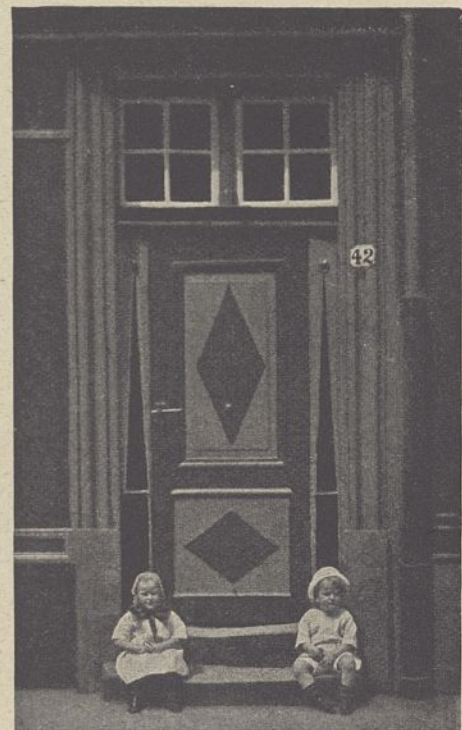


Abb. 20. Bäckerstraße 42.



Abb. 21. Lange Straße 22.

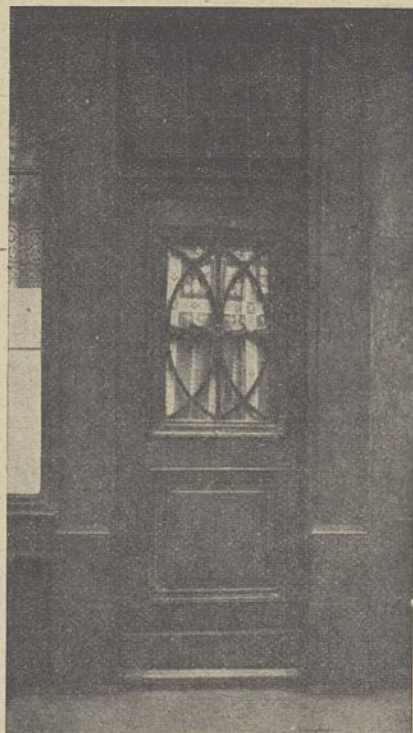
Abb. 22. Pferdestraße 1.  
(Eingang Klostergang.)

Abb. 23. Lange Straße 43.

der Kehlstöße ganz schlicht gehalten sind. Die Schlageleiste hat ein sehr hohes ausgegründetes Fußstück und stößt unter eine kartuschenartige Verkrüpfung des geradlinigen, tiefgekehnten Kämpfers. Durch die Zeichnung des Oberlichtes und die Gliederung der Umrahmung zeichnet sich die Tür der Text-Abb. 28 aus, deren obere Füllungen ebenso wie die Sockel durch vorgesetzte Platten verdeckt sind. Die gleiche Bildung erblicken wir auf Text-Abb. 33 bei dem in einen Fachwerkbau des 16. Jahrhunderts eingefügten zwei-flügeligen Tor. Zwei durch spitzbogiges Sprossenwerk geteilte Oberlichtflügel sind oder waren hier durch eine gekahlte

Leiste anstatt eines Kämpfers abgetrennt. Text-Abb. 29 gibt ein gutes Beispiel für die Verbindung der Sockel und Füllungen. Letztere sind oben korbartig abgeschlossen und die Spiegel mit Laubgehängen geschmückt. Der flachen Bogenlinie des Kämpfers folgt ein besonderes Krönungsglied mit Gehängen darunter. Das Oberlicht teilen in zierlicher Weise Kranz und Stoffgehänge.

Bei Abb. 1 Bl. 5 sind die oberen Füllungen durch Fenster ersetzt, deren gitterartig sich überblattende Sprossen in der Mitte durch eine stärkere wagerechte Querleiste gefaßt sind, welche auch die beiden Glasscheiben jeder Füllung



Abb. 24. Breite Straße 15.



Abb. 25. Wagnerstraße 1.

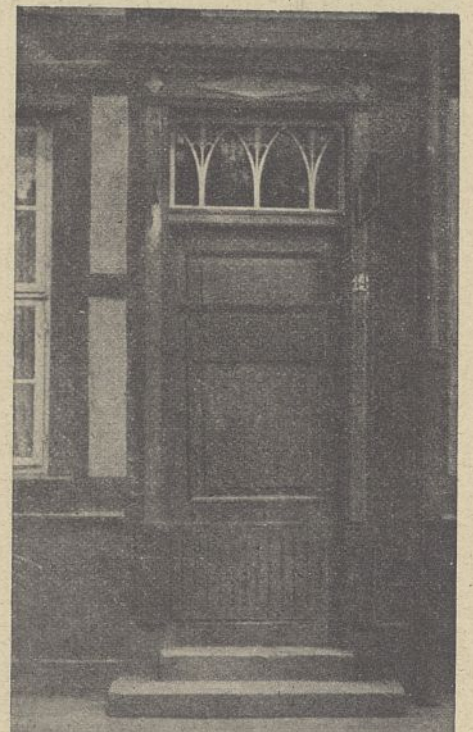


Abb. 26. Lange Straße 34.





Abb. 27. Köbelinger Straße 50.



Abb. 28. Köbelinger Straße 41.



Abb. 29. Große Ägidienstraße 25.

trennt. Das Fußstück der schlichtgeriefelten Sockel ist infolge eines Umbaus nicht mehr vorhanden, aber auf der Zeichnung ergänzt.

Die Tür der Abb. 4 Bl. 5 nähert sich in ihrer Haltung, u. a. in der (wahrscheinlich aufgeleimten) Flachschnitzerei der unteren Füllungen, bereits dem Klassizismus. Untere und obere Füllungen besitzen die gleiche Kehlung, die unten als Kehlstoß, oben als Rahmen des Fensters eingefügt ist. Die Verglasung ist nur durch die wagerechte geschnitzte Leiste geteilt, während die geschwungenen Sprossen davor liegen. Das Oberlicht zeigt eine reiche stern-

förmige Sprossenteilung. Mit der in Text-Abb. 22 gegebenen, auch in den Einzelheiten ähnlichen, gehört diese Tür zu demselben Hause.

Eine ähnliche Einteilung zeigt auch die auf Text-Abb. 30 wiedergegebene, wegen der eigenartigen Sprossenführung ihrer Verglasung bemerkenswerte Tür.

Bei der einfachsten Ausbildung der Türen mit je drei Füllungen würde jede Füllung als solche sichtbar werden. Jedoch zeigen die Text-Abb. 31, 32 u. 34 statt der unteren Füllung den uns schon hinlänglich bekannten Sockel, statt der obersten, eine vorgesezte Tafel meist mit unteren Tropfen-

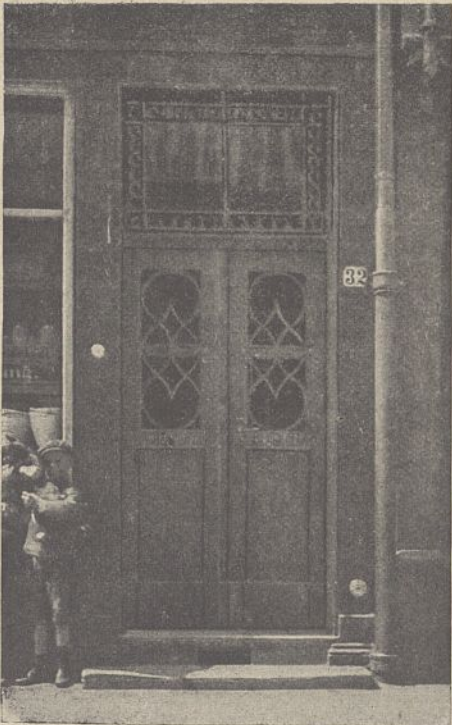


Abb. 30. Knochenhauer-Straße 32.

Zeitschrift f. Bauwesen, Jahrg. 70.



Abb. 31. Bäckerstraße 43.



Abb. 32. Knappenort 7.

platten, die im zweiten Beispiel mit Blumengehängen, im letzten in strengerer Fassung mit Dreischlitzten und Mittelrosen geschmückt ist. Eine reichere Weiterbildung dieser Grundform gibt die Abb. 3 Bl. 5, wo der Sockel bis an die mittlere Füllung heranreicht und das die oberen Tafeln krönende Zahnschnittgesims der gekrümmten Linie des Losholzes folgt. Das Schnitzwerk der mittleren Füllung legt sich vor eine kaum merklich gewölbte Rundplatte des Spiegels. Die doppelte Schlageleiste ist auf eine nachträgliche Veränderung der ursprünglich gleich breiten Flügel zurückzuführen. Bemerkenswert sind endlich das zierlich geteilte Oberlicht und die geriefelten Pfeiler der äußeren Bekleidung, deren Sockelhöhe mit derjenigen

der Flügel übereinstimmt. Bei Text-Abb. 35 ist der Sockel zu einem hohen Fußbrett geschwunden, während die beiden oberen Füllungen durch eine breite, dem Rahmholz vorgelegte Leiste verbunden sind, so daß scheinbar die Kehlungen darunter durchlaufen. Hingewiesen sei auf die schön gezeichnete Umrahmung und das feine Schnitzwerk der Kehlstoße, Füllungsrosen, der Schlageleiste und des Losholzes. Eine gleiche Anordnung besitzen die Flügel der auf Abb. 1 Bl. 6 dargestellten Tür. Die sehr breiten Schäfte der einrahmenden Pfeiler sitzen auf doppeltem Sockel, tragen anstatt der sonst üblichen Ausgründung einen Spiegel und zeigen ebenso wie die Kragstücke und das schwere Gebälk wuchtige an den Steinbau gemahnende Formen. Doppelte Schlageleisten verdecken die ungleiche Breite der Türflügel, deren unterste Füllungen sich hinter einem kerbschnittartig geriefelten, sonst aber ungegliederten Sockel verbergen. Die Blattwelle der Kehlstoße und der fein geriefelten Spiegel verschwinden hinter einer derben, mit Kopfglied und je zwei Rosen ausgestatteten Tafel. Die unteren Spiegel werden außerdem von Platten unterbrochen, die eine gegenüber der sonstigen Formgebung allzu zierliche Schnitzerei tragen.

Die in Abb. 2 Bl. 6 wiedergegebene Tür gehört durch gute Zeichnung und vornehmen Schmuck zu den schönsten ihrer Art. Die drei Füllungen erscheinen auf der Flurseite innerhalb der gekehlten Rahmhölzer, außen sind ausnahmsweise die beiden unteren von dem hohen, geraden und bescheiden verzierten Sockel verdeckt. Die oberen Füllungen springen ohne jede Kehlung etwas vor die Rahmhölzer vor und scheinen mit ihrer reichen Gliederung bis auf die Gehänge aus einem Stück gearbeitet zu sein. Die Schlageleiste zeigt einen sehr hohen Sockel, Schaft und zierliches Kopfstück. Das Oberlicht über dem geschwungenen Losholz scheint neu zu sein. Die äußere Bekleidung gliedert sich in Rahmen mit geschnitzter Blattwelle, schwache Flachpfeiler, geschwungene und reichgeschnitzte Kragstücke und eine



Abb. 33. Marktstraße 37.



Abb. 34. Am Himmelreich 4.

gerade Verdachung. Abb. 2 Bl. 5 stellt eine Tür dar, bei der die drei Füllungen von einer einheitlich durchgehenden Bildung überdeckt sind, die sich aus sockelartigem Fuß, geriefeltem Schaft und einer Kopfplatte zusammensetzt. Schauseite und Gefüge widersprechen sich also, auch sind die Einzelheiten derb gezeichnet. Mehr Leben verrät die Sprossenteilung des Oberlichtes, und die äußere Bekleidung ahmt den Quaderbau nach.

Zwei ungleich breite Flügel besitzt die in Abb. 5 Bl. 4 wiedergegebene Tür, deren Fachwerkpfosten eine nach Art des Rokoko kräftig gekahlte Bekleidung tragen. Auf den linken, aus einem einfachen Brettstück bestehenden Flügel und auf das sehr breite rechte Rahmholz des anderen sind je ein Flachpfeiler genagelt, der aus Fußstück mit Blattgehänge, geriefeltem Schaft und geschnitztem Kopfstück besteht. Daran schließen sich eine echte und eine Scheinschlageleiste. Die untere der beiden Mittelfüllungen bedeckt der Sockel, auf den sich die obere, mit verkröpftem Kehlstoß ausgestattete Füllung unmittelbar aufsetzt. Das oberste, ungewöhnlich breite Rahmstück trägt dann noch eine Tafel mit Blattwerk und anderem Schmuck.

Von den dreiflügeligen Türen und Toren betrachten wir zuerst das Beispiel der Text-Abb. 36, bei dem jeder Flügel zwei Füllungen besitzt. Die Sprossen des zweiteiligen Oberlichts über dem geschwungenen Kämpfer folgen der Linienführung des letzteren. Über den vorgemagelten geriefelten Sockeln befinden sich seitlich zwei schmale Holzfüllungen, in der Mitte ein sprossenteiltes Fenster. Ganz die gleiche Teilung zeigt das schöne, auf Abb. 3 Bl. 6 wiedergegebene Tor. Das Haus, dem es angehört, zählt mit den Resten seiner Renaissanceformen zu den wertvollsten Hannovers. Die Sandsteineinfassung des 4 m hohen,  $2\frac{1}{2}$  m breiten Tores gliedert sich in Zahnschnitt, Eierstab und eine reichen Flachschnitz tragende Fläche, die an den Kämpfern von zierlichen Gesimsstücken, im Scheitel von einem Löwenkopf unterbrochen



Abb. 35. Große Duvenstraße 5.



Abb. 36. Marktstraße 41.

wird. Als die Empirezeit in diesen Rahmen ihr Tor einfügen sollte, knüpfte sie zunächst an das Kämpfergesims an und gestaltete es mit leichtem Schwung aufwärts und mit der gleichen Verzierung, wie sie der Stein zeigte, zum Losholz. Die senkrechten Sprossen des zweiflügeligen und mit einer Schlageleiste versehenen Oberlichtes verbindet ein zierliches, der Kämpferlinie folgendes Blattgehänge. Die drei Torflügel zeigen die gleichen geriefelten Sockel mit mäandergeschmücktem Kopfglied und darüber kehlstoßumrahmte Füllungen. Die Mitten der von Leisten umrahmten Spiegel nehmen zierlich geschnitzte Strahlensterne und eine prächtige Blattrose ein. Das gesamte Schreinerwerk ist mustergültig in Verhältnissen und Schmuck und bietet ein vorzügliches Beispiel dafür, wie zwei Stilarten in Zusammenklang gebracht werden können. Die drei schmalen Flügel der auf Abb. 4 Bl. 6 dargestellten Tür besitzen je drei Füllungen, von denen die unteren von Sockeln, die obersten von hängenden Tafeln verdeckt sind. Die Mittelfüllung trägt ein Schnitzwerk von aufrecht eirundem Umriß. Über dem geschwungenen und kräftig gekehlten Losholz wird das Oberlicht durch Tuchgehänge und Akanthuswerk in Leierform aufgeteilt.

Der Versuch, die Merkmale der Empiretür zusammenzufassen, führt zu folgendem Ergebnis: Die Umrahmung ist fast stets rechteckig und im Gegensatz zu den tiefen Kehlungen der Rokokozeit flachgliedert; oder aber es wird ein gerades Gebälk von Flachpfeilern getragen, welche entweder glatt bleiben oder Ausgründungen, Spiegel, meist aber Riefelungen zeigen. Weniger häufig sind Kopfglieder oder Kragstücke. Die Sockelhöhen stehen in Beziehung zu den Türflügeln. Das Losholz ist meist geradlinig, seltener flach gebogen oder geschwungen. Die Sprossenteilungen des Oberlichtes zeigen einfache, meist geradlinige Teilungen, mit Vorliebe geometrische Figuren, Sterne oder Strahlengruppen, in die sich oft Blmmengehänge, Kränze, geraffte Tücher

u. dgl. einfügen. Die in der Rokokozeit aufkommende Verkleidung der unteren Füllung mit vorgeagelten Sockeln behält die Empirezeit bei, nur ist die Fläche seines Schaftes eben und gerade begrenzt. Als Schmuck dienen in den meisten Fällen runde oder kantige Riefen, bisweilen auch umrahmte Füllungen, oder scheinbar aufgelegte Tafeln mit Tropfenplatten oder sonstigem Schnitzwerk. Eine besondere Ausbildung durch Gliederung und Schnitzerei wird in der Regel dem oberen Abschluß des Sockels zuteil, der häufig bis an die nächste Füllung heranstoßt. Die Füllungsverkleidung läßt sich die Empirezeit überhaupt ganz besonders angelegen sein, insbesondere werden die obersten Felder gern durch Tafeln verdeckt, welche unten Tropfen-

platten, oben ein meist der Linie des Losholzes folgendes Kopfgesims tragen. Werden sichtbare Füllungen beibehalten, so herrscht die rechteckige Form vor. Als Schmuck dienen in den Ecken der Kehlstoße mit Röschen belegte Vierecke, häufiger geschnitzte Rosen oder sonstige Bildungen in der Mitte der Spiegel, welche von dem einfachen Rechteck meist nur durch Eckeinsprünge oder untere Tropfenplatten abweichen. Die Zusammenfassung zweier Füllungen durch eine auf das teilende Rahmenholz gelegte Platte, hinter der Kehlstoße und Spiegel scheinbar durchgehen, bedeutet eine etwas spielerische Anordnung, die aber einer gewissen Wirkung nicht entbehrt. Da für die Erhellung tiefer Flure das Oberlicht nicht ausreicht, so werden die oberen Mittelfelder oft zu sprossengeteilten Fenstern ausgestaltet, die bisweilen auch mit Läden für den nächtlichen Verschluß versehen sind.

Alles in allem ist deutlich ersichtlich, wie in dem besprochenen Gebiet das Empire auf dem Rokoko fußt. Geht es im Formenwesen seinen eigenen Weg, so liegt der Anfang für das handwerkliche Gefüge doch beim Rokoko, welches unter eigenem Zutun folgerichtig fortgesetzt und ausgebaut wird. Da aber schließlich spielerische Verirrungen nicht ausbleiben, so ist es zu verstehen, wenn der Klassizismus in Form und Schmuck die Überlieferung fallen läßt und auf die schlichte, nur aus Rahmen und Füllung gebildete antike Tür zurückgreift.

#### C. Die Zeit des Klassizismus.

Die Tür des Klassizismus läßt alle den Füllungen vorgeagelten, das Gefüge mehr oder weniger verschleiern den Bildungen fallen und kennt nur noch sichtbare Füllungen. Diese werden so angeordnet, daß eine gleichmäßige teppichartige Wirkung der gesamten Tür erzielt wird. Heute sind in Hannover noch mehr als 50 gute Beispiele aus dieser Zeit erhalten.



Abb. 37. Köbelinger Straße 45.



Abb. 38. Neue Straße 39.



Abb. 39. Ernst-August-Straße 3.

Betrachten wir zunächst die **einflügeligen Türen**, so zeigt Text-Abb. 37 unter geradem Kämpfer und Oberlicht einen schlichten rechteckigen Flügel, dessen gleichmäßige, nahezu quadratische Füllungen nach der Art von Diamantquadern gebuckelt und von einem Kehlstoß umgeben sind. Während die Tür der Text-Abb. 38 sich von der vorigen nur durch die vier liegenden Rechteckfüllungen unterscheidet, zeigt das geschmackvolle Beispiel der Text-Abb. 39 in der Mitte ein gleichseitiges, oben und unten ein liegendes Rechteck und ist wegen des Schnitzwerks auf den Füllungsspiegeln und der Blattwellen auf den Kehlstoßen und der Umrahmung bemerkenswert. — Die Text-Abb. 40 zeigt in den je zwei Füllungen entsprechenden Sockeln und in den verzierten Sprossen des Oberlichtes eine Erinnerung an die Empirezeit, die Buckel der Füllungen sind in besonders anmutiger Weise mit Schnitzwerk geschmückt.

Hervorragende Beispiele der **zweiflügeligen Türen** enthält der von Laves um 1840 errichtete Haupteingang zum Leineschloß. Abb. 5 u. 6 Bl. 7 zeigt eine der drei in bedeutender Abmessung ausgeführten Pracht-türen, die bis auf das auch von den beiden anderen wiedergegebene

Schnitzwerk der Hauptfüllungen einander gleich sind. Die unteren Füllungen sind mit besonderen breiten Kehlstoßen, die entweder nach der Annahme *A* oder *B* im Höhenschnitt eingefügt sind, und mit kreisförmig angeordnetem Schnitzwerk der Grundfläche ausgestattet. Die schön zusammengestellten Prunkwaffen der Hauptfelder, sind wahrscheinlich aus dem vollen Holz der Füllungen geschnitten und nur von einer schmalen Kehlung umrahmt. Auch die Oberlichte zeigen reiches Schnitzwerk von Kreisschilden und schräg gekreuzten Waffen. Die in Text-Abb. 41 wiedergegebene Tür ist von Flachpfeilern und kräftigem geraden Gebälk umrahmt und zeigt oberhalb



Abb. 43. Osterstraße 63.

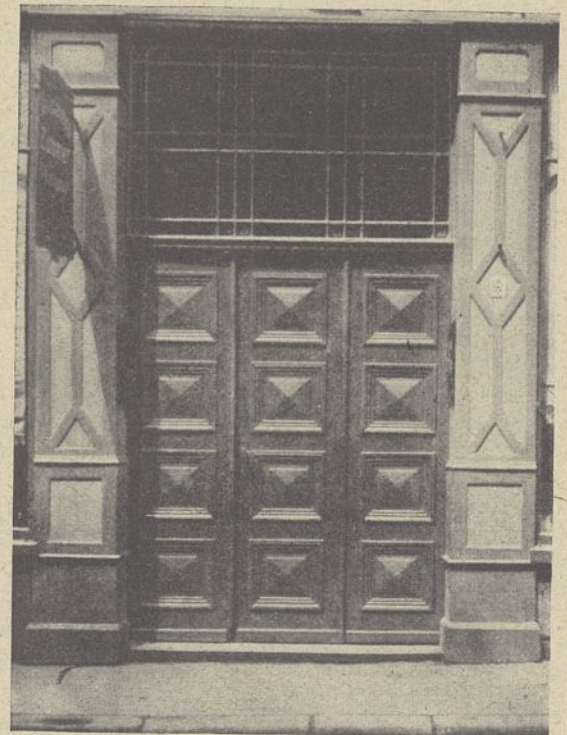


Abb. 44. Dammstraße 14.



Abb. 40. Neue Straße 40.



Abb. 41. Neue Straße 23.



Abb. 42. Osterstraße 40.

des schlichten Losholzes eine wirkungsvolle Sprossenteilung des Oberlichtes. Die gut gegeneinander abgemessenen Füllungen der Türflügel sind mit erhabenen Blattrosen und anderem antik gehaltenen Schnitzwerk geschmückt. Dieselbe Wucht und Wirkung, wie den Türen am Leineschloß, ist der auf Abb. 4 Bl. 8 dargestellten Tür eigen, welcher übrigens der von Laves stammende Hauptzugang zum Herrenhäuser Schloß fast völlig gleicht. Auffällig ist zunächst die  $6\frac{1}{2}$  cm betragende Dicke der Rahmenhölzer. Die bis auf das Schnitzwerk beiderseits gleich gebildeten Füllungen zeigen eine sehr breite Kehlung, die entweder wie bei *A* im Grundschnitt aus einem inneren Rahmen und Kehlstößen, oder wahrscheinlicher wie bei *B* aus zwei ineinander steckenden Rahmen gefügt ist. Die Gliederungen des Rahmens sind zierlich als Eierstäbe

und Blattwellen geschnitzt, die Spiegel mit meisterhaft gezeichneten Blattrosen und anderen Schmuckfüllungen belegt.

Die Text-Abb. 42 zeigt in jedem Flügel vier Füllungen mit doppelten gegeneinander über Eck gestellten Spiegeln und Rosen. Sechs Füllungen zählt jeder Flügel bei dem auf Abb. 1 Bl. 8 wiedergegebenen Haupteingang der ehemaligen Ulanenkaserne. Unter das Losholz des strahlig geteilten Oberlichtes schmiegt sich hier eine besondere Umrahmung der Türflügel, welche durch Verkröpfung aus der Schlageleiste entwickelt ist. Die einfachen Füllungen sind außen kantig gebuckelt und sitzen hier in Kehlstößen, innen in einfachen Rahmenkehhlungen. Endlich weist bei Abb. 2 Bl. 8 jeder Flügel drei große rechteckige und vier kleine quadratische Füllungen auf, die von auf der Mitte der Rahmhölzer liegenden

Rundleisten eingefast werden. Für die Einfügung der Kehlstöße sind in *A*, *B*, *C* und *D* des Grundschnittes vier verschiedene Möglichkeiten angenommen. Auffallend ist die sehr breite, scheinbar aus Rahmen und Füllung bestehende Schlageleiste. Auch die breiten Pfeiler der äußeren Bekleidung sind aus Rahmen und sehr großen Füllungen gefügt.

Bei den dreiflügeligen Türen ist entweder der mittlere Flügel breiter als die seitlichen, oder das Streben nach richtungsloser Flächenwir-



Abb. 45. Altes Palais.

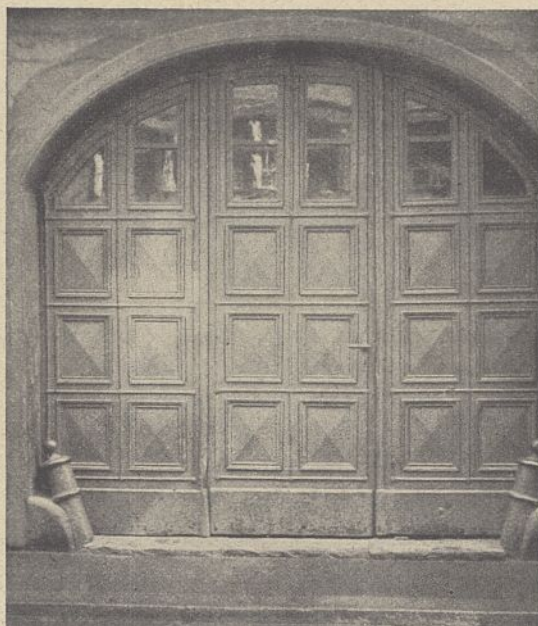


Abb. 46. Lange Straße (Ecke Bäckerstraße).

kung verleitet zu der weniger zweckmäßigen Anordnung von drei gleichbreiten Flügeln. Text-Abb. 43 gehört zu der ersten Gruppe, die Anordnung von vielen kleinen gleichgroßen, annähernd gleichseitigen Vierecken und die zierlichen Rosen auf den Rahmkreuzungen gewährleiten aber ebenfalls die teppichartige Wirkung. Recht gut gelungen ist auch die strahlige Sprossenteilung des Oberlichtes. Das Streben nach großer ruhiger Wirkung bezeugt auch die auf Abb. 3 Bl. 8 wiedergegebene Tür. Um das große Mittelquadrat sind vier gestreckte Rechteckfüllungen und vier kleine Quadrate in den Ecken angeordnet. Das Hauptfeld wird von einem sehr breiten Kehlstoß, vermutlich in der bei A angenommenen Weise umrahmt, während die kleinen Füllungen einfachere Kehlstoße, und auf der Rückseite eine bloße Kählung des Rahmens zeigen. Die äußeren Gliederungen sind als Blattwellen und Perlstäbe zierlich geschnitzt, die glatten Füllungen mit wahrscheinlich auf geleimtem Schnitzwerk geschmückt. Im Mittelstück ist eine kleine Rose fortgefallen um dem Schlüsseloch Platz zu machen; Falle und Riegel des Schlosses greifen von hier aus über die halbe Flügelbreite. Die sehr breiten Schlageleisten sind mit dem Hobel ausgegründet. Über dem Losholz, welches die Gliederung des Kämpfers der Sandsteinumrahmung weiterführt, setzt ein ringförmiges, in kleine Kreise und Vierecke aufgeteiltes Band die Stege der Schlageleisten fort. Auf den Zwickeln zwischen den Verbindungsbögen, der Strahlensprossen sitzen kleine Rosen, die in Verbindung mit der mittleren halbrunden Blattrose auch diesen Teil des prächtigen Tores auf das zierlichste schmücken.

Während Text-Abb. 44 auf seinen gleichbreiten Flügeln ganz gleichartige schlichte Füllungen zeigt, hat das sehr breite flachbogig abgeschlossene Tor der Text-Abb. 46 anstatt eines Oberlichtes obere Glasfüllungen. Auch hier sind auf die Mitte der Rahmhölzer halbrunde Leisten, und an deren Kreuzungen kleine Rosen aufgelegt. Bei dem auf Text-Abb. 45 wiedergegebenen Tor des sogen. alten Palais wechseln größere quadratische mit Blattrosen belegte Füllungen mit kleineren rechteckigen ab. Auf den Rahmhölzern liegen doppelte Leisten und zwischen ihnen Knöpfe, beide aus Eisen gefertigt. — Als letztes und für die Flächenwirkung der klassizisti-

schen Kunst besonders kennzeichnendes Beispiel sei in Text-Abb. 47 das reiche vierflügelige Tor vom Leineschloß gegeben, welches vielleicht von derselben Hand stammt, wie die auf Bl. 7 und Abb. 1 Bl. 8 gegebenen Beispiele, gegen diese aber durch seine weniger klare Zeichnung zurücksteht. Hier bestehen die gedrehten Stäbe, die knopfartigen Rosen auf den Rahmhölzern und das Schmuckwerk der großen Füllungen aus Gußeisen. Dieses hatte bereits seit der Empirezeit eine große Rolle an Gittern, Geländern und Kandelabern gespielt<sup>1)</sup>, erscheint hier zum ersten Male in größerem Umfang an einer Tür und tritt späterhin außerordentlich oft in Verbindung mit Glasscheiben an die Stelle der Holzfüllungen.



Abb. 47. Leineschloß.

Als zusammenfassende Merkmale ergeben sich für die Zeit des Klassizismus etwa die folgenden: Die Türumrahmungen sind meistens aus Sandstein hergestellt und, von den Rundbogen großer Toreinfahrten abgesehen, in der Regel rechteckig. Die Türflügel zeigen nur noch Rahmen und, in mit der Zeit zunehmender Anzahl, Füllungen. Dem Rahmen angearbeitete Kählungen kommen nur noch an den Rückseiten vor, während vorn der Kehlstoß üblich ist und im Streben nach wuchtiger Wirkung immer breiter mit wechselnden Kählungen und Platten gebildet wird, so daß die Füllung nicht im Türrahmen, sondern in einem oder zwei eingeschobenen Sonderrahmen steckt. Die Füllungen sind entweder glatt, oder mit Schnitzwerk belegt, oder mit schräg gekreuzten Kanten gebuckelt.

Auf den Mittellinien des Rahmenwerks befinden sich oft aufgelegte Leisten mit Rosen oder Knöpfen an den Kreuzungen, bisweilen auch halbrunde Furchen. Trotz der geringen aufgewendeten Mittel sind oft ganz hervorragende Wirkungen erzielt. — In der Zeit der Romantik verflacht die Kunst in Hannover, wie im übrigen Deutschland, und auch die Haustür verliert ihre Bedeutung. Die vermehrte Verwendung des Gußeisens führt bisweilen noch zu guten Ergebnissen, im allgemeinen aber entwickelt sich die Tür nach dem Jahre 1845 etwa zu spielenden Formen, welche mit denen des Klassizismus oder des Empire, geschweige denn des Rokoko nicht im geringsten zu vergleichen sind.

<sup>1)</sup> Vgl. den Aufsatz des Verfassers auf S. 299 des Jahrg. 1914 der Zeitschrift.

## Die bauliche und betriebstechnische Entwicklung der staatlichen Bäder und Mineralbrunnen.

Vom Wirkl. Geheimen Oberbaurat Boettger, vortr. Rat im Landwirtschaftsministerium.

(Mit Abbildungen auf Blatt 9 bis 12 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Mit einigen Ausnahmen untersteht die Verwaltung der staatlichen Bäder und Mineralbrunnen der Domänenabteilung des Landwirtschaftsministeriums. Die weltbekanntesten Namen Ems, Langenschwalbach, Schlangenbad, Nenndorf, Norderney, Niederselters und Fachingen lassen ohne weiteres erkennen, welche wichtige Naturschätze dem genannten Verwaltungszweige anvertraut sind. Wenn auch einige dieser Heilquellen einzig in ihrer Art dastehen, so nötigte doch der Wettbewerb der zahlreichen anderen, dem In- und Auslande von der Natur geschenkten Quellen und Mineralbrunnen dazu, die namentlich in den beiden letzten Jahrzehnten allerorten durchgeführten Bestrebungen nach Verbesserungen auf gesundheitlichem Gebiete, Verschönerung der Bauten und Erweiterung der Gebrauchsmöglichkeit zum Heile der leidenden Menschheit auch in den staatlichen Betrieben in die Tat umzusetzen. Dank dem Entgegenkommen der Finanzverwaltung und die Bereitwilligkeit der Volksvertretung war es möglich, unter Aufwendung bedeutender Mittel auf diesem Wege erfolgreich vorzugehen. Der Ausbruch des Krieges hat zwar seit einigen Jahren die weiteren Arbeiten unterbunden, immerhin ist aber die staatliche Tätigkeit, die in ihrer kraftvollen Entwicklung etwa mit Beginn des laufenden Jahrhunderts eingesetzt, bis zum Kriege so weit zu einem gewissen Abschluß gebracht, daß es an der Zeit ist, rückschauend einen Überblick über die Bestrebungen und Ziele sowie über die praktische Betätigung auf dem Gebiete der Quellpflege und der damit zusammenhängenden großen und eigenartigen Bautätigkeit zu geben.

Es hat langer Vorbereitungen und des Zusammenwirkens zahlreicher Kräfte aus dem Bereiche der Quellenkunde, der chemischen und physikalischen Erkenntnis der Naturschätze und ihrer heilwirkenden Bedeutung sowie der ingenieur- und hochbautechnischen Tätigkeit bedurft, um überall das Richtige zu finden und zu verwirklichen. Der Erfolg, der sichtlich nicht nur bezüglich der erhöhten und verbesserten Nutzbarkeit, sondern auch im Geldertrage erzielt ist, beweist, daß der beschrittene Weg der für das Allgemeinwohl richtige war. Der einsichtsvollen Förderung der leitenden Männer, in erster Linie der Minister v. Podbielski und Freiherr v. Schorlemer, muß dankend gedacht werden, wenn man den jetzigen Stand unserer Bäder und Mineralbrunnen mit den früheren Verhältnissen vergleicht.

Bei dieser Betrachtung mag das Bad Norderney, das bekanntlich unter den Bädern der Nordseeküste seit langen Jahren eine der ersten Stellen einnimmt, nur gestreift werden, da es sich hier nicht um die Pflege und den Ausbau von Heilquellen handelt. Es darf aber auch hier nicht übersehen werden, daß die Staatsverwaltung dauernd bemüht war, nicht hinter den von andern großen Bädern an der deutschen, holländischen und belgischen Küste durchgeführten Verbesserungen zurückzubleiben. Die für eine völlige Hebung der vom vormaligen Königreich Hannover überkommenen einfachen Verhältnisse auf die Höhe eines den neuzeitlich

gesteigerten Ansprüchen entsprechenden Ausbaues sind z. T. zwar vorerst nur in Gedanken und Plänen ausgereift, ihre praktische Durchführung unterblieb aber, weil seit geraumer Zeit die Absicht bestand, das Bad Norderney, bei dem ein von behördlichem Geschäftsgange freier kaufmännischer Betrieb für zweckmäßiger galt, im ganzen an eine leistungsfähige Gesellschaft zu verpachten. Ihr sollte es überlassen bleiben, die vor dem Kriege auf etwa 5 Millionen veranschlagten Bauten auszuführen. Der Krieg hat diesen Bestrebungen ein vorläufiges Ziel gesetzt und, da bei der heutigen Lage der Staatsfinanzen nicht wohl daran gedacht werden kann, die Gelder aus öffentlichen Mitteln zur Verfügung zu stellen, so wird der Ausbau von Norderney einer späteren günstigeren Zeit vorbehalten bleiben müssen. Es muß aber erwähnt werden, daß auch hier in den vergangenen zwei Jahrzehnten doch schon Großes vornehmlich auf dem Gebiete der hygienischen Vervollkommnungen geleistet ist, wobei namentlich die unter technisch sehr schwierigen Verhältnissen geschaffene einwandfreie Versorgung mit Trinkwasser und die Anlage einer geregelten, mit Rieselfeldern in den Dünen versehene Schwemmkanalisation hervorzuheben ist. Diese Anlagen waren um so wichtiger, als die Besuchsziffer sich von Jahr zu Jahr stark steigerte und vor dem Kriege bis zu 40 000 Kurgästen anwuchs. Die Ausführung der geplanten sonstigen großen, der Annehmlichkeit des Badeaufenthaltes und der Unterbringung eines an neuzeitliche Ansprüche gewöhnten Großstadtpublikums erforderlichen Bauten, die auf der Grundlage der schon geleisteten Vorarbeiten voraussichtlich auch einen guten geldlichen Erfolg versprechen, bleibt einstweilen noch ein Zukunftstraum.

Lenken wir den Blick zurück auf die eigentlichen Heilbäder, so war es in erster Linie die Sorge für die Erhaltung der Quellen in ihrer ursprünglichen (genuinen), von der Natur geschaffenen Zusammensetzung, die namentlich bei den nassauischen Bädern und Mineralbrunnen zu umfassenden Arbeiten genötigt hat. Es zeigt sich hier bei den noch unter dem Minister Freiherrn v. Hammerstein eingeleiteten genaueren Erforschungen, daß die von altersher, z. T. schon seit der Römer Zeiten bestehenden und benutzten Quellen durch unausbleibliche Einflüsse der einer Verunreinigung dauernd ausgesetzten Erdoberflächen allmählich Schäden erlitten hatten, wie sie auch an fast allen sonstigen Heilquellen beobachtet werden. Die aus großer Tiefe aus dem gewachsenen Urgestein aufsteigenden Quellen wiesen bei ihrem Austritt z. T. Abweichungen von der durch alte Analysen bekannten Zusammensetzung, geringere Wärme und verminderten Kohlen säuregehalt, sowie Schwankungen in der Alkalinität und Schüttungsmenge auf, die es geboten erscheinen ließen, hier mit allen Mitteln neuzeitlicher Technik einzugreifen. Der Tatkraft und Umsicht des durch seine Arbeiten namentlich an den böhmischen und schweizerischen Quellen bekannten Ingenieurs Adolf Scherrer und seines Sohnes Arnold ist es zu danken, daß die schwierigen Maßnahmen mit sicherem

Blick gefördert wurden und zu einem Erfolge führten, der den Bestand der Quellen auf Jahrzehnte hinaus sicherstellte. Es mag hierbei namentlich auf die weitbekannten Mineralbrunnen Niederselters und Fachingen hingewiesen werden, bei denen es gelungen ist, das Wasser in ursprünglicher Reinheit, großer Schüttungsmenge und ohne jegliche künstliche Behandlung (namentlich ohne Zusetzung von Kohlensäure, wie sie bei den meisten sonstigen Tafelwässern üblich ist) dem Gebrauche zuzuführen. Die gewaltige Steigerung des Absatzes, namentlich des Fachinger Wassers, hat die aufgewendeten Kosten und Mühen reichlich gelohnt. Besondere Erwähnung verdient noch der Umstand, daß der im allgemeinen geringe hydrostatische Druck der Sommerwasserstände der Lahn durch eine abnehmbare Aufhöhung des Wehres in Ems und durch einen in den Jahren 1911/12 ausgeführten beweglichen Wehraufsatz in der Lahn bei Baldinstein in günstiger Weise auf Schüttungsmenge und Beschaffenheit der Quellen von Ems und Fachingen beeinflusst werden konnte.

Das Eigenartige des Scherrerschen Vorgehens besteht darin, daß er nicht zu Tiefbohrungen greift, die stets mehr oder weniger vom Zufall des Gelingens abhängig bleiben werden, sondern durch Abschürfung des im Laufe der Zeiten angehäuften Gerölls und der obersten gewachsenen Schichten sowie Fernhaltung aller oberflächlichen Beeinflussung namentlich durch Süßwasser den Quellgerinnen nachgeht, um sie, sobald sie in ihrer Reinheit durch chemisch-physikalische Untersuchung mittels Titration und durch Feststellung des Kohlensäuregehaltes nachgewiesen waren, aus zahllosen kleinen Zuflüssen zu Einzelquellen zusammenzutreiben und sie gruppenweise vereinigt, zu fassen. Diese mühselige Arbeit hat sich durch Jahre hingezogen und nötigte, wie z. B. in Ems auf dem rechten und linken Lahnufer, in Fachingen und Langeschwalbach, zur Lösung und Beseitigung gewaltiger Felsmassen. Zur Erhaltung der Quellen in ihrem neugefaßten Zustande wurde eine sorgfältige wasserdichte Abdeckung der gewachsenen Gesteinsoberfläche vorgenommen, um das weitere Aufsteigen von minderwertigen Zuflüssen von unten abzuhalten, während eine obere Dichtung mittels plastischer Lette das Eindringen oberen Süßwassers verhinderte. Unendlich wurden diese Arbeiten namentlich in Ems dadurch erschwert, daß die darüber stehenden großen Kurhausbauten erhalten bleiben mußten, deren Grundmauern oft in gefährdender Weise angeschnitten wurden. Die Tiefe der Baugruben, die z. B. bei der Neuquelle auf dem linken Ufer bis auf 11 m unter den Lahnspegel hinunter ging, die dauernde Wasserhaltung und die oft drohenden Gefahren durch plötzlich eintretende Lahnhochwässer stellten ungewöhnliche Anforderungen an die schnelle Entschlußfähigkeit und Tatkraft der Ingenieure und Werkleute. Es verdient dankend hervorgehoben zu werden, daß, bis auf einen Unglücksfall bei einem plötzlichen Felssturz an den König-Wilhelms-Felsenquellen, Gefahren für Leib und Leben der Arbeiter abgehalten worden sind.

Die Fassung der in Zinnleitungen geführten Quellenzuflüsse bis zu ihrem sichtbaren Austritt in luftdicht abgeschlossenen und mit Kohlensäurepolster bedeckten Vasen mit Glaslocken erfolgte so, daß eine Berührung mit der atmosphärischen Luft, die zur Entweichung freier Kohlen-

säure, höherer Oxydation etwaiger löslicher Eisenverbindungen und nachfolgender Trübung hätte führen müssen, auf das Sorgfältigste vermieden wurde. Die Anordnung der Quellvasen oder hohen Schaugläser, die namentlich bei der Emser Neuquelle dem Auge das anmutige Spiel der durch die Kohlensäureestöße aufbrausenden Quelle bieten, ermöglichte es auch, die natürliche freie Kohlensäure in geschlossenen Leitungen aufzufangen, um sie zu anderweiten gewerblichen Zwecken, namentlich der Gewinnung von Quellsalzen und zur Herstellung von Pastillen nutzbar zu machen. Dieser Teil der staatlichen Tätigkeit hat sich inzwischen zu einem großen und gewinnbringenden Gewerbebetrieb ausgewachsen. Dazu kam die Fürsorge für Unschädlichmachung des wechselnden hydrostatischen Druckes benachbarter Wasserläufe (namentlich der Lahn in Ems und Fachingen) und des Grundwassers, der, wie auch die Schwankungen des Luftdruckes, erfahrungsmäßig einen wesentlichen Einfluß auf Überlaufhöhe, Schüttungsmenge, Wärme und Alkalinität ausübt. In zahllosen, Jahre hindurch währenden Beobachtungen und Messungen sind diese Einflüsse allmählich erkannt und in ihren Folgeerscheinungen gewürdigt, wobei namentlich auch der erfolgreichen Mitwirkung des Gießener Geologen Prof. Erich Kayser und des Leiters des Freseniuschen chemischen Laboratoriums, Prof. Hintz in Wiesbaden, gedacht werden soll. Die Erfolge traten nicht von vornherein in völlig befriedigender Weise zutage, es hat vielmehr mancher Umgestaltungen, Tieferlegung von Überlaufhöhen und Quellfassungen und Änderungen in den Leitungen bedurft, um zu dem nunmehr erzielten günstigen Zustande zu kommen. Neben diesen überall auftretenden Schwierigkeiten waren es in Ems noch die bedrohlichen Erscheinungen, die nach den ersten Fassungen eintraten und die mehrere Jahre hindurch die Quellen gefährdeten. Die Vermutung lag nahe, den Grund hierfür in der dauernden Wasserhaltung der in großer Tiefe unter den Quellhorizont hinabgeführten Schächte und Sohlen des benachbarten Bergwerks, das namentlich in den Kriegsjahren zur Förderung großer Kupfermengen, den Tiefbaubetrieb gewaltig steigerte, zu suchen, und zwar um so mehr, als hier Thermalwasser in großen Mengen angeschlagen wurde, das in seiner Zusammensetzung dem Emser Quellwasser ähnelte. Von geologischer Seite wird dieser Einfluß bzw. die Möglichkeit eines Wasserumlaufes zwischen Thermal- und Gangmulde im Hinblick auf den geologischen Aufbau des zwischen den beiden Mulden anstehenden sog. Emser Quellsattels in Abrede gestellt. — Eine endgültige Lösung der umstrittenen Frage ist noch nicht gefunden, es darf aber erwartet werden, daß die fortgesetzten Beobachtungen und Messungen der Grubenwässer und der Quellen sowie die Feststellung des jeweiligen Zustandes der letzteren allmählich Licht in die Zweifel tragen werden. Der unausgesetzten Sorgsamkeit Scherrers ist es zu danken, das trotz aller Schwierigkeiten es auch in den gefährlichen Zeiten gelungen ist, den vollen Bade- und Trinkbetrieb überall aufrechtzuerhalten. Der jetzige Zustand berechtigt zu der Hoffnung, daß man den Schwierigkeiten dauernd Herr geworden ist.

In Nenndorf lagen die Quellverhältnisse einfacher, doch mußten auch hier infolge des stark gesteigerten Badebetriebes neue, weit außerhalb des Orts liegende Schwefelquellen neugefaßt und herangeführt werden, während die alte Solleitung



erneuert und der Schlammadebetrieb auf mehr als das Doppelte des früheren Umfangs gehoben wurde.

Neben den quelltechnischen Arbeiten, die naturgemäß während der Kurzeiten ruhen mußten, wurde die Ausführung der großen Hochbauten an den Bädern, Brunnenhallen und den mit ihnen in unmittelbarem Zusammenhang stehenden Logierhäusern betrieben, von deren Umfang die nachstehend besonders erläuterten Anlagen von Nenndorf und Ems eine Vorstellung geben. Auch diese eigenartigen und schwierigen Bauten konnten nur während der Monate außerhalb der Kurzeiten betrieben werden, und es ist als besonderes Verdienst der betreffenden Beamten, Regierungs- und Baurats Liedtke und Regierungsbaumeisters Birek für die nassauischen Bäder und Mineralbrunnen und des Baurats Rüdiger für Nenndorf hervorzuheben, daß es gelungen ist, den Kurbetrieb überall in ungestörtem Umfange aufrechtzuerhalten. Aber nicht die technische Tätigkeit allein verdient anerkannt zu werden, es galt auch die auf dem Verwaltungsgebiet liegenden, durch das Ineinandergreifen verwickelter öffentlicher und privater Interessen bedingte Schwierigkeiten zu überwinden, zur rechten Zeit die nötigen Anregungen zu geben und die an die Volksvertretung zu richtenden Forderungen sachgemäß zu begründen und zu vertreten. Es muß hierbei in erster Linie der Verdienste des verstorbenen vortragenden Rates, Wirkl. Geh. Oberregierungsrates Prätorius und der Geh. Regierungsräte v. Lucke und v. Wedel-Parlow gedacht werden.

Von den domänenfiskalischen Bäderbauten sind bisher nur Berichte über das in den Jahren 1902 bis 1905 neuerbaute Moorbad in Langenschwalbach im Jahrgang 1910 der Zeitschrift für Bauwesen und über das erste Schlammadehaus in Nenndorf im Jahrgang 1895 veröffentlicht worden, auf deren eigenartige und architektonisch bemerkenswerte Anlage hier verwiesen wird. Im folgenden sollen zur Veranschaulichung der Gesamtarbeiten, für die in den Jahren 1900 bis 1918 etwa 13 Millionen an Staatsgeldern verausgabt sind, zunächst die Bauten in Nenndorf und Ems eingehender beschrieben werden, wobei vorbehalten bleibt, die Bauten in den Taunusbädern Langenschwalbach und Schlangenbad sowie bei den Mineralbrunnen Niederselters und Fachingen in einer späteren Veröffentlichung mitzuteilen.

#### Bad Nenndorf.

Bad Nenndorf, unweit von Hannover in anmutiger Gegend am Fuße des Deistergebirges gelegen, hat dreifache Bedeu-

tung als Schwefel-, Sole- und Schlammbad. Berühmt wurde es zuerst durch seine Schwefelquellen, welche die übrigen norddeutschen Schwefelquellen an Stärke übertreffen. Nicht nur die vier im Badeorte selbst entspringenden Quellen, sondern auch die im nahen Algesdorf auftretenden, deren Wasser in einer rd. 4 km langen Leitung dem Bade zugeführt wird, sind reich an Schwefelwasserstoff, dessen Gehalt bei der Trinkquelle 20, und bei der Gewölbequelle 24 ccm im Liter Wasser beträgt. Dazu kommt noch ein beträchtlicher Gehalt an Schwefelnatrium bzw. Schwefelcalcium. Wenn auch hier nicht der Ort für medizinische Erörterungen ist, so sei doch kurz darauf hingewiesen, daß der Schwefel von alters her in der Heilkunde eine bedeutende Rolle spielt und in jüngster Zeit auf Grund der Forschungen auf dem Gebiete der Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels noch höher bewertet wird. Der zu Anfang unserer Zeitrechnung geprägte Satz des alten Plinius „vel maxime mira natura est sulfuris“, als Inschrift über der Tür zum Nenndorfer Schwefelinhalatorium angebracht, findet immer aufs neue Bestätigung.

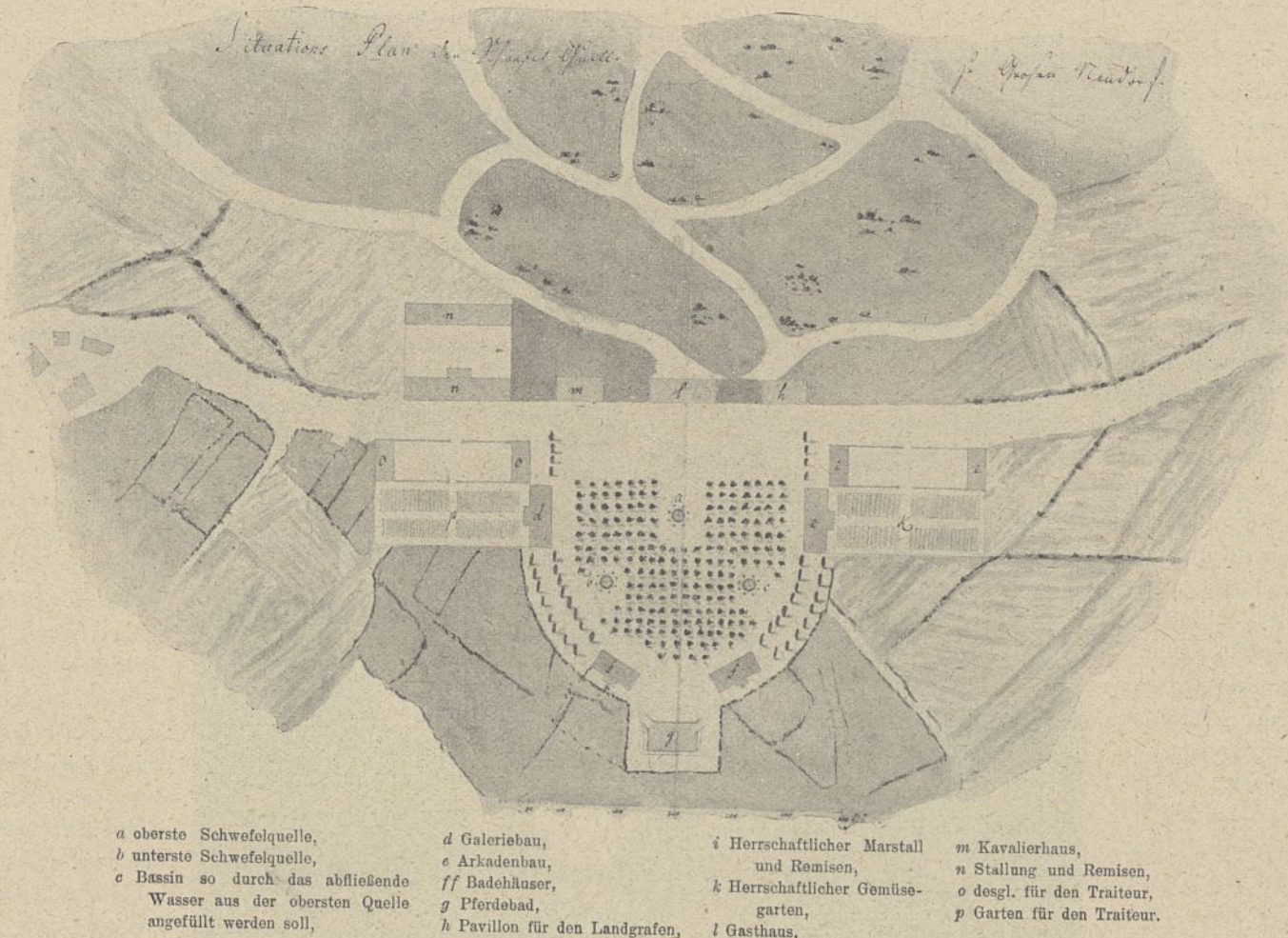
Nicht geringer ist der medizinische Wert der Sole, die aus dem Nachbarorte Soldorf dem Badezugeleitet wird. Diese Sole zeigt

nicht nur 6 vH. Salzgehalt, sondern weist auch wirksame Schwefelverbindungen auf und einen beträchtlichen Stickstoffgehalt, der diesem Mineralwasser als „Stickstoffsole“ einen besonderen Platz unter den Solquellen verleiht. Was endlich den medizinischen Wert der Schlammerde betrifft, die aus verschiedenen Lagern der Umgegend nach Nenndorf geschafft und mit dem Schwefelwasser der stärksten Quellen zu Badebrei verarbeitet wird, so gelten die hieraus bereiteten Bäder erfahrungsgemäß als hervorragende Heilmittel gegen rheumatische Leiden und Gicht.

Die Nenndorfer Schwefelquellen, welche am Fuße des Galenberges, eines Ausläufers des Deistergebirges, entspringen, sind schon im Jahre 1546 in einem ärztlichen Werke beschrieben worden. 1777 erhielten die Quellen durch den damaligen Landesherrn Friedrich II., Landgrafen zu Hessen, die noch heute in ihren Grundlagen bestehenden Steinfassungen. Die eigentliche Gründung des Bades ist auf seinen Nachfolger, den Landgrafen Wilhelm IX., späteren Kurfürsten Wilhelm I., zurückzuführen, der, nach einer von ihm veranlaßten ärztlichen Begutachtung der Quellen von ihrer Güte und Stärke überzeugt, im Jahre 1786 beschloß, hier ein Kurbad einzurichten. Er ließ durch seinen Hofbaumeister Simon



Abb. 1. Aus dem Kurpark von Nenndorf.



- |                                   |                                |                             |                            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| a oberste Schwefelquelle,         | d Galeriebau,                  | i Herrschaftlicher Marstall | m Kavalierhaus,            |
| b unterste Schwefelquelle,        | e Arkadenbau,                  | und Remisen,                | n Stallung und Remisen,    |
| c Bassin so durch das abfließende | ff Badehäuser,                 | k Herrschaftlicher Gemüse-  | o desgl. für den Traiteur, |
| Wasser aus der obersten Quelle    | g Pferdebad,                   | garten,                     | p Garten für den Traiteur. |
| angefüllt werden soll,            | h Pavillon für den Landgrafen, | l Gasthaus,                 |                            |

Abb. 2. Übersichtsplan von 1790 der in Nenndorf ausgeführten und geplanten Anlagen.

Louis du Ry (gest. 1799) die Pläne hierfür entwerfen, und dieser bedeutende Architekt leitete, oft selbst wie der Landgraf in Nenndorf anwesend, die Bauten, von denen eine Anzahl noch heute erhalten ist.

Der Gesamtplan du Rys ist für die bauliche Ausgestaltung des Bades bis in die heutige Zeit maßgebend geblieben. Der Lageplan von 1790 (Text-Abb. 2) zeigt eine symmetrische Anlage, die sich an die Hauptstraße anschließend um die mit Linden bepflanzte „Esplanade“ gruppiert, wobei die Hauptquelle in die Mittelachse zu liegen kommt. Die

Badehäuser wurden an der tiefsten Stelle geplant, um ihnen das Wasser von den Quellen mit natürlichem Gefälle zuleiten zu können. Ein großes Logierhaus erhebt sich gegenüber in der Hauptachse an der Straße, die Arkaden und die Galerie mit Gesellschaftsräumen und Logierzimmern schließen beiderseits die Esplanade ab, das „Traiteur“haus, jetzige Haus Cassel, und das Landgrafenhaus (Text-Abb. 4) folgen symmetrisch verteilt, und ein Marstallgebäude mit Remise vervollständigt die umfangreiche Anlage, die im wesentlichen 1791 ausgeführt war und trotz sparsamster Bauweise 300 000 Thl. erfordert hatte.

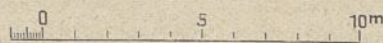
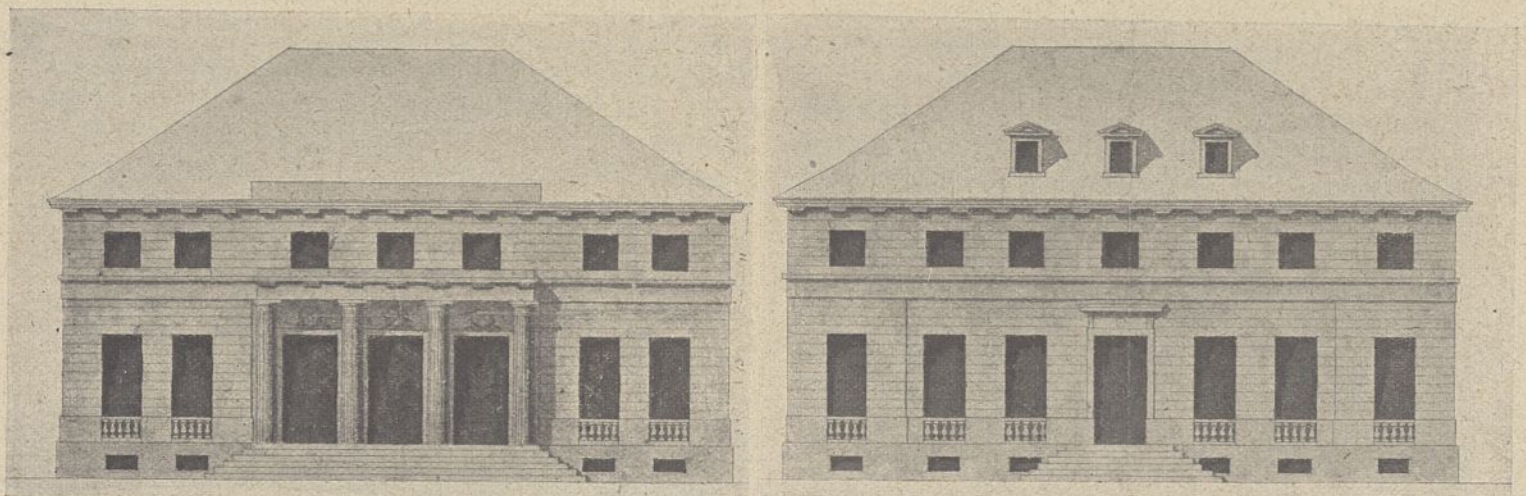


Abb. 3. Schlößchen (erbaut 1806). Entwurfzeichnung von 1805.

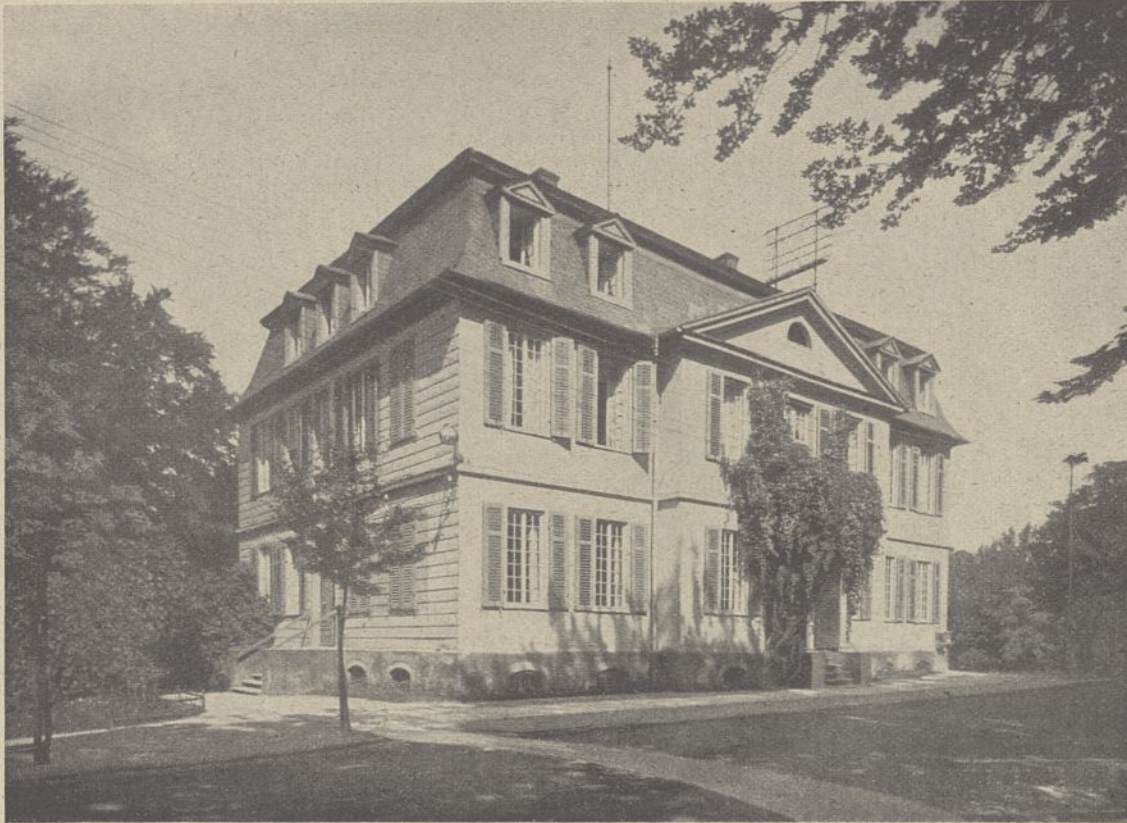


Abb. 4. Landgräfenhaus (erbaut 1721).

In den folgenden Jahren entstanden an größeren Bauten 1791 der Kursaalbau an den Arkaden, 1795 der Große Bau, ein noch erhaltenes Logierhaus, 1805 durch den Anbau zweier Flügel eine Erweiterung des Großen Logierhauses, und endlich 1806 das Schlößchen, das zur kurfürstlichen Sommerwohnung bestimmt war. Die Hauptansicht zeigte ursprüng-

liche Neuerung, die in der späteren Entwicklung des Bades eine große Bedeutung erlangte.

Wie der 1813 zurückgekehrte hessische Landesfürst ließen sich auch seine Nachfolger die Hebung des Bades angelegen sein. 1841 wurde der Schlammbetrieb durch ein neues Badehaus erweitert, im folgenden Jahre das Bad von

dem 6 km entfernten Soldorf aus durch eine Holzrohrleitung mit Sole versehen, die zu Bädern im Großen Badehause verwendet wurde, 1856 fand eine Erweiterung des Arkadengebäudes und Vorbau einer Wandelbahn an diesem statt.

Im Jahre 1866 ging das Bad mit der Provinz Hessen-Nassau in preußischen Staatsbesitz über und wurde der Domänenabteilung des Landwirtschaftsministeriums und der Regierung in Cassel unterstellt. Auch diese neue Zeit nahm sich der Entwicklung des Bades eifrig an. 1874 bis 1876 wurde ein neues Logierhaus, das jetzige Kurhaus, an der Stelle des abgebrannten „Großen



Abb. 5. Schlößchen (erbaut 1806).

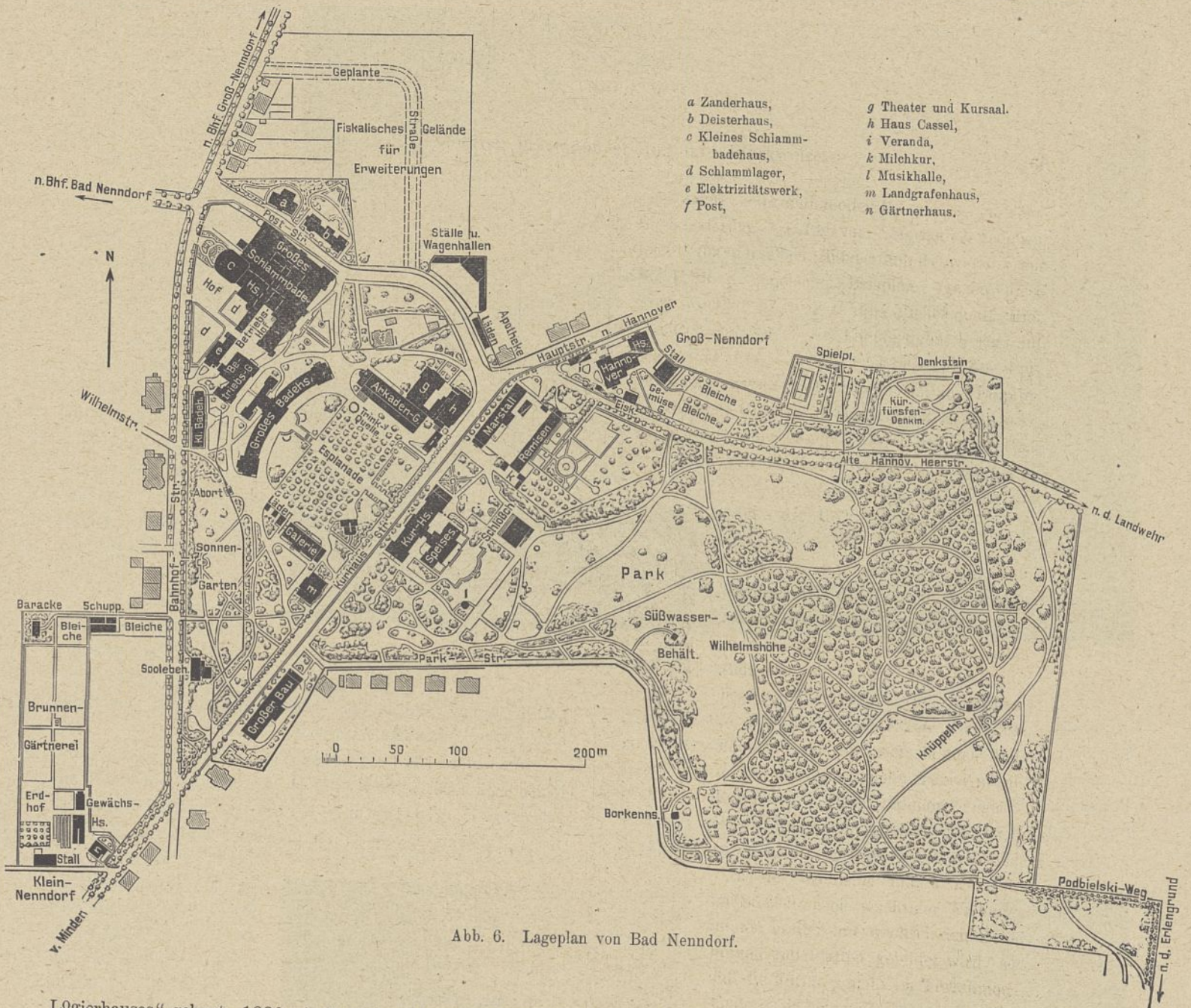


Abb. 6. Lageplan von Bad Nenndorf.

Logierhauses“ gebaut, 1880 ein Betriebsgebäude mit Dampf- wäscherei sowie ein russisch-römisches Bad errichtet. Das Haus Hannover erhielt 1886 einen Speisesaalanbau mit darüber gelegenen Logierzimmern und das Große Badehaus ein drittes Stockwerk mit Wohnräumen für die „Freibädner“. 1890 bis 1892 folgte die Errichtung eines neuen Schlamm- badehauses mit mustergültigen Betriebseinrichtungen als Ersatz für die abgebrochenen alten Schlamm- badeanlagen (vgl. hierzu die Veröffentlichung in der Zeitschrift für Bauwesen Jahrgang 1895 S. 507 und Bl. 64 bis 66).

Der von Jahr zu Jahr steigende Besuch des Bades und die erhöhten neuzeitlichen Ansprüche der Kurgäste machten um die Jahrhundertwende die Erwägung neuer Baupläne notwendig. Hierbei wurde versucht, die notwendigen Neu- und Erweiterungsbauten in die schöne und zweckmäßige alte Anlage aus hessischer Zeit harmonisch einzuordnen und ihre noch brauchbaren Teile durch Um- und Ausbau nach Möglichkeit zu erhalten. Auf diesem Wege war auch ein weitgehender, dabei aber doch wirtschaftlicher Ausbau des altbewährten Heilbades zu ermöglichen.

Es handelte sich im wesentlichen zunächst um eine Vermehrung der Schwefel- und Solbäder durch ein weiteres Badehaus und Ersatz des baufälligen alten Großen Badehauses durch einen größeren Neubau, sodann um eine Erweiterung der Schlamm- bade- und sonstigen Betriebsanlagen. Gründliche Verbesserungen der Gesellschaftsräume, eine Erneuerung des Theatersaales und der Musikhalle mußte folgen, und endlich waren die fiskalischen Hotelanlagen Kurhaus, Haus Hannover und Haus Cassel durch Umbauten und Erweiterungen den Anforderungen der Neuzeit entsprechend auszugestalten. Diese neueren Ausführungen erfolgten in den Jahren 1902 bis 1912 und sollen im folgenden näher beschrieben werden (vgl. den Übersichtsplan Text-Abb. 6).

#### Die Schwefel- und Solbadehäuser.

Das Kleine Badehaus (Abb. 6 u. 7 Bl. 10). Eine Vermehrung der Schwefel- und Solbäder war um das Jahr 1903 zur dringenden Notwendigkeit geworden. Es wurde zunächst der Neubau eines Badehauses beschlossen, welches durch tunlichst sparsame Planung und eine einfache Ausstattung die

Abgabe möglichst billiger Bäder an Minderbemittelte rechtefertigte. Auch sollten hier die „Freibädner“ ihre Bäder erhalten, die in Bad Nenndorf seit 1828 regelmäßig in großer Zahl aufgenommen wurden.

Der Bau wurde vom 1. Juli 1902 bis Mai 1903 als „Kleines Badehaus“ fertiggestellt. Es enthielt in der ursprünglichen Anlage 24 Badezellen, Warte- und Wärterzimmer sowie Nebenräume im Erdgeschoß und eine Bademeisterwohnung im Obergeschoß des Mittelbaues. Im Winterhalbjahr 1905 bis

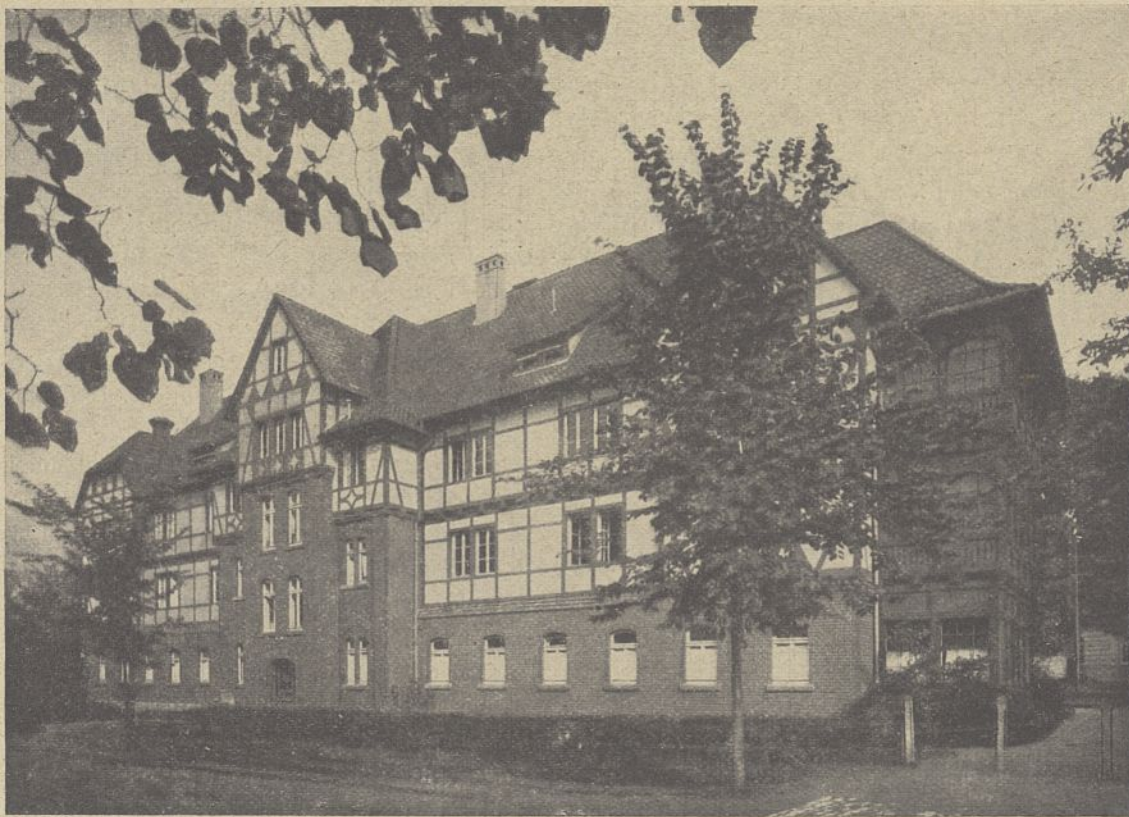


Abb. 7. Kleines Badehaus. Rückseite.

1906 wurden zwei Obergeschosse mit 20 Wohnräumen, Küche, Speiseraum und Verandaen für die Freibädner sowie zwei Beamtenwohnungen auf das Badegeschoß aufgebaut (Text-Abb. 7).

Die dem Badehause gegebene Lage gestattet, das Schwefelwasser von den Quellen mit natürlichem Gefälle in die Wannen einzuführen und so die volle Erhaltung der heilkräftigen Gase im Wasser zu ermöglichen. Um den Gasgehalt auch bei der Erwärmung des mit 11 Grad den Quellen entströmenden Wassers sich möglichst wenig verflüchtigen zu lassen, wurden hier an Stelle von früher benutzten Wärmebottichen bewegliche kupferne Heizschlangen vorgesehen, welche vor der Füllung der Wannen in diese eingesetzt und durch Kupplungen mit der Dampfleitung verbunden dem eingelassenen Wasser die gewünschte Wärme geben und dann wieder herausgenommen werden. Diese einfache Vorrichtung, durch welche im Gegensatz zu den fest eingebauten Heizschlangen eine Hinderung für den Badenden vermieden und eine gute Reinigung der Wannen gewährleistet wird, hat sich gut bewährt und verdient hier auch deshalb den Vorzug vor minder einfachen Wärme- und Mischeinrichtungen, weil solche durch das starke Nenndorfer Schwefelwasser bald unbrauchbar werden würden. Die Wannen im Kleinen Badehause bestehen aus Holz und sind außer mit Schwefel-

wasser- auch mit Solezufluß versehen. Für die Außenleitung beider sind dreifach asphaltierte gußeisernerne Muffenrohre zur Verwendung gelangt, während die innere Installation aus Kupfer hergestellt ist.

Unter dem Flur des Badehauses ist ein begehbare Röhrentunnel angelegt, während die Zellen nicht unterkellert sind, da die gesamten Rohrleitungen frei auf den Wänden verlegt und überall zugänglich sind. — In jeder Zelle ist ein Wäscheschrank mit Wärmevorrichtung vorgesehen. Die Heizung erfolgt durch Niederdruckdampf mit Radiatoren. Die Lüftung der Zellen geschieht durch Oberlichtkipplügel über den Türen nach den Fluren, die ihrerseits durch elektrisch betriebene Ventilatoren mit Frischluft versehen werden.

Die Baukosten betragen für die ursprüngliche eingeschossige Anlage mit zweigeschossigem Mittelbau 58000 Mark. — Für die Aufstockung wurden weitere 43500 Mark aufgewendet.

Das Große Badehaus (Bl. 9). Das unter den ersten Baulichkeiten des Bades im Jahre 1789 in Holzfachwerk errichtete alte „Große Badehaus“ war mit den Jahren so unzureichend und abgängig geworden, daß zu

seinem Abbruch geschritten werden mußte. An seiner Stelle wurde in den Wintermonaten 1904 bis 1906 das neue Große Badehaus erbaut.

Die zweckmäßige Lage des alten Bauwerks unterhalb der Quellen, ebenso die architektonisch wirksame Bogenform und die Anordnung in der Symmetrieachse wurde für den Neubau beibehalten.

Das Wasser der auf der Esplanade entspringenden und der von Algesdorf hergeleiteten Schwefelquellen wird bei der tieferen Lage des Badehauses ebenso wie beim Kleinen Badehause mit natürlichem Gefälle den Wannen zugeleitet. Zu den äußeren Quelleleitungen wurden, wie von Anfang an geschehen, erlene Holzrohre verwendet, welche durch das Schwefelwasser nicht angegriffen werden und somit keine Verunreinigungen verursachen. Für die inneren Schwefelwasserleitungen, für die wegen der Abzweige Holz nicht in Betracht kommen konnte, wurde nach eingehenden Versuchen Aluminium gewählt, welches das Wasser in reinster Beschaffenheit bis zu den Wannen befördert.

Der gegen die alte Anlage vergrößerte Grundriß (Abb. 4 u. 5 Bl. 9) enthält im Mittelbau eine architektonisch reicher ausgebildete Warte- und Wärterhalle (Abb. 6 Bl. 9) und in den Flügeln 52 Badezellen, Räume für Bademeister und Badewärter, für Wäsche

und die Abortanlagen. In der Mittelachse schließt sich rückseitig ein eingeschossiger Anbau mit den Schwefel- und Soleinhalatorien und den Gasbädern an. In den beiden seitlichen Pavillonbauten sind die Zellen gegen die übrigen um  $\frac{1}{2}$  m vertieft, um in ihnen das Wasser aus der tiefer als die anderen Quellen liegenden sogenannten Gewölbequelle, die neben der Trinkquelle die stärkste des Bades ist, verwenden zu können, ohne es heben zu müssen. Die Flure der Badeflügel und Teile der Pavillonbauten sind mit begehbaren Unterkellerungen zur Aufnahme der Rohrleitungen versehen.

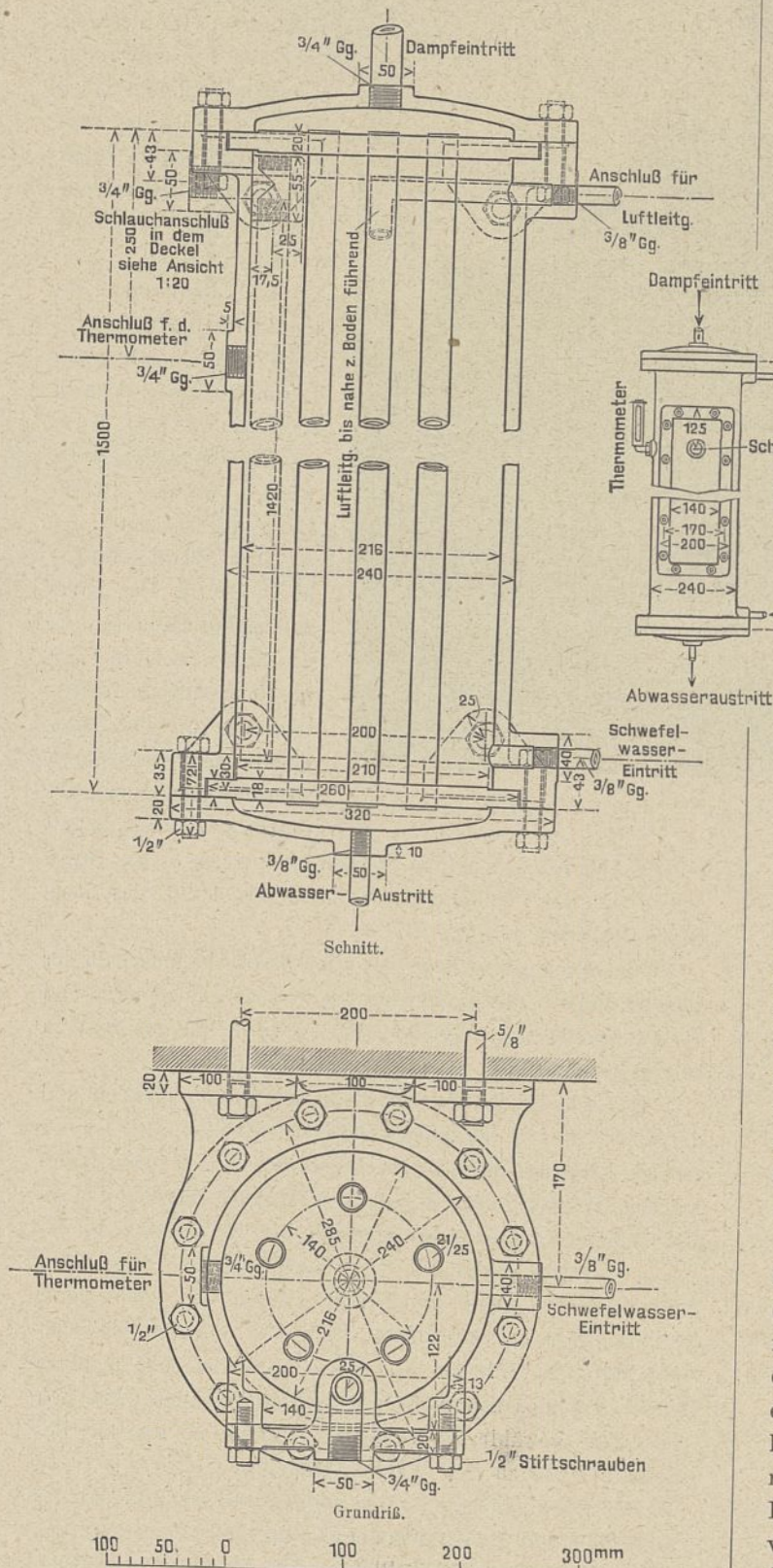


Abb. 8. Gußeiserne Schwefelwasser-Dusche von 50 Liter Inhalt.

Die Heizung und Lüftung der Badezellen erfolgt durch eine Pulsionsluftheizanlage, Flure, Wartehalle und Nebenräume werden durch Heizkörper mittels Niederdruckdampf erwärmt.

Die Einrichtung einer Badezelle ist in Text-Abb. 9 u. 10 dargestellt. Die Erwärmung des Badewassers geschieht wie im Kleinen Badehause durch einzulegende Heizschlangen, die hier aus Aluminium hergestellt sind, das neben den oben erwähnten Vorzügen den Vorteil leichtester Handhabung bietet. Die Aluminium-Verteilungsleitungen des Schwefelwassers haben sich in 14-jährigem Gebrauch gut bewährt, wenn sie auch demnächst einer Erneuerung bedürfen, da auch das an und für sich neutrale Aluminium infolge seiner unvermeidlichen chemischen Verunreinigungen dem starken Nenndorfer Schwefelwasser auf die Dauer nicht widersteht. Immerhin ist seine Haltbarkeit dem Kupfer gegenüber eine vierfach längere, und es wird durch seine Verwendung, wie schon bemerkt, für Zufluß des Schwefelwassers in unverminderter Güte und klarem Aussehen gesorgt.

Die etwa 500 Liter fassenden Wannen sind nach Versuchen mit verschiedenen Stoffen aus 6 cm starkem Eisenbeton hergestellt und mit hellgrauen gesinterten Fliesen ausgekleidet. Die Fliesen erhielten eine Quarzglasur, die im Gegensatz zu metallhaltigen Glasuren durch das Schwefelwasser nicht geschwärzt oder zerstört werden kann. Die Wannen sind bis zur Fußbodenhöhe versenkt und mit Einsteigestufen am Fußende versehen, bis auf acht Wannen, die halbversenkt und ohne Stufen angeordnet sind, um ein leichtes Hineinheben unbehilflicher Badegäste zu ermöglichen.

Die Wannen sind auf kleinen Pfeilern allseitig frei in Stichkanälen aufgestellt, die sich an den Rohrkeller anschließen. Die hier herrschende Wärme verhindert eine Abkühlung der Wannen von unten her. Durch die Stichkanäle ist auch für eine stete Zugänglichkeit der Zu- und Abflüsse vom Rohrkeller aus gesorgt.

Da die in den Zellen sich entwickelnden Schwefelwasserstoffgase Metalle schwärzen und angreifen, so war es angebracht, die Rohrleitungen und Ventile verdeckt anzuordnen. Die Badebatterien liegen deshalb unter Fußbodenklappen und werden mit Steckschlüsseln bedient. Die Heizungsventile sind in einem Wandschrank angebracht, der gleichzeitig eine Heizschlange und Raum für die zu wärmende Badewäsche enthält. Zur Reinigung der Wannen ist Wasserleitungsanschluß mit Schlauchspritze in jeder Zelle vorgesehen (Text-Abb. 9).

Besondere Erwähnung verdienen noch die als wichtiges Kurmittel in sechs Zellen vorhandenen Schwefelwasserduschen (Text-Abb. 8). Sie wurden in einer für die Verwendung in Nenndorf besonders entworfenen Bauart derart hergestellt, daß sie je nach ärztlicher Vorschrift auf verschiedenen Druck eingestellt und in bestimmter Temperatur gegeben werden können. Sie bestehen aus einem 50 Liter fassenden, senkrecht an der Wand befestigten Behälter mit einem inneren Dampfrohrregister. Das frisch eingelassene Schwefelwasser wird nach Erwärmung auf die vorgeschriebene Temperatur durch Druckluft mittels eines Schlauchstrahlrohrs ausgespritzt. Um eine gleichmäßige Wärme des Inhalts zu erzielen, wird

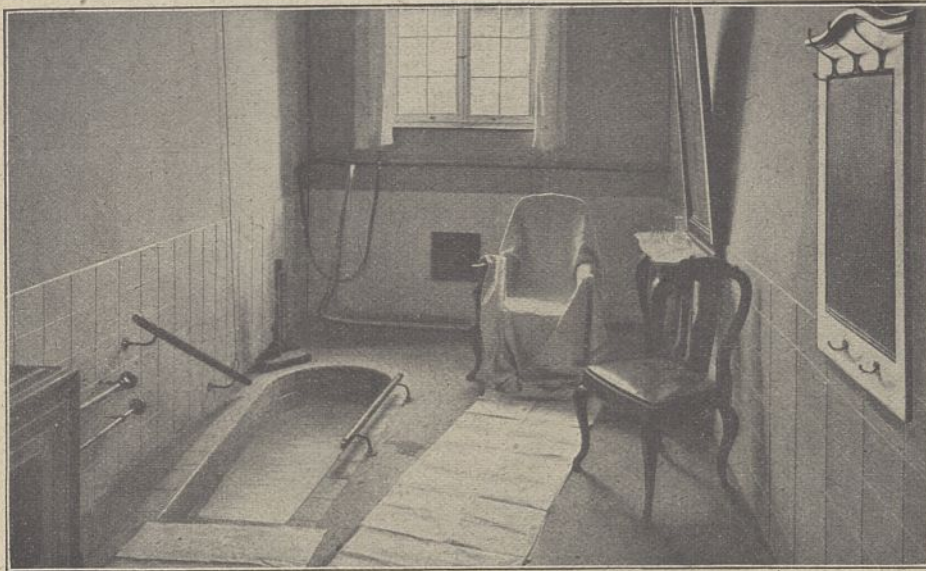


Abb. 9. Badezelle im Großen Schwefelbadehaue.

die Druckluft nahe am Boden in das Wasser eingeführt, so daß durch die aufsteigenden Luftblasen ein stetes Umwälzen und inniges Vermischen des Inhalts erfolgt.

Die Inhalatorien und Gasbäder werden ebenfalls mit Druckluft betrieben, welche in einem der in Maschinenzentrale aufgestellten Verdichter erzeugt wird. In dem zu gemeinsamer Benutzung bestimmten Schwefelinhalatorium (Text-Abb. 11)

dient ein in einer Anzahl dünner Strahlen emporsteigender Springbrunnen in Verbindung mit einem kaskadenartig überrieselten Fliesenaufbau dazu, aus dem Schwefelwasser unter Einwirkung des Sauerstoffes der Luft ein Gasgemisch zu entwickeln, dessen wichtigster Bestandteil unterschweflige Säure bildet. Diese einfache Art der Gasentwicklung ist in Nenndorf schon seit über 100 Jahren im Gebrauch und übertrifft nach angestellten Versuchen alle umständlicheren Apparate an Wirksamkeit. Die beiden Gasvollbäder für Einzelbenutzung, in denen der Badende entkleidet Platz nimmt, haben ähnliche Springbrunnen und sind mit Auskleideräumen versehen.

Im Soleinhalatorium wird die Sole in üblicher Weise durch einen Zerstäuber so fein verteilt, daß ein nahezu undurchsichtiger Nebel den Raum erfüllt. — In zwei Badezellen des Großen Badehauses sind elektrische Lichtbäder eingebaut. Die beiden Obergeschosse des Großen Baderaumes enthalten 30 zur Kurhauspachtung gehörende Logierzimmer, einen Frühstücksraum, eine Kaffeeküche, Dienstboten- und Nebenräume. Ein elektrischer Aufzug, auch für Rollstühle Raum bietend, ist im Mittelbau angeordnet.

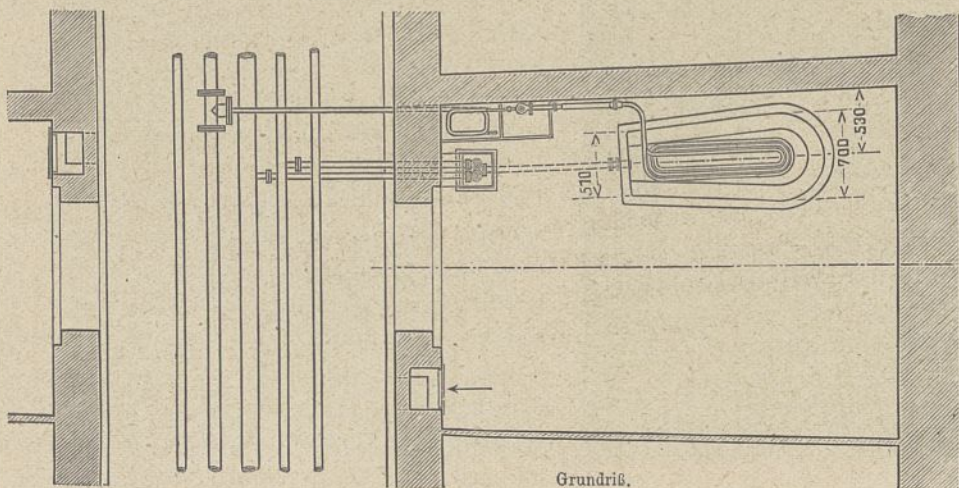
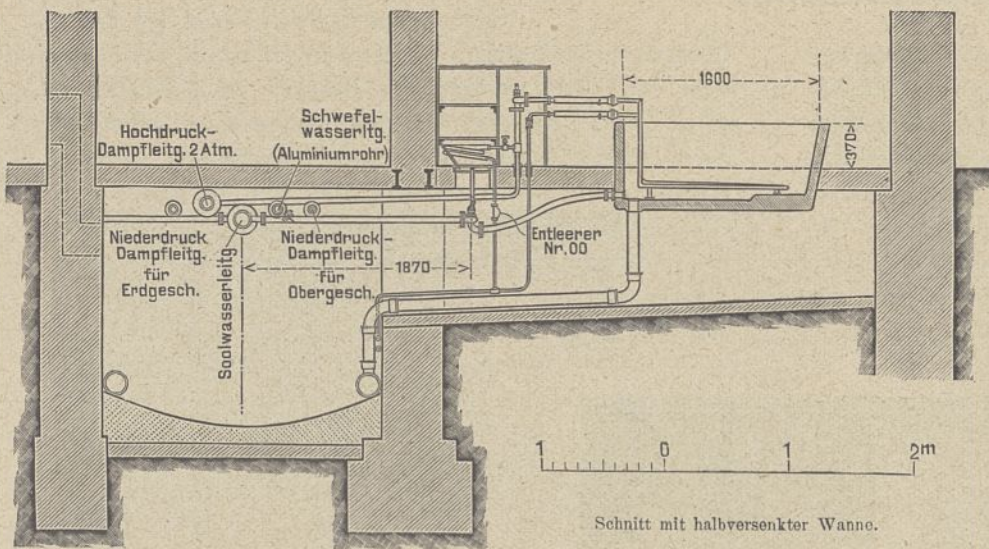


Abb. 10. Einrichtung einer Badezelle im großen Badehaue.

Die architektonische Gestaltung des Großen Badehauses (Abb. 1 Bl. 9 u. Text-Abb. 13 u. 14), um deren Ausgestaltung sich namentlich der verstorbene Geheime Baurat Bohnstedt und der Regierungs- u. Baurat Vogel verdient gemacht haben, schließt sich der in der Zeit der Gründung des Bades gebräuchlichen Formgebung an, wie solche durch den ersten Erbauer des Bades Simon Louis du Ry bei seinen bekannten Schöpfungen in und um Cassel, z. B. am Schloß Wilhelmstal (vgl. Jahrg. 1908 S. 189 und Bl. 27 bis 30 d. Zeitschr.) angewendet wurde. Die einfach und groß wirkende Gesamtanlage mit ihrer eindrucksvollen Bogenform, der verwendete schöne Sandstein, eine vollendete Farbenwirkung und der anmutige bildhauerische Schmuck verleihen diesem Hauptbadehaue eine seiner Stellung und Bedeutung entsprechende monumentale, vornehme Erscheinung.

Die Bauausführung erfolgte in zwei Bauabschnitten jedesmal in den Monaten September bis April. Im ersten Winter wurde das Badegeschoß fertiggestellt und mit einem Notpappdach dem Betriebe zur Kurzeit übergeben, im zweiten Winter wurde der Bau zu Ende geführt. — Die Baukosten betragen 592 000 Mark einschließlich der 76 000 Mark kostenden Installationen. Die Möbeleinrichtung erforderte außerdem für das Badegeschoß 22 000 Mark und für die Logiergeschosse 47 000 Mark.

**Die Schlamm-badeanlagen und sonstigen Einrichtungen.**

Das Große Schlamm-badehaus (Abb. 1 u. 5 Bl. 10) besteht aus einer ersten Anlage aus den Jahren 1890 bis 1892 und zwei Erweiterungen, die dem Wachstum des Bades folgend in den Jahren 1901 u. 1902 und 1910 u. 1911 ausgeführt wurden.

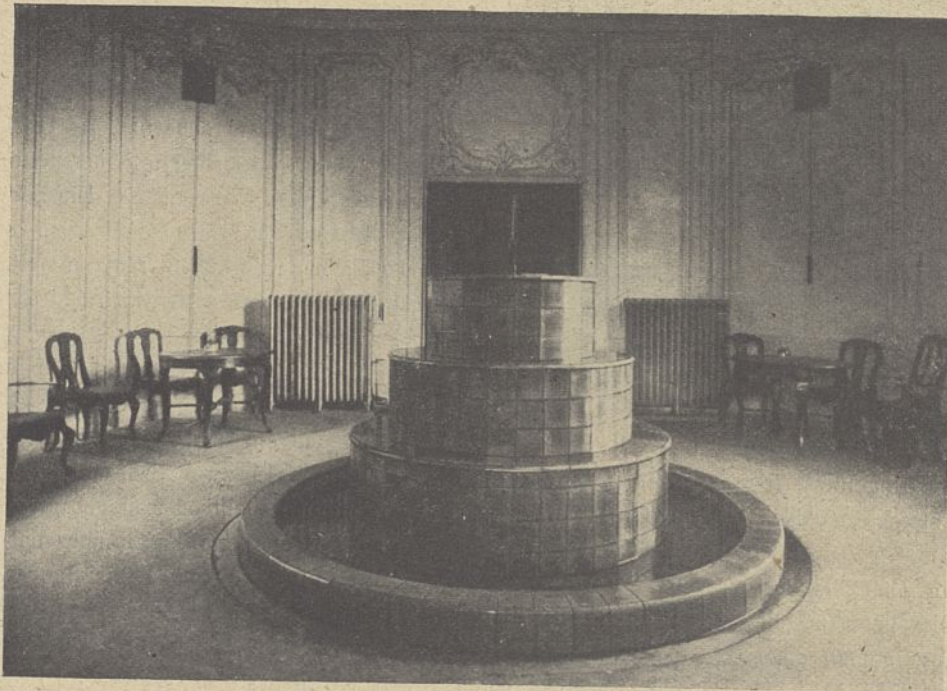


Abb. 11. Schwefelinhalatorium im Großen Badehaus.

Der älteste Teil stellt eine symmetrische Planung dar. Ein Mittelbau enthält die Eingangshallen, 14 Zellen für Teilschlamm-bäder und einige Sitzbadezellen. In den Flügeln befinden sich 16 Schlamm-badezellen mit den vor jeder Zelle angeordneten Ruheräumen. Im Obergeschoß des Mittelbaues ist die Wohnung des Maschinenmeisters untergebracht. In der Mittelachse schließt sich nach der Rückseite die Schlammküche an, von der aus beiderseits Wannenbahnen nach den Zellen führen. Weiterhin folgen die Betriebsräume mit Dampf-

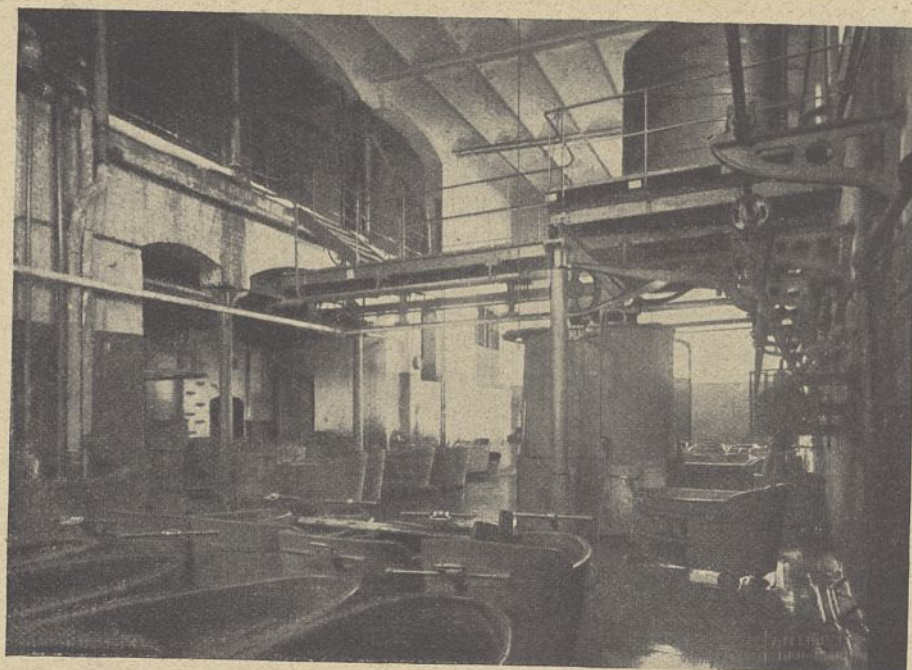


Abb. 12. Schlammküche im Großen Schlamm-badehaus.

maschine, Luftverdichter für die Inhalatorien und Schwefelduschen, Werkstatt, Dampfdrücker und Schlammühle sowie das Kesselhaus.

Die erste Anlage ist im Jahrg. 1895 S. 507 u. Bl. 64 bis 66 veröffentlicht, weshalb die obigen kurzen Erläuterungen hier genügen werden. — Der als erste Erweiterung entstandene nordöstliche Flügel wurde der ersten Anlage ohne bemerkenswerte Abweichungen angefügt. Um einen leichten Verkehr zwischen dem Aufbewahrungs- und Zubereitungsort der Wannen und den Badezellen zu gewährleisten, mußte eine möglichst eng um die Wannenhallen und Schlammküchen gruppierte Anordnung der Badeflügel gewählt werden, die zugleich einer guten Ausnutzung des beschränkten Bauplatzes Rechnung trug.

Der Hergang der Schlamm-bereitung in Nenndorf ist folgender. Im Herbst werden die großen gemauerten Schlamm-gruben mit der von ihrem Lagerorte angefahrenen Schlamm-erde gefüllt, wobei feste Bestandteile durch die über den Gruben aufgestellten Walzenmühlen zerkleinert werden. Während des Winters wird der lagernde Schlamm durch dauernde Überrieselung mit Schwefelwasser mit dessen Rückständen durchsetzt. Vor der Verwendung zu den Bädern wird der vorher trockengelegte Schlamm in Walzenmühlen unter Zusatz von Schwefelwasser durchgemahlen und sodann durch einen Dampfdrücker in die Bottiche der Schlammküchen (Text-Abb. 12) befördert. Hier wird die Masse auf die erforderliche Zähflüssigkeit gebracht und durch Rührwerke in gleichmäßiger Beschaffenheit bis zum Ablassen in die Wannen erhalten. — Die Wannen bestehen aus Pitchpineholz und sind auf drei Rädern fahrbar. Die endgültige Mischung zu den vom Arzte verordneten verschiedenen Dichtigkeitsgraden erfolgt in den Wannen selbst, ebenso auch die Erwärmung des Schlammes auf die vorgeschriebene Höhe.

Zu letzterem Zwecke werden die Wannen unter die an den Wänden der Schlammküche angebrachten maschinenmäßig betriebenen Dampfquirl gefahren, deren in einem Gelenk bewegliche Heizregister in die Wanne herabgelassen werden. Sodann wird unter Drehung des Quirls durch den Heizrohrbügel Dampf in die Schlammfüllung eingelassen, während die Wanne hin und her bewegt wird (Text-Abb. 12). Nachdem die Badetemperatur sehr schnell, in etwa einer Minute erreicht, ist, wird die Wanne nach der Zelle gefahren. Die Zellen enthalten neben den fahrbaren Schlammwannen hölzerne Reinigungswannen mit Duscheinrichtungen. Sie sind mit Wäschewärmeschranken ausgestattet und mit Pulsionsluftheizung versehen.



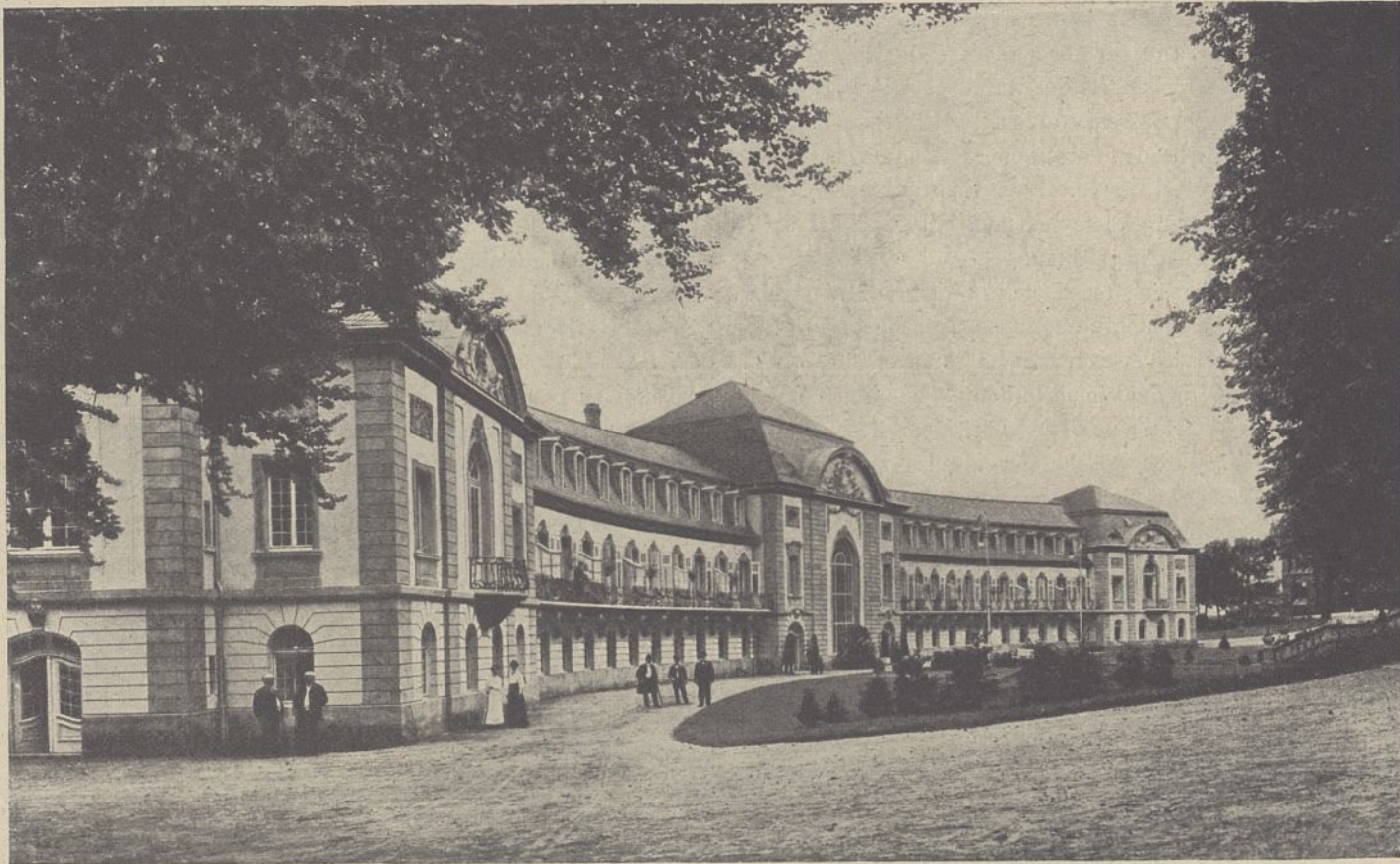


Abb. 13. Großes Badehaus.

Vor jeder Zelle befindet sich ein Ruhe- und Ankleideraum mit der für das nach jedem Schlammbad unerlässliche Ruhen und Nachschwitzen erforderlichen Ausstattung (Text-Abb. 15). — Bei Ausführung der Erweiterungsflügel wurde im Mittel-

punkt der neuen Anlagen eine zweite Schlammküche vorgesehen. Die sich ergebenden beiden Höfe wurden überdacht und als Wannenhallen hergerichtet. — Das Äußere der Erweiterungsflügel schließt sich der in Ziegelverblendung

durchgeführten Gestaltung des alten Teiles an.

Die erste Erweiterung umfaßte 16 Zellen mit den nötigen Nebenräumen und kostete 106 000 Mark einschließlich der 34 000 Mark betragenden Kosten der Installation und Wannenbeschaffung. Die Möbelausstattung erforderte weitere 2500 Mark.

Die Kosten der letzten Erweiterung mit 17 Zellen, Warteraum und Nebenraum beliefen sich auf 87 000 Mark einschließlich der 15 000 Mark kostenden Installation und Wannenbeschaffung, für Möbel wurden weitere 9700 Mark aufgewendet. Hierzu kamen die beiden Wannenhallen mit Schlammküche und Wannen im Kostenbetrage von 68 000 Mark.



Abb. 14. Brunnentempel auf der Esplanade und Mittelbau des Großen Badehauses.

In Verbindung mit der letzten Erweiterung wurde eine Schlammdruckleitung zur Abbeförderung des abgedateten Schlammes erbaut. Bisher war der verbrauchte Badeschlamm in Schlammgruben abgelassen worden, welche auf dem an das Badehaus anschließenden fiskalischen Gelände in beträchtlichem Umfange angelegt waren. Nach Einstellung des Badebetriebes wurde der getrocknete Schlamm mit Fuhrwerk nach geeigneten Lagerplätzen abgefahren.

Da diese Abfuhr sich teuer stellte, und außerdem ein Teil des von den Schlammgruben eingenommenen Platzes für die Erweiterung des Badehauses verwendet werden mußte, wurde eine maschinenmäßige Schlambeförderung zur Ausführung gebracht. Diese besteht aus einer gußeisernen Druckleitung von 100 mm l. W., durch welche der abgelassene Schlamm mittels einer Dampfammutpumpe fortlaufend nach dem etwa 3 km entfernten Ablagerungsplatz gedrückt wird. Um eine Erstarrung des Schlammbreies bei ruhendem Betriebe infolge Lufttritts in die fallende Leitung auszuschließen, wurde an der Auslaufstelle ein entsprechend hohes Standrohr mit Auslaufkrümmung angeordnet.

Die Schlamm-lagerung erfolgt auf einem für diesen Zweck angekauften landwirtschaftlich ertraglosen Gelände, welches sich in einer Niederung des Aueflüßchens befindet, die auf diese Weise allmählich aufgefüllt und nutzbar gemacht werden kann. Auf diesem Gelände ist auch ein geeigneter Platz für die Betriebsgebäude einer für das Bad in Aussicht genommenen Schwemmkanalesanlage vorgesehen. Die Kosten der Druckrohrleitung betragen 25 000 Mark, die der Pumpenanlage einschließlich Pumpenhaus weitere 14 500 Mark.

Das Kleine Schlamm-badehaus (Abb. 2 bis 5 Bl. 10). Da die Nenndorfer Schlambäder bei ihrer vorzüglichen balneotechnischen Zubereitung verhältnismäßig hohe Herstellungskosten verursachen und entsprechend hohe Bäderpreise erheischen, machte sich das Bedürfnis nach billigerer Badegelegenheit für Minderbemittelte und Freibädner geltend. Dazu wurde ein besonderer Neubau geplant, in dem die Schlambäder in gleicher Güte, aber billiger als im Großen Schlamm-bad gegeben werden konnten. Indem auf sparsamste Planung und tunlichste Einfachheit der äußeren und inneren Ausstattung Bedacht genommen wurde, ergaben sich verhältnismäßig geringe Anlagekosten, die eine billigere Bäderabgabe rechtfertigen.

Eine Verbilligung des Betriebes wurde namentlich auch durch getrennte Anordnung der Zellen und Ruheräume erreicht. Während bei einer zusammenhängenden Anlage von

Ruheraum und Zelle, wie sie im Großen Schlamm-badehaus durchgeführt ist, die Zellen während der Ruhezeit unbenutzt bleiben, wird hier eine volle Ausnutzung derselben ermöglicht. Da zugunsten der Raumersparnis die Zahl der Ruheräume nicht größer als die der Zellen angenommen wurde, erfolgt die Kleiderablage in den Zellen. Die Sachen werden in Kleiderschränken auf herausnehmbaren Gestellen aufbewahrt und dem die Zelle mit dem Ruheraum vertauschenden Badegast durch den Wärter mitgegeben.

Das Kleine Schlamm-badehaus, dessen Gesamtanordnung im Anschluß an die vorhandenen Schlammküchen und Wannenhallen zu treffen war, enthält 16 Badezellen, die sich um einen erhöhten Mittelraum gruppieren. In diesem mittleren Raume befinden sich, von den Zellen leicht erreichbar, die aus hölzernen Trennungswänden gebildeten Ruheabteilungen (Abb. 2 u. 4 Bl. 10). Die Badezellen erhielten unter Verzicht auf die Spül-

wannen Brausen und Schlauchduschen, welche sich zur Reinigung nach dem Schlamm-bad als ausreichend erwiesen haben.

Neben den Badezellen sind sechs Räume für Teilschlambäder, Räume für Wärter und Wasche sowie Abortanlagen vorgesehen.

Die Beheizung geschieht durch Radiatoren und glatte, unter den Fenstern des Mittelbaues angebrachte Heizrohre

für Lüftung ist durch Fensterluftklappen und Kippflügel hinreichend gesorgt.

Die Zufahrt der Wannen von der Schlammküche nach den Zellen erfolgt durch die an diese anschließenden Wannenhallen.

Der Aufbau stellt eine Konstruktion aus Eisenfachwerk, teilweise auch Massivwänden mit Ziegelverblendung dar.

Der Neubau wurde im Frühjahr 1906 begonnen und Anfang September dem Betrieb übergeben.

Die Baukosten beliefen sich auf 76 000 Mark einschl. der 17 500 Mark betragenden Installationskosten. Die Möbelausstattung kostete weitere 40 000 Mark.

Sonstige Anlagen. Von den zahlreichen Ergänzungen und Erweiterungen der baulichen und Betriebsanlagen, welche mit dem Wachstum des Bades nötig wurden, seien noch folgende wesentlichere Ausführungen erwähnt. Die Dampf-wäscherei (Abb. 5 Bl. 10) wurde nach und nach auf einen Maschinenbestand von drei Waschmaschinen, drei Schleudern und zwei Dampf-mangeln gebracht, welche bei achtstündiger Arbeitszeit eine Leistung von 800 großen und 800 kleinen gewaschenen und getrockneten Badetüchern ergeben.

Auch die zentrale Dampf-kesselanlage erfuhr allmählich Erweiterungen bis zu einem beträchtlichen Umfange.

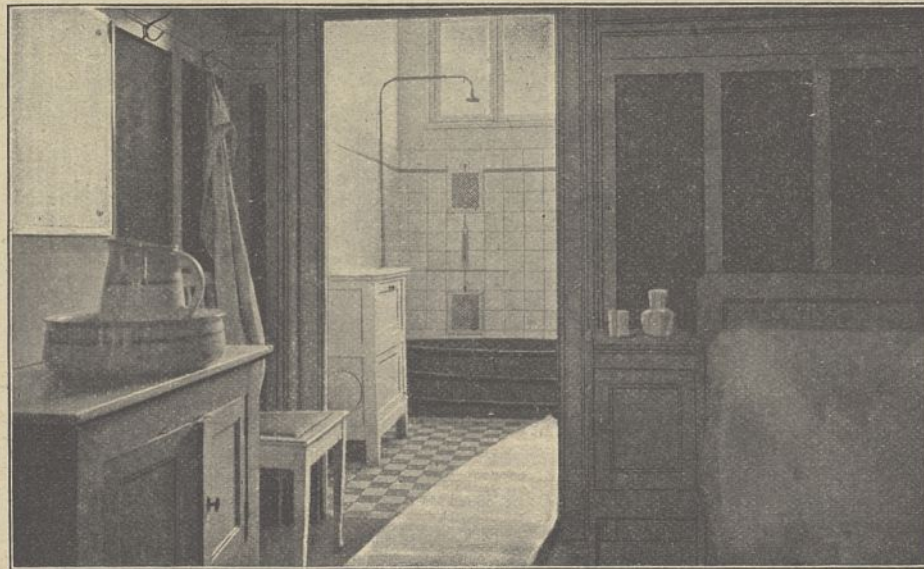


Abb. 15. Badezelle im Großen Schlamm-badehaus.

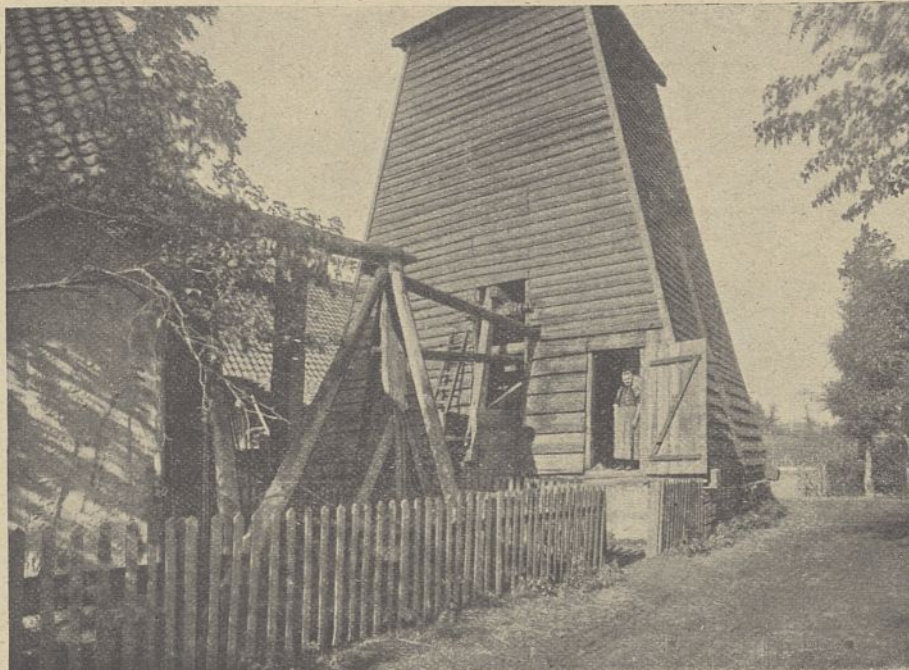


Abb. 16. Solpumpenturm in Soldorf.

Zurzeit sind drei Kessel von je 100 und zwei von je 80 qm Heizfläche vorhanden. Aus Anlaß der Kriegsverhältnisse wurde, um die Verwendung minderwertiger Kohlen, namentlich aus den nahe gelegenen Bantorfer Gruben, zu ermöglichen, Gebläsefeuerung eingerichtet, die sich gut bewährt hat. Eine 80 PS starke Dampfmaschine liefert die Betriebskraft für die laufenden Maschinen, teilweise unter elektrischer Übertragung, eine 50 PS Dampfmaschine sorgt in Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie für die elektrische Beleuchtung der gesamten fiskalischen Anlagen des Bades.

Das russisch-römische Bad wurde 1906 erweitert und neu ausgestattet.

In demselben Jahre erfolgte eine Neuanlage der aus dem Parkbereich verlegten Brunnengärtnerei mit Vermehrungs-, Warm- und Kaltheis, sowie Frühbeet- und anderen

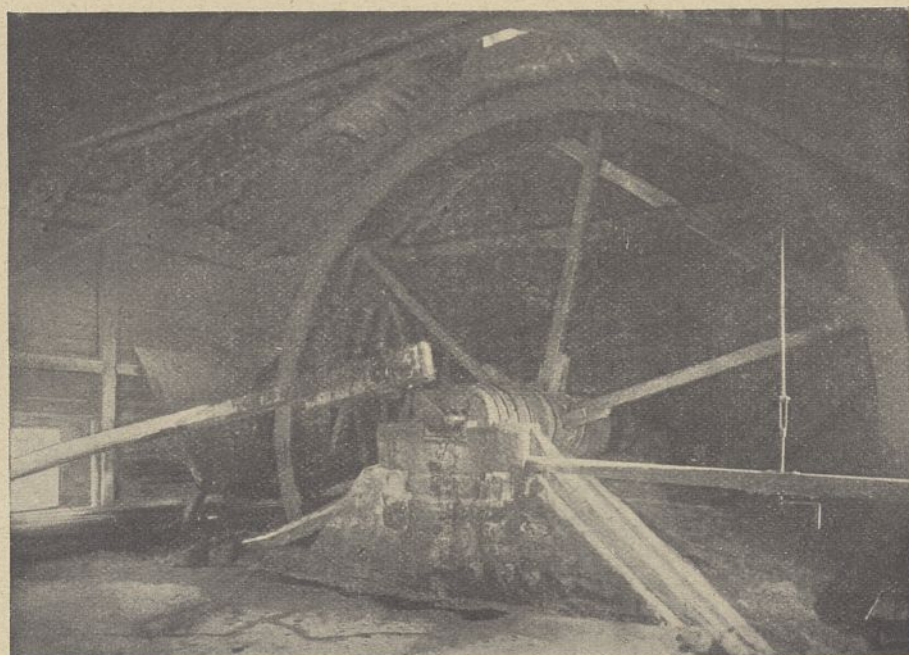


Abb. 17. Wasserrad der Solpumpenanlage in Soldorf.

Einrichtungen. Ein Wohnhaus für den Brunnengärtner fügt sich in einer den übrigen Neubauten des Bades angepaßten Bauweise der neuen Anlage ein (Text-Abb. 6).

Ein Zanderhaus (Abb. 6 Bl. 11) wurde im Frühjahr 1907 als einfacher eingeschossiger Fachwerkbau errichtet. Der im Mittelbau angeordnete Übungsraum enthält 13 Zanderapparate und Raum zur Aufstellung weiterer; vor demselben befinden sich Räume für Wärter und Arzt, und in den Flügeln sind, für Herren und Damen getrennt, Ankleide-, Ruhe-, Massageräume und die Abortanlagen untergebracht. Die Baukosten stellten sich auf 23 000 Mark, die Mobiliarkosten erforderten weitere 1900 Mark. Hierzu traten die Kosten der Zanderapparate mit 9500 Mark.

Im Sommer 1907 wurde zur Nutzbarmachung der fiskalischen Schwefelquellen bei dem benachbarten Algesdorf für das Bad eine 4,2 km lange Schwefelwasserleitung

erbaut. Da Holzrohre von geeigneter Beschaffenheit und in ausreichender Menge schwer zu beschaffen waren und bei einem Leitungsdruck von etwa 3 Atm. auch auf die Dauer nicht dicht zu halten gewesen wären, so wurde die Leitung aus gußeisernen dreifach asphaltierten Muffenrohren von 100 m l. D. hergestellt. Die Kosten betragen für die Leitung einschließlich der Quellenfassung und Sammelbehälter 24 000 Mark.

Eine Erneuerung der von Soldorf nach dem Bade führenden alten abgängigen Soleleitung von 6 km Länge erfolgte als gußeiserne Druckleitung von 100 mm l. W. im Jahre 1906, wofür ein Betrag von 32 000 Mark erforderlich wurde.

Der Solpumpbetrieb in Soldorf wird zurzeit noch durch eine aus alter Zeit stammende Anlage bewirkt. Ein hölzernes oberflächliches Wasserrad treibt mit einem primitiven Holzgestänge die Pumpe unmittelbar an (Text-Abb. 16 u. 17).

Die Herstellung weiterer Bohrlöcher und Anlage von Pumpen mit Turbinenantrieb ist in Aussicht genommen, um in Verbindung mit dem geplanten Neubau eines Solbadehauses und eines Gradierwerkes für eine Vermehrung der Solbäder zu sorgen, welche sich in letzter Zeit als notwendig erwiesen hat.

#### Kur- und Theatersaal, Musikhalle, Arkadengebäude (Abb. 2 Bl. 12).

Der alte im Jahre 1792 dem Arkadengebäude angefügte Kur- und Theatersaal erfüllte mit seinen unzulänglichen Abmessungen und der sehr mangelhaften Bühne seinen Zweck nur sehr unvollkommen. Außerdem war das aus Fachwerk bestehende Gebäude so abgängig, daß sein Ersatz durch einen Neubau mit der Zeit zu einer dringenden Notwendigkeit geworden war.

Der neue Kur- und Theatersaal (vgl. Text-Abb. 21), der in den Monaten Oktober 1908 bis Mai 1909 zur Ausführung gelangte, war wie der alte für gesellschaftliche Veranstaltungen, Konzerte und Theatervorstellungen bestimmt. Die bisherige Anordnung des Saales als Anbau an dem die Gesellschaftsräume enthaltenden Arkadengebäude wurde als günstig beibehalten.

Der neue Saal erhielt im mittleren Teil zwischen den Pfeilern Raum für 300 Sitzplätze, weiteren Platz bieten nötigenfalls die seitlichen breiten, um eine Stufe erhöhten Umgänge.

Mit Rücksicht auf die vielfach fußleidenden Kurgäste wurde auf Emporen verzichtet und der Saal auch für Rollstühle befahrbar angelegt.

Der Zugang erfolgt vom Arkadengebäude aus, in welchem die Kleiderablagen, ein Vorraum und die Abortanlagen angeordnet sind. Beiderseits im Saale sind unmittelbar ins Freie führende Türen als Notausgänge angebracht.

Die Bühne konnte nach den zur Zeit der Erbauung geltenden Vorschriften als „Saalbühne“ behandelt werden und hat einfache, aber für ein Sommertheater reichlich genügende Einrichtungen erhalten. Auf leicht zu handhabende Kulissenanlagen, die einen schnellen Auf- und Umbau mit wenigen Hilfskräften gestatten, wurde besonderer Wert gelegt. Vorhang, Bögen und Hintergründe hängen in Gegengewichtszügen und sind in den entsprechend frei als Schnürboden konstruierten Raum des Mansarddaches über der Bühne aufziehbar. Die Bühnenbeleuchtung ist mit Lichtregulator für drei gesondert regulierbare Farben eingerichtet und hat Schaltungen für Rampe, Soffitten, zwei Effektbeleuchtungen und die allgemeine Beleuchtung der Bühne und der Nebenräume.

Die Ankleideräume für die Schauspieler und eine Requisitenkammer schließen sich beiderseitig der Bühne an.

Bei Mitwirkung eines Orchesters bei Vorführungen auf der Bühne wird dessen Platz durch eine leichte Schranke aus Rahmen mit Stoffbespannung vom Zuschauerraum abgeteilt; andernfalls wird, um die Saalfläche voll für Sitzplätze ausnutzen zu können, die Schranke entfernt und in der Unterkellerung der Bühne beiseite gestellt, wo auch die Saalstühle Platz finden, wenn der Saal geräumt werden muß.

Die äußere Gestaltung steht im Einklang mit den alten du Ryschen und den neueren Hauptbauten des Bades. Die innere Erscheinung des Theatersaales befriedigt in hohem Maße. Die Baukosten beliefen sich einschl. Ausbaues des Vorraumes, Wandelganges und der Kleiderablage und einschl. der gesamten elektrischen Installationen und Bühnendekorationen und des Mobiliars auf 79 000 Mark, wovon auf die elektrische und sonstige Ausstattung der Bühne 12 500 Mark entfallen.

Die Musikhalle. (Abb. 7 u. 8 Bl. 11.) Für die im Freien auf der Esplanade stattfindenden Konzerte der Kurkapelle stand bislang nur ein im Jahre 1863 errichteter kleiner gußeiserner Rundtempel zur Verfügung, von dem aus die Musik nur wenig zur Geltung kommen konnte. Um eine wirkungsvollere Kurmusik zu ermöglichen, wurde der Bau einer geräumigeren, bis zu 50 Musikern fassenden, mit Muschel überbauten Musikhalle beschlossen und in den Jahren 1910 und 1911 in den Monaten Oktober bis April zur Ausführung gebracht.

Die Stellung der neuen Halle wurde auf der Diagonale in einer Ecke des Rechtecks der Esplanade gewählt, um

störende Echowirkungen von den umgebenden Gebäuden her zu vermeiden (vgl. Text-Abb. 6).

Da für einen kleineren Kurort wie Nenndorf als ständige Kapelle nur ein verhältnismäßig nicht sehr stark besetztes Orchester in Betracht kam, so war es hier sehr wichtig, seine Klangwirkung durch bauliche Mittel so sehr als möglich zu steigern. Für die allgemeine Gestaltung im Grundriß, Aufriß und Schnitt diente die akustisch vorteilhafte einfache Kreisform, an die sich ein schalltrichterartiger vorderer Teil anschließt. Die Ausführung geschah in Eisenbeton. Im Inneren der Muschel wurde zur Vermeidung glatter, den Schall hart zurückwerfender Flächen ein ziemlich stark aufgetragener Putzbewurf in zentimetertief gekämmten wegerichten Wellenlinien hergestellt und mit Terranovaspritzputz versehen.

Der senkrechte Teil der Muschel erhielt eine Holzverkleidung mit hohlliegenden Füllungen.

Der Fußboden des Orchesterraumes wurde in freier Spannung von Wand zu Wand in Holz, nicht stärker als die wirkliche Belastung erfordert, konstruiert, so daß er in der Art eines gut vibrierenden Resonanzbodens wirkt. Die Balken der drei Podien sind in möglichst großen freien Längen hohl verlegt und haben wie alle übrigen Balken an den Wandauflagern Glasunterlagen in Gestalt von Glasbausteinen erhalten, mit welcher Anordnung ein bei der Aufstellung von Flügeln übliches Verfahren, das durch Unterlegen von Glas die Klangwirkung günstig beeinflussen soll, befolgt worden ist.

Unter dem Fußboden befindet sich ein etwa 1 m tiefer mit Betonboden versehener Hohlraum.

Um den Schall nicht aufzuhalten, wurde die aus ästhetischen Rücksichten in Stein ausgebildete Brüstung mit reichlichen Öffnungen versehen, in denen bronzene Füllungsgitter angebracht sind.

Der Erfolg dieser Anordnungen ist ein sehr guter. Es ergab sich eine starke Resonanz der Musikhalle und eine volle Klangwirkung für den ganzen Esplanade-Konzertplatz, dessen Diagonale über 100 m mißt. Selbst Violinsoli werden auf verhältnismäßig beträchtliche Entfernung gut gehört. Die vortreffliche Wirkung der Musikhalle hat schon an anderen Orten zu ähnlichen errichteten Anlagen geführt.

Die Baukosten betragen einschließlich der Kosten der elektrischen Installation 11 000 Mark.

Das Arkadengebäude (Abb. 2 Bl. 12). Bereits im Jahre 1789, als eines der ersten Gebäude des Bades errichtet, wies der alte Arkadenbau sehr verbesserungsbedürftige Einrichtungen auf. Immerhin war das Gebäude so geräumig und gut erhalten, daß man durch einen gründlichen Umbau ein den jetzigen Anforderungen völlig genügendes Gesellschaftshaus mit verhältnismäßig geringen Mitteln erhalten hat.

Die Ausführung erfolgte in den Monaten Oktober bis April 1910/11 und bestand zunächst in einer wesentlichen Umgestaltung des Äußeren. Das Obergeschoß mit Satteldach, das nur wenig brauchbare Logieräume enthielt, wurde abgetragen und durch ein Mansardschieferdach ersetzt. Der Zugang zum Kur- und Theatersaal wurde durch einen Giebelaufbau hervorgehoben, während der nach dem Großen Badehaus hin liegende Gebäudeteil einen Pavillonabschluß erhielt. In diesem wurde ein Museum des Bades unter-

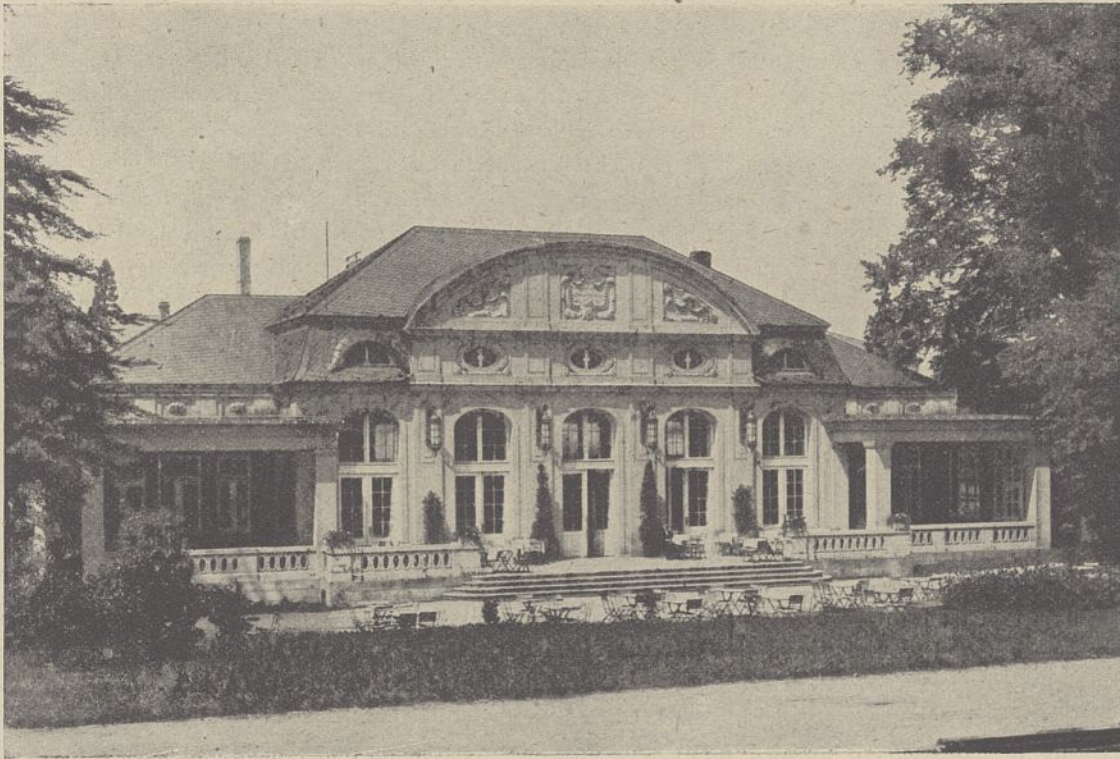


Abb. 18. Saalneubau des Kurhauses.

gebracht, im übrigen wurde ein teilweiser Ausbau des Dachraumes zu Logierzimmern vorgenommen.

Im Erdgeschoß wurden mit wenig baulichen Veränderungen Gesellschaftsräume gewonnen: ein großer Lesesaal, ein kleineres Lesezimmer, ein Schreibzimmer, Spielzimmer, Damen- und Musikzimmer, dem sich der Vorraum zum Kur- und Theatersaal anschließt.

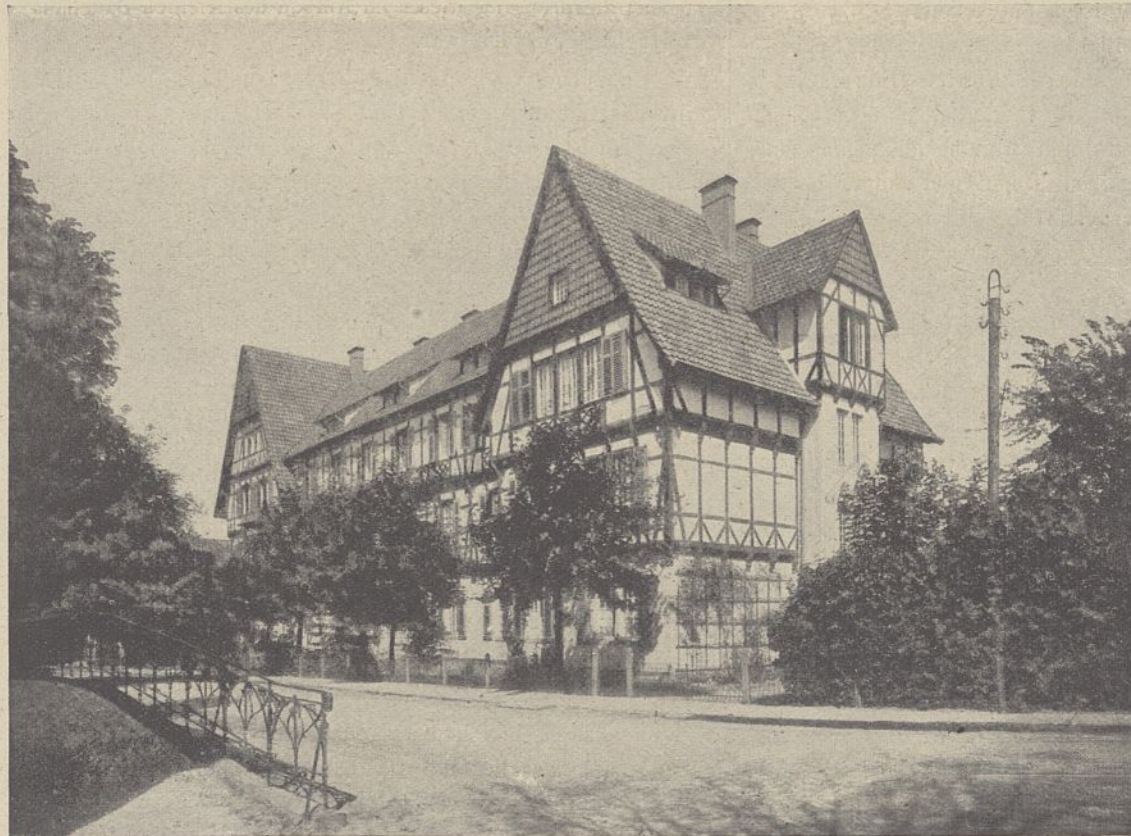


Abb. 19. Deisterhaus.

Der große Lesesaal wurde unter Verstärkung der Tagesbeleuchtung neu ausgebaut und mit entsprechender Ausstattung versehen.

In den übrigen Räumen erfolgten einfache Instandsetzungen und teilweise Möbelbeschaffungen.

Das Äußere erhielt auf den Fachwerkwänden eine Putzgliederung in Terranova auf wasserdichtem Unterputz und fügt sich in seiner neuen Erscheinung dem baulichen Gesamtbild des Bades harmonisch ein.

Die Baukosten beliefen sich auf 69 000 Mark. Für Möbelbeschaffungen wurden weitere 6500 Mark aufgewendet.

#### Die Logierhäuser.

Zur Zeit der Gründung des Bades war es in Ermangelung anderer Unterkunftsmöglichkeiten notwendig gewesen, eine Reihe von Logierhäusern mit dem nötigen Wirtschaftsbetrieb für die Kurgäste zu errichten. Hieraus ergaben sich die heute bestehenden drei fiskalischen Pachtungen: Kurhaus, Haus Hannover und Haus Cassel, zu deren jeder neben dem zentralen Stammhaus mit dem Wirtschaftsbetrieb mehrere Einzelhäuser gehören, die sich um die Badeanlagen gruppieren und, von schönen Parkanlagen umgeben, den Kurgästen einen ruhigen, angenehmen Aufenthalt bieten.

Die in vielen Beziehungen trotz fortlaufender Verbesserungen mit der Zeit unzulänglich gewordenen Einrichtungen der Pachtungen bedurften neuerdings einer gründlichen Um- und Ausgestaltung, um den heutigen gesteigerten Anforderungen zu genügen. Die vorhandenen Unterkunftsräume reichen bei der gewaltigen Steigerung der Besucherzahl kaum

noch aus, so daß voraussichtlich zur Erbauung weiterer Logier-räume geschritten werden wird.

Der Kurhauspachtung sind neben den Logierräumen im Kurhause die im Großen Badehause und im Schloßchen vorhandenen Logierzimmer zugeteilt, so daß sie zusammen 120 Zimmer umfaßt.

Zur Abhaltung der gemeinsamen Mittagstafel war dem Pächter längere Zeit der alte Kur- und Theatersaal, dem eine Küchenanlage angefügt war, überwiesen. Da nach dem Neubau des Saales eine volle Beanspruchung desselben für seine eigentlichen Zwecke eingetreten war, wurde beschlossen, einen Saalbau mit Wirtschaftsbetrieb am Kurhause zu errichten, in dem allen Ansprüchen der Besucher dieses ersten Hotels des Bades Rechnung getragen werden konnte.

Die Lage des Speisesaal-Neubaues (Abb. 1 bis 4 Bl. 11) wurde derart an der Rückseite des Kurhauses geplant, daß eine bequeme Verbindung zwischen diesem und dem am Galenberg sich hinaufziehenden Park, die bisher noch fehlte, geschaffen und der Saalbau selbst mit den an dieser Stelle besonders schönen alten Parkanlagen in enge Berührung kam. Das Saalgeschoß wurde über den Vorplatz nach dem Park zu um wenige Stufen erhöht und ist vom Kurhause durch einen an dessen Haupttreppenhaus anschließenden kurzen Verbindungsgang zu erreichen. Der auch für Rollstühle eingerichtete Personenaufzug des Kurhauses hat in Saalhöhe eine Haltestelle. Der Mittelachse des Bades folgend gelangt man durch Eingangshalle und Haupttreppenhaus des Kurhauses in den Saalbau, der sich mit seiner Front und Terrasse dem Park zuwendet (Text-Abb. 18 u. Abb. 2 Bl. 11).

Das für den Wirtschaftsbetrieb bestimmte Untergeschoß (Abb. 4 Bl. 11) des Saalbaues schneidet in das ansteigende Park-gelände ein und tritt daher nach dort nicht in Erscheinung, während es nach der andern Seite die volle Geschoßhöhe mit guten Licht- und Luftverhältnissen entwickelt.

Das Saalgeschoß (Abb. 3 Bl. 11) umfaßt den großen Speise-saal, einen kleinen Frühstückssaal, ein Herren-, ein Damen-zimmer, sowie eine teilweise mit Pfeilerhallen überdeckte Terrasse. Der Speisesaal hat durch Wandbekleidungen von Kunstmarmor und Stoff in gelben Tönen und durch schön-gegliederte Wand- und Deckenausbildung eine vornehme, aber dabei behagliche Wirkung erhalten, was auch von den Neben-sälen gilt.

Das Mansardgeschoß über dem Saal ist zu Dienerschafts-räumen ausgebaut.

Das Wirtschaftsgeschoß enthält nach der Hofseite die Kochküche, den Anrichterraum mit elektrischen Speiseauf-zügen, die auch nach der Seite der Spülküche eine Ausgabe haben, den Kupferspülraum, Geschirrschrankraum, die Spül-küche, Kaffeeküche, die Leutestube und den Leuterraum.

Nach der Bergseite liegen die Kalte Küche und einige Kellerräume, der Mittelraum unter dem Saal ist zu einem geräumigen Eiskeller mit Fleischraum und allgemeinem Kühl-raum ausgenutzt. Die Füllung geschieht durch Einwurf vom Park aus und reicht für den Bedarf der ganzen Kurzeit aus.

Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, die Geräusch- und Hitzeentwicklung aus der Küche und den anderen un-teren Räumen nicht nach den darüberliegenden Gesellschafts-räumen dringen zu lassen. Dies wurde durch Anbringung von aufgehängten Zementtrabitzdecken unter den Massivdecken

und Ausfüllen der Zwischenräume mit Torfmüll in vollkom-mener Weise erreicht.

Die Außenarchitektur (Text-Abb. 18) ist der Formgebung der alten und neuen Hauptbauten des Bades angepaßt und tritt in ruhiger Gliederung zu der sie umgebenden großwirk-nden Parklandschaft in ein harmonisches Verhältnis.

Die Bauausführung geschah in zwei Abschnitten außer-halb der Kurzeit. In den Monaten Oktober bis April 1910/11 wurde der äußere Bau einschließlich Verputz fertiggestellt, in denselben Monaten 1911/12 folgte der innere Ausbau.

Gleichzeitig mit diesem wurde das Kurhaus einer besseren Ausstattung unterzogen, wozu die Anlage eines elektrischen Personenaufzuges, eine Niederdruckdampfheizung, eine Licht-signalanlage und sonstige Verbesserungen, ferner auch eine teilweise Neubeschaffung von Möbeln gehörten.

Die Kosten des Speisesaalbaues mit Hof- und Neben-anlagen betragen 154 000 Mark, weitere 20 000 Mark er-forderte die Möbel- und wirtschaftliche Ausstattung.

Für die Verbesserungen im Kurhaus wurden 40 000 Mark, für die Mobiliargänzung weitere 85 000 Mark aufgewendet.

Hotelpachtung „Haus Hannover“ (Abb. 1 Bl. 12 u. Text-Abb. 20). Zur zweiten fiskalischen Hotelpachtung „Haus Hannover“ gehörte seit alten Zeiten als Stammhaus ein schon 1789 vom Gründer des Bades angekauft und als „Garküche und Traiteurhaus“ eingerichtetes Gebäude, welches eine Gast-wirtschaft, Logierzimmer und die Wohnung des Pächters ent-hielt. Weiterhin waren der Pachtung von alten Häusern das ebenfalls aus der ersten Anlage des Bades stammende Galerie-gebäude und der 1795 errichtete „Große Bau“ zugewiesen.

Die Hotelanlage wurde 1886 mit einem Speisesaalbau mit oberen Logierräumen und einem neuen Küchenflügel versehen. 1906 wurde ihr das „Deisterhaus“ angegliedert, das, ursprünglich als Logierhaus für die „Freibädner“ erbaut, nach Unterbringung dieser im Aufbau des Kleinen Badehauses verfügbar geworden war.

Das Deisterhaus (Abb. 5 Bl. 11 u. Text-Abb. 19), das in seiner Formgebung der landesüblichen hessischen Bauweise angepaßt ist, wurde vom April 1904 bis Mai 1905 errichtet und enthält in einem massiven Erdgeschoß und zwei Ober-geschossen von Eichenholzfachwerk 33 Logierzimmer, einen Kaffeesaal, Kaffeeküche und Veranden in allen Geschossen. Das Haus ist etwa zur Hälfte unterkellert.

Die Baukosten betragen 63 600 Mark, für die Möbel-beschaffung wurden weitere 6 000 Mark verausgabt.

Inzwischen war das aus überputztem Fachwerk be-stehende Stammhaus so baufällig geworden, daß es einer Erneuerung bedurfte. Der Neubau kam von September 1910 bis Oktober 1911 neben dem alten Hause, das bis zur Fertigstellung des neuen in Benutzung bleiben mußte, zur Ausführung. Im folgenden Winter wurde auf der Stelle des abgebrochenen alten Hotels eine neue Speisehalle errichtet und die Küchen- und sonstigen Anlagen umgebaut und ergänzt.

Die neue Hotelanlage (Abb. 1 Bl. 12) enthält im Erd-, ersten Obergeschoß und ausgebauten Attika-Mansardgeschoß: eine Empfangshalle, ein Gastzimmer, eine Speisehalle, den Bierausschank, ferner 24 Logierzimmer, Aborte, Bad und Nebenräume, sowie die Wohnung des Pächters. Insgesamt umfaßt die Pachtung jetzt etwa 160 Logierzimmer.

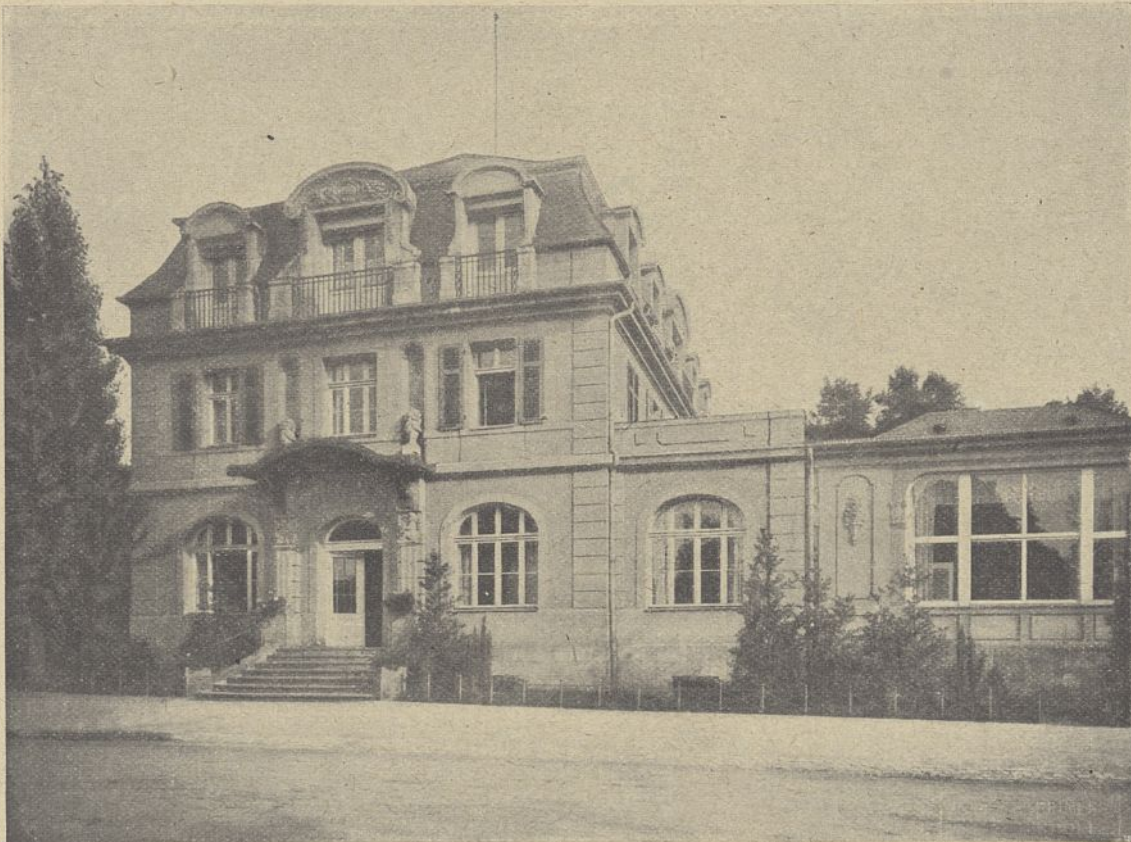


Abb. 20. Haus Hannover.

Die Architektur des neuen Hauses (Text-Abb. 20) schließt sich den Formen der übrigen Hauptbauten des Bades an. Die Außenflächen zeigen Terranovaputz, für den Sockel und am Eingangportal wurde Sandstein verwendet. Der innere Ausbau ist bei durchaus massiver Bauart in einfacher aber würdiger Weise durchgeführt.

unterzogen werden, der von Oktober 1911 bis April 1912 durchgeführt wurde.

Ein nordöstlich angefügter Anbau verschaffte dem Hause eine Erweiterung durch einen kleineren Speiseraum und einige darübergelegenen Logierzimmer. Daneben wurden die Gasträume umgebaut und neuzeitlich eingerichtet, ferner eine Niederdruckdampfheizung angelegt, und die Kochküche, Kaffeeküche und der sonstige Wirtschaftsbetrieb neu hergerichtet, von welchem auch die Bewirtschaftung des Esplanade-Konzertplatzes und des Kursaales erfolgt.

Das Äußere wurde mit neuem Verputz in Terranova auf wasserdichtem Unterputz in schlichter Behandlung versehen (Text-Abb. 21).

Nach dem Umbau enthält das Haus Cassel: Gastzimmer, Speisezimmer, Bierausschank und Nebenräume; ferner 26 Logierzimmer und die Wohnung des Pächters. Der Pachtung sind die Obergeschosse des Landgrafenhauses mit 12, und im Mansardgeschoß der

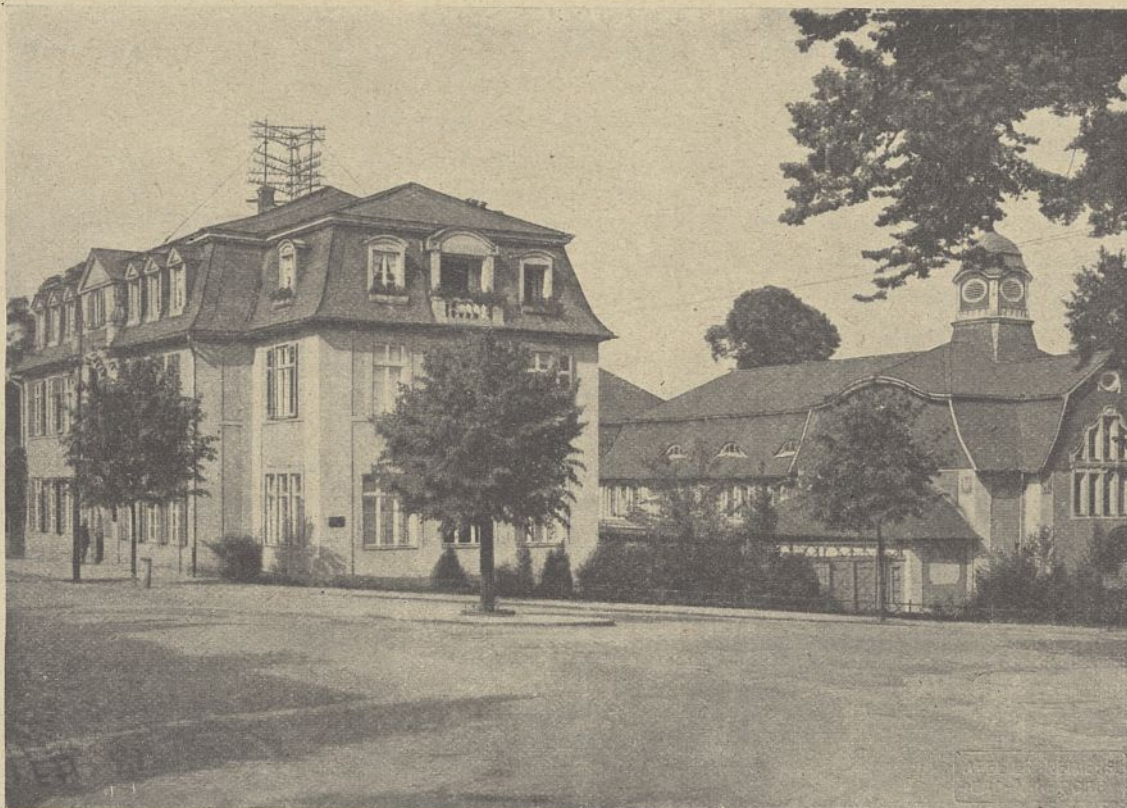


Abb. 21. Haus Cassel und Kur- u. Theatersaal.

Arkaden 7 Zimmer zugeteilt, so daß sie insgesamt 45 Zimmer umfaßt.

An Baukosten wurden 64000 Mark aufgewendet, die Möbelausstattung der Gast- und Logierräume erforderte weitere 9000 Mark.

Die bauliche Erneuerung der Anlagen des Bades war hiermit im wesentlichen durchgeführt. Insgesamt wurden hierfür 2650000 Mark aufgewendet. Den Erweiterungen

und Verbesserungen ist ein ständiges Wachsen der Besucherzahl gefolgt, die in den letzten zwei Jahrzehnten von 2500 auf 6000 gestiegen ist. Die Zahl der in der Hauptkurzeit abgegebenen Bäder betrug in den letzten Jahren rund 100000 Schwefelbäder und 30000 Schlammvollbäder, womit seit dem Jahre 1892 die Zahl der Schwefelbäder nahezu um das Vierfache, die der Schlammbäder fast um das Zehnfache sich gesteigert hat.

(Fortsetzung folgt.)

## Der Schifffahrtweg „Cleve—Rhein“ (Spoy-Kanal).

Vom Baurat Berkenkamp † in Düsseldorf.

(Alle Rechte vorbehalten.)

### A. Geschichtliches.

Der erste Ausbau. Die von der Stadt Cleve bis zur Mündung in den Rheinstrom führende Schifffahrtstraße ist eine der ältesten des preußischen Staates. Im Jahre 1666 stellte der damalige Statthalter der clevischen Lande, Prinz Moritz von Nassau-Siegen, einen Entwurf für einen Handelswasserweg auf zwischen dem Clever Tiergarten und dem Rhein. Als dieser Plan scheiterte, legte die Stadt Cleve den Staatsbehörden einen neuen billigeren vor, der die vorhandenen Wasserläufe, den Kirmesdahlbach sowie den Griethausener Altrhein verfolgte, mit einer hölzernen Kammersehleuse innerhalb des Banndeiches bei der Ortslage Brien. Der für damalige Zeiten großzügige Entwurf wurde mit den Vorteilen begründet, die Cleve besonders in einer billigen Beförderung von Steinkohlen und Kolonialwaren erhoffte. Am 23. Juni 1688 erteilte der Kurfürst Friedrich III. der Stadt Cleve die Erlaubnis zur Ausführung dieses Schifffahrtweges mit dem Rechte, von jedem die Schleuse und den Kanal durchfahrenden Schiff für die geladenen Waren auf Grund einer erlassenen Schleusenordnung ein Durchfahrt- oder Zollgeld zu erheben. Der Ausbau des Wasserweges erfolgte alsbald, genauere Angaben über Verkehrsentwicklung und dergleichen fehlen jedoch; während die Stadt den Zoll zunächst durch eigene Beamten einzog, wurde die Erhebung vom Jahre 1769 ab verpachtet.

Das außergewöhnliche Rhein-Hochwasser im Januar 1809 zerstörte den Brienener Deich, sowie die halbe Schleuse und verschlammte die Kanalhaltung auf eine beträchtliche Länge. Damals büßte auch die im Goetheschen Gedichte verherrlichte heldenmütige Johanna Sebus ihr Leben ein, der von Napoleon I. 1811 in der Nähe der Schleuse ein heute noch gut erhaltenes Denkmal gesetzt wurde, ein mächtiger Stein, auf dem eine auf dem Wasser treibende Rose eingemeißelt ist. Wenn der Sand im Kanal auch ausgebagert wurde, so konnten die von Cleve kommenden Fahrzeuge doch nur bis zur Schleuse gelangen, wo die Güter in andere Schiffe übergeladen werden mußten, weil die zerstörte Kammersehleuse durch eine einfache Flutschleuse ersetzt war, die ein Durchfahren nur bei gleicher äußerer und innerer Wasserhöhe gestattete.

Der zweite Ausbau. Dieser den Wasserweg fast wertlos machende Zustand dauerte bis 1843. Zunächst wurden 1820 infolge eines Sondergesuches des Clever Magistrats drei Entwürfe für die Wiederherstellung des Wasserweges aufgestellt, von denen jedoch keiner zur Aus-

führung kam. 1835 wurden die Gesuche erneuert, bis schließlich die Düsseldorfer Regierung die Wiederherstellung der Wasserverbindung als das einzig wirksame Mittel bezeichnete, dem stetig im Rückschreiten begriffenen Wohlstande der altpreußischen Stadt Cleve aufzuhelfen, und die Bearbeitung eines Kostenanschlages anordnete, der mit 69500 Reichstalern abschloß, von welchem Beträge die Stadt die Hälfte zahlen und die andere Hälfte aus Staatsmitteln erbeten werden sollte. Durch Allerhöchste Verordnung vom 3. März 1843 wurde jedoch die Übernahme der gesamten Baukosten durch den Staat unter der Bedingung genehmigt, daß Cleve auf die ihr aus der früheren Verleihung zustehenden Ansprüche auf Schleusen- und Kanalzoll zu verzichten habe, was auch erfolgte. Die Ausbaukosten wurden auf 143363 Reichstaler 7 Sgr. 10 Pf. festgesetzt, so daß die gesamten Anlagekosten bis zum Jahre 1902 rd. 778670 Mark betragen. Nach dem Umbau von 1843/44 hatte man erwartet, daß die Befahrung der Wasserstraße mit Fahrzeugen von 300 t Tragkraft ungehindert durchgeführt werden könnte, was jedoch bei kleinen Wasserständen im Altrhein unmöglich war.

Der dritte Ausbau. Da die Schleusen- und Fahrwasserhältnisse dem wachsenden Schiffsverkehr nicht mehr genügten, wurden von 1901 bis 1907 drei weitere Umbauentwürfe aufgestellt, woraufhin von 1907 bis 1910 für Fahrzeuge von 600 t Tragkraft eine einschiffige Verbreiterung und Vertiefung der Kanalhaltung bis + 0,22 sowie der Altrheinstrecke bis — 2,0 m a. P. B. (Pegel Brien) und der Bau einer neuen massiven Kammersehleuse durchgeführt und ferner von 1913 bis 1915 eine Vertiefung des ganzen Griethausener Altrheins bis auf — 2,50 m a. P. B., wobei die Strecke von Griethausen bis zur Schleuse einschiffig, aber die weitere bis zum Rheinstrom unter Befestigung der Ufer zweischiffig ausgebaut wurde, so daß das staatlicherseits aufgewendete Gesamtanlagekapital bis zum Jahre 1915 rd. 1900000 Mark betrug.

Zwecks Sicherstellung dieser Verbesserung der Wasserstraße mußte die Stadt Cleve durch Vertrag im Jahre 1908 dem Staate gegenüber die Sicherheit übernehmen für eine Verzinsung von 3 vH. und eine Tilgung von 1/2 vH. einer damals geschätzten Bausumme von 600000 Mark, soweit diese nicht aus den Mehreinnahmen des Wasserweges nach dem Ausbau gedeckt werde. Die durchschnittliche Einnahme der letzten Jahre wurde hierbei auf 10000 Mark angenommen,



so daß der Minderertrag der Kanaleinnahme bis zur Höhe von  $10\,000 + 21\,000 = 31\,000$  Mark, in einem Jahre nicht mehr als 21 000 Mark zu decken sind. Als Gegenleistung wurde an die Stadt Cleve die Kanalhaltungstrecke von km 0,0 bis  $1,7 + 77$  nebst Zubehör, sowie der links von km 0,3 bis 0,4 gelegene staatliche Hafen als Eigentum kostenlos abgetreten, und ferner wurde durch Allerhöchste Kabinettsorder bestimmt, daß die innerhalb bestimmter Zeitabschnitte (von  $2 \times 30$  Jahren und dann bis zur vollständigen Tilgung des Baukapitals von 600 000 Mark) geleisteten baren Zuschüsse nach deren Beendigung der Stadt vom Staate insoweit zurückerstattet werden, als die Zuschüsse zuzüglich der Schiffahrt-abgaben innerhalb des betreffenden Zeitabschnittes die Summe der gewährleisteten Jahreserträge von 31 000 Mark übersteigen.

**B. Rechtsverhältnisse.**

**Verwaltung.** Der bei km  $1,7 + 77$  beginnende staatliche Teil des Schiffahrtweges untersteht bis km 9,4 dem Regierungspräsidenten in Düsseldorf (Wasserbauamt II Düsseldorf), während die bei der Rheinregulierung ausgebaute Mündungstrecke von km 9,4 bis 10,3 von der Rheinstrombauverwaltung (Wasserbauamt Wesel) beaufsichtigt wird. Die örtliche Aufsicht führt ein in Wardhausen wohnhafter Strommeister, der auch seit 1913 den Schleusendienst versieht. Die Leinpfadlast ist als dingliche Belastung für Grundstücke eingetragen, die nicht im Besitze des Staates sind.

Während früher jedes von Holland kommende Schiff zur zollamtlichen Abfertigung zunächst nach Emmerich mußte, ist der Schiffahrtweg von Ende 1909 ab zur Zollstraße erklärt worden. Bei den Hebestellen in Keeken und Cleve werden nebenamtlich von den Zollbeamten gleichzeitig die Schiffahrtabgaben eingezogen.

**Fischerei- und Jagdgerechtsame.** Die Fischerei gehört von km 0,0 bis  $1,7 + 77$  der Stadt Cleve und weiter bis zum Rheinstrom dem Staate und wird von der Forstverwaltung verpachtet. Auf den Wasserflächen der eigentlichen Schiffahrtstraße ruht die dem Staate gehörende Jagd.

**C. Technische Einzelheiten.**

**Linienführung.** Die Strecke von Cleve bis zur Schleuse ist fast geradlinig, vgl. den Übersichtsplan Abb. 1, während die Fahrrinne im Altrhein den vorhandenen Krümmungen bei möglicher Vermeidung von Halbmessern mit weniger als 500 m Länge folgt. Im Unterwasser der Schleuse ist ein Schiffswendeplatz vorgesehen. Die Kanalhaltung ist einschiffig und die Altrhein-strecke zweischiffig ausgebaut. Für das Überholen von Fahrzeugen sind auf dem linken Ufer der Kanalstrecke drei Ausweichen von je 100 m nutzbarer Länge vorgesehen, deren 8,0 m breite Sohle auf  $+ 0,87$  m a. P. B. (Pegel Brienen mit dem Nullpunkt bei

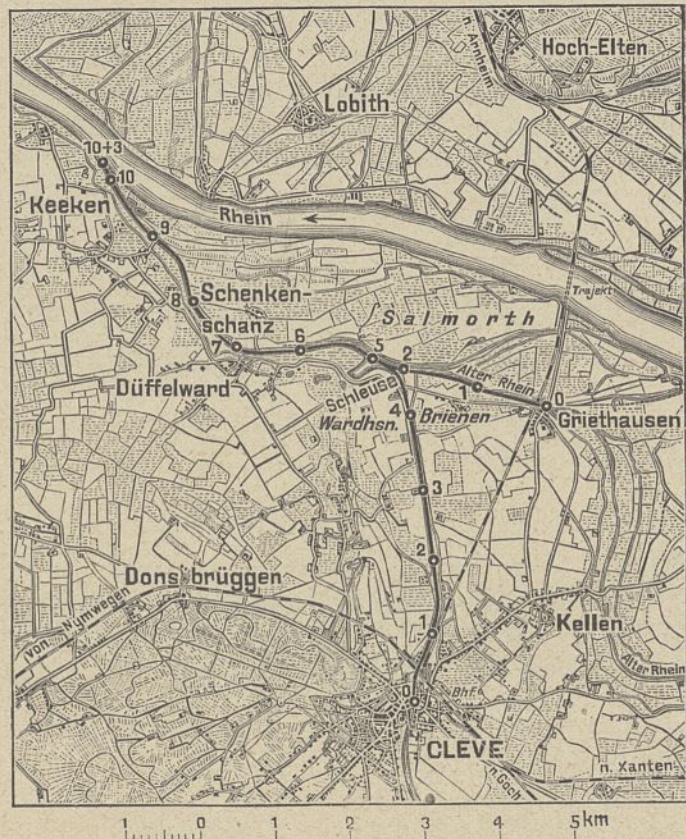


Abb. 1. Übersichtsplan.

+ 8,815 m N.N.) liegt, so daß sich eine Gesamtwasserspiegelbreite von 27,9 m ergibt (vgl. Abb. 3). Zur Durchführung einer ungehinderten Schiffahrt im Altrhein sind für die geraden Strecken des Fahrwassers von der Anseglungslinie aus deutlich sichtbare Landbaken gesetzt und die Krümmungen durch rote bzw. schwarz gestrichene Schwimmbojen kenntlich gemacht.

**Längen- und Querschnitt.** Das Gefälle der Wasserstraße ist nicht nennenswert. Der Längenschnitt ist in Abb. 2 dargestellt. Die Sohle der Kanalhaltung liegt auf  $+ 0,22$  m und die des Altrheins auf  $- 2,50$  m a. P. B. Der normale Kanalwasserstand liegt nach Übereinkunft mit der Deichschau Cleverhamm vom 28. Mai 1843 mit Rücksicht auf die Landeskultur bei  $+ 12,19$  m N.N. =  $+ 3,22$  m a. P., so daß für gewöhnlich 3 m Wassertiefe vorhanden sind. Der Kanalwasserstand wird infolge Drängewassers bei höheren Rheinwasserständen überschritten.

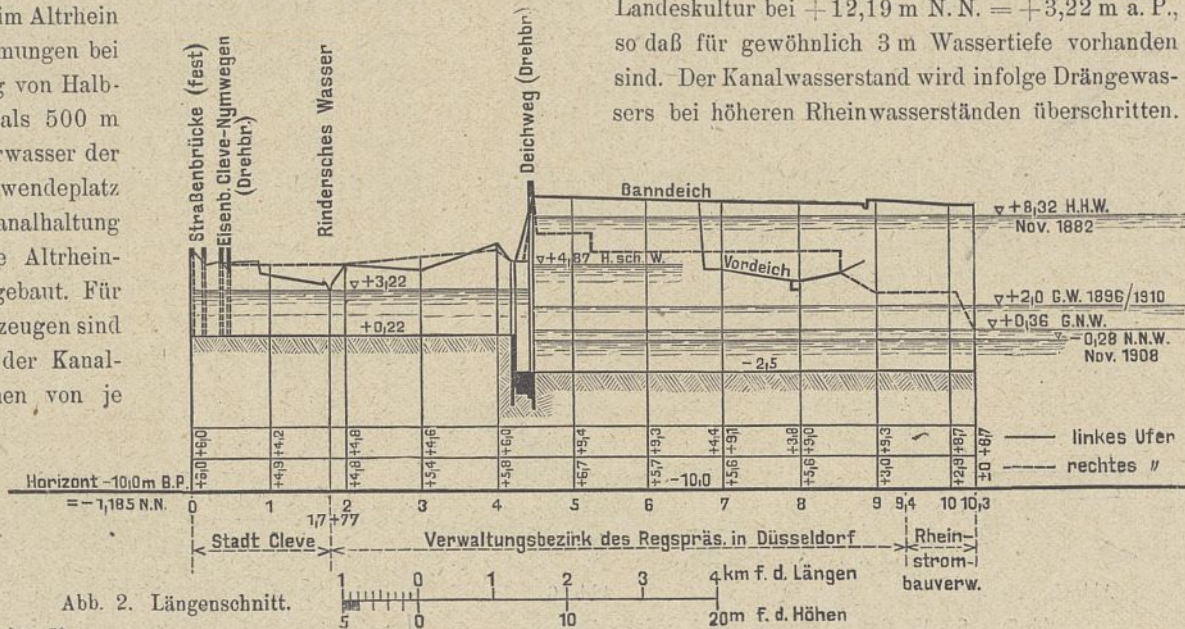


Abb. 2. Längenschnitt.

Die Querschnitte der Kanal- und Altrheinstrecke sind in Abb. 3 und 4 wiedergegeben. Das Verhältnis des eingetauchten Schiffsquerschnittes eines 600 t-Kahnes von  $0,8 \cdot 1,75 = 14,0$  qm zum vorhandenen Wasserquerschnitt ergibt sich bei den verschiedenen Wasserständen aus der

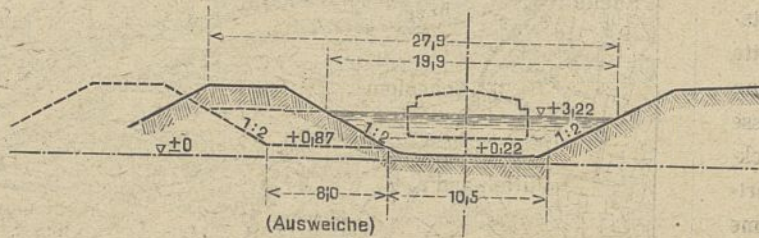


Abb. 3. Kanalquerschnitt.

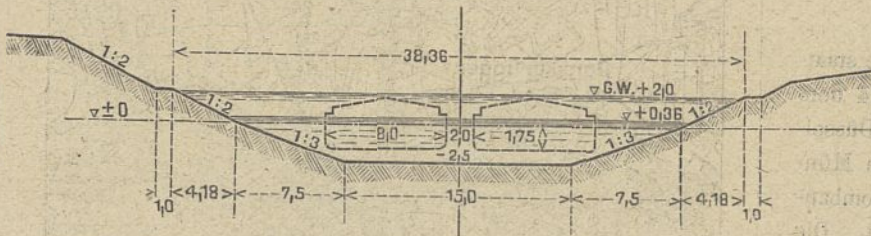


Abb. 4. Altrhein-Querschnitt.

nachfolgenden Zusammenstellung. Vergleichsweise sei angeführt, daß bei Normalwasserstand z. B. der Oder-Spreekanal bei Wernstorf bei 3,20 m Wassertiefe und 31,7 m Wasserspiegelbreite 70,45 qm Wasserquerschnitt und der Großschifffahrtweg Berlin—Stettin in der Dichtungsstrecke bei 3,0 m Tiefe und 33,0 m Breite 67,69 qm Wasserquerschnitt hat.

Wasser-				Es verhält sich der Schiffsquerschnitt zum Wasserquerschnitt wie 1:
Stand am B. P. m	Spiegelbreite m	Tiefe m	Querschnitt qm	
I. Kanalhaltung (einschiffig)				
+ 3,22	19,9	3,00	45,60	3,26
II. Altrheinstrecke (zweischiffig)				
+2,00 G.W. 1896/1910	38,00	4,50	124,25	8,88
+0,50	32,00	3,00	71,75	5,13
+0,36 G.N.W.	31,44	2,86	67,31	4,81
± 0	30,00	2,50	56,25	4,02
-0,28 N.N.W. 19. XI. 1908	28,32	2,22	48,09	3,44

Im staatlichen Teil der Kanalhaltung sind, abgesehen von einigen Rasenböschungen, rd. 1290 m Länge gemäß Abb. 5 sowie rd. 3430 m Uferlänge nach Abb. 6 und im Altrhein rd. 5900 m Uferlänge nach Abb. 7 mit Steinvorlagen befestigt, während unterhalb km 9,4 mit Steinpflaster abgedeckte Parallelwerke ausgebaut sind.

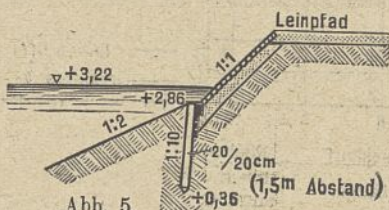


Abb. 5.

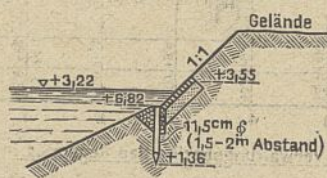


Abb. 6.



Abb. 7. Uferschutz im Altrhein.

In der städtischen Kanalstrecke sind die rechtsseitigen Uferböschungen nach Abb. 5 ausgebildet, während links fast durchweg Rasenabdeckungen vorhanden sind.

Wegeüberführungen. Der städtische Kanalteil wird von zwei festen eisernen Straßenbrücken überspannt sowie von zwei eisernen Eisenbahn-Drehbrücken für die Staatsbahnstrecke Cleve—Nymwegen sowie für das Gaswerk und die neue städtische Werft. Der staatliche Teil der Schifffahrtstraße wird nur durch einen Deichweg mittels einer eisernen Drehbrücke über dem Unterhaupt der Schifffahrtsschleuse gekreuzt und in km 0,1 + 40 des Griethausener Altrheins durch die eiserne Eisenbahnbrücke der Strecke Cleve—Elten. — An Fähren sind vorhanden eine hölzerne Prahmfähre von Brienen nach Salmorth rechts von km 4,6 über dem Griethausener Altrhein, ferner eine eiserne Pontonfähre von Düffelward nach Schenken-schanz in km 6,7 und eine Nachenfähre bei Keeken rechts von km 8,7 + 85 bis zum linken Ufer bei km 8,8 + 57, von wo ein Fußweg zur Rheinfähre nach Lobith in Holland führt.

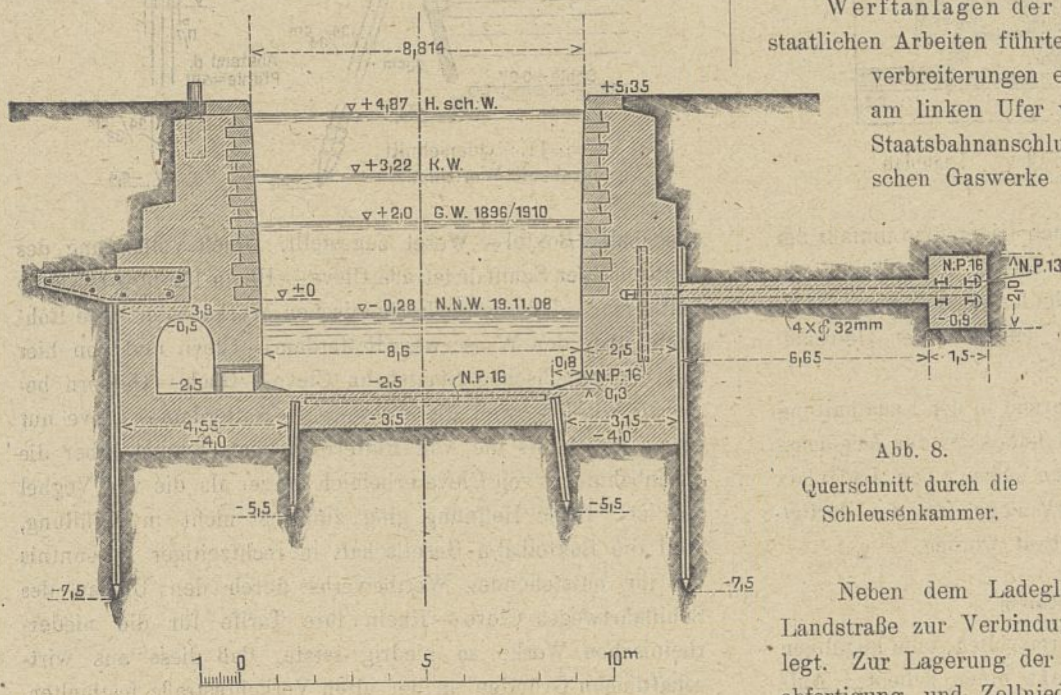
Wasserverhältnisse. Die Kanalhaltung wird durch natürlichen Zufluß aus dem zugehörigen rd. 52,2 qkm großen Niederschlagsgebiet gespeist. Störungen sind bisher nicht eingetreten, nur während der trockenen Sommermonate Juli und August 1874 ging der normale Kanalwasserstand von + 3,22 m a. P. herab und konnte bis zum 31. August nur auf + 3,14 m a. P. gehalten werden. Im übrigen mußte auch bei trockenster Witterung nach den Aufzeichnungen seit 1848 selbst während des außergewöhnlich regenarmen Sommers 1911 an jedem Tage Wasser in den Altrhein abgelassen werden, um den normalen, durch das Abkommen in Cleve am 28. Mai 1843 auf  $10' 3'' = + 3,22$  m a. P. festgesetzten Wasserstand halten zu können. Von 1900 bis 1903 angestellte Ermittlungen haben ergeben, daß bei mittlerem Zufluß 0,56 cbm und bei geringstem noch 0,132 cbm Speisewasser für die Kanalhaltung zur Verfügung stehen, so daß sich zunächst bei dem geringen Verkehr mit den wenigen Schleusungen eine künstliche Speisung durch Überpumpen von Altrheinwasser erübrigt.

Im Altrhein wurden die der Schifffahrt drohenden Gefahren bei Wasserklemmen durch Vertiefung der Sohle auf - 2,5 m a. P. beseitigt. Im Altrhein wechselt die Wasserhöhe mit der des Rheines. Die niedrigsten und höchsten Wasserstände mit den Zwischenstufen sind aus dem Längenschnitt Abb. 2 ersichtlich. Bei Altrheinwasserständen von mehr als + 4,87 m a. P. ist laut § 36 der Polizeiverordnung vom 14. September 1914 (vorher § 3 des Schifffahrt- und Schleusenreglements vom 24. Juli 1848) das Durchschleusen aus Landeskulturinteressen nicht mehr gestattet, was Beschränkungen der Schifffahrt zur Folge haben kann. Während

eine zweiwöchige Schleusensperre etwa alle zehn Jahre eintritt und somit zu den Seltenheiten gehört, wurde bei den anhaltenden Hochwässern im März und April 1914 die bis jetzt beobachtete längste Sperrzeit von 25 Tagen erreicht, was allerdings ein Ausnahmefall ist.

Die Schiffsbewegung wird mittels Schleppbooten, ausnahmsweise durch Pferdezug oder Menschenkraft ausgeführt; im Altrhein werden bei günstigem Winde auch Segel gesetzt. Die Kanalhaltung ist durchschnittlich während eines knappen Monates im Jahre durch Eis gesperrt.

Kammerschleuse. Die Länge der einschiffigen neu erbauten Kammerschleuse beträgt zwischen den Stirnmauern 91,44 m bei einer Nutzlänge von 67,0 m. Die Kammer hat am Boden 8,60 und an der Oberkante 8,81 m lichte Weite. Oberdrempel liegt auf  $\pm 0$  und Unterdrempel auf  $-2,50$  m a. P. Zur Füllung und Entleerung dient in der linken



Kammermauer ein durch Rollkeilschütze abzuschließender Umlaufkanal mit Stichkanälen. Im Oberhaupt also gegen die Kanalhaltung ist ein eisernes, auf Rollen laufendes, nach Ober- und Unterwasser kehrendes Schiebetor und im Unterhaupt sind eiserne Stemmtore mit glatter gekrümmter Blechhaut angeordnet und zwar als Doppeltore, das eine bei höherem Binnen- und das zweite für höheren Außenwasserspiegel, d. h. bei Altrheinwasserständen über  $+3,22$  m a. P. Sämtliche Tore und Schütze werden mit der Hand durch Winden bewegt.

Die Wiedergabe von Zeichnungen oder technischer Einzelheiten der Schleusenanlage erübrigt sich. Es sei nur in Abb. 8 ein Kammerquerschnitt wiedergegeben. Im Entwurf war eine Stampfbetonbauweise zwischen Spundwänden vorgesehen. Als die Spundwände bereits geschlagen waren und der Bodenaushub erfolgte, ergab sich, daß der Baugrund bedeutend schlechter war, als vorher angenommen. Der Boden war sehr ungleichmäßig, weil an dieser Stelle früher ein Deichbruch stattgefunden hatte. Das schwierige Rammen der Spundwände hatte Undichtigkeiten zur Folge, so daß sich beim Ausschachten unter Wasserhaltung die Spundwände mit

ihrem unteren Ende nach der Schleusenmitte hinzogen. Die Sohlen waren daher mit Eiseneinlagen zu verstärken, ebenso die Kammermauern zur Einhaltung der geforderten Lichtweite für die Schleuse, was rechts durch eine Verankerung und links durch einen Sporn aus Eisenbeton erreicht wurde. Bis jetzt haben sich an dem Bauwerk keine Mißstände gezeigt, so daß die gewählte Bauweise als ausreichender Schutz anzunehmen ist.

Die in Stampfbeton ausgeführten Seitenmauern wurden von  $\pm 0$  m a. P. ab mit Basaltsäulen verblendet, desgleichen mit Basaltlavawerksteinen die Drempele, Kanten und Wendestufen. Mit dem Unterhaupt der Schleuse ist zur Überführung des Deichweges von Brienen nach Wardhausen eine eiserne zweiteilige, mit der Hand zu bewegende Drehbrücke verbunden, die 19,8 m lang und 4,0 m breit ist, wobei die Achsen der beiderseitigen Königsstühle 13,70 m voneinander entfernt liegen.

Werftanlagen der Stadt Cleve. Gleichzeitig mit den staatlichen Arbeiten führte die Stadt Cleve neben den Kanalverbreiterungen eine neuzeitlich eingerichtete Werft am linken Ufer von km 0,6 bis 0,8 + 70 aus, die Staatsbahnanschluß an den vorhandenen der städtischen Gaswerke erhielt, reichlich mit Lagerplätzen

sowie Industriegelände umgeben und Ende 1910 in Verkehr genommen ist. An dem neuen Kai können gleichzeitig fünf größere Schiffe anlegen. Am nördlichen Ende ist ein Wendepplatz angeordnet. Die Werft ist mit einem fahrbaren Portal-Dampfdrehkran von 5 t Tragkraft und einem fahrbaren Getreideheber ausgerüstet.

Abb. 8.  
Querschnitt durch die  
Schleusenammer.

Neben dem Ladegleis am Ufer ist eine gepflasterte Landstraße zur Verbindung mit der Werftzufuhrstraße angelegt. Zur Lagerung der Güter ist eine Lagerhalle mit Zollabfertigung und Zollniederlage derart aufgestellt, daß die Güter mittels Kran vom Schiff zur Lagerhalle sowie umgekehrt gebracht werden können und der Verkehr von der Lagerhalle zum Bahnwagen oder zum Fuhrwerk bzw. umgekehrt unmittelbar möglich ist. Die Beförderung der Güter in die einzelnen Stockwerke der dreigeschossigen Zollhalle erfolgt durch einen Druckwasser-Lastenaufzug. In den Abfertigungsräumen sind an drei Stellen Wagen verschiedener Tragkraft aufgestellt. Für Rechnung des Preussischen Staates wurde ferner am Eingange des Hafens ein Dienstgebäude für die Auslandsfleischschau errichtet.

Die Anordnung und Lage der Gebäude sowie der Eisenbahngleise und Straßen ist aus dem Übersichtsplan Abb. 10 und dem Querschnitt Abb. 9 ersichtlich. Eine etwa erforderliche Erweiterung der Kaimauer ist nordöstlich vom Wendepplatz möglich. In Abb. 11 ist ein Querschnitt der Werftmauer wiedergegeben. Es ist eine aufgelöste Eisenbetonbauweise nach der Bauart „Züblin, Straßburg“ gewählt worden. Bisher hat sich die Mauer bewährt, und trotz der Stöße beim Anlegen der Schiffe haben sich keine Verwerfungen der Kranbahngleise gezeigt. Die Leitung der städtischen Hafenanlagen ist einem Hafendirektor unterstellt.

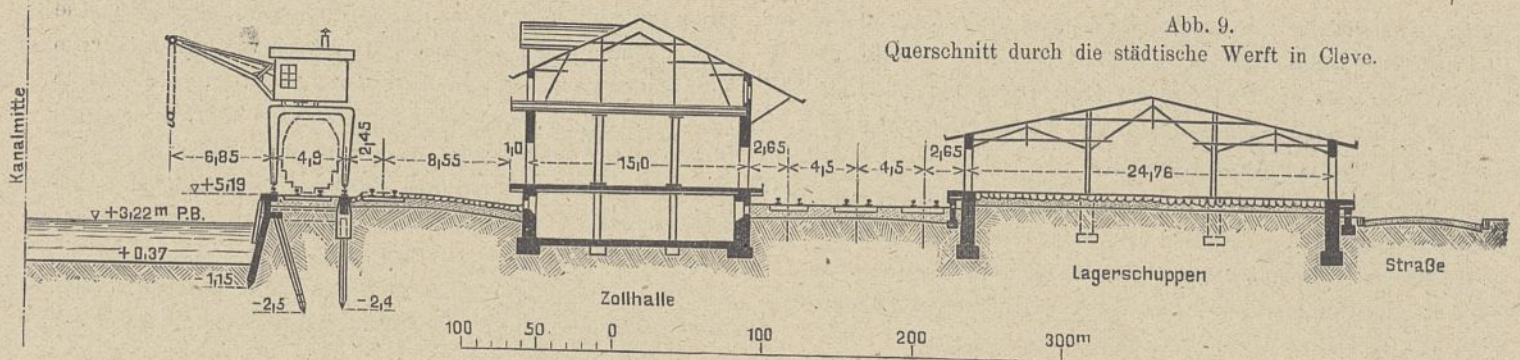


Abb. 9. Querschnitt durch die städtische Werft in Cleve.

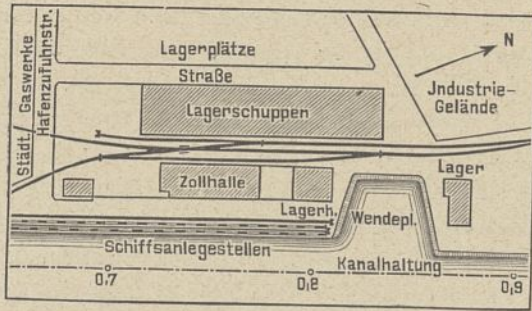


Abb. 10. Städtische Werft in Cleve. Lageplan.

Einschließlich der früher vorhandenen Ladeplätze umfaßt der gesamte Handelshafen rd. 51 a mit 500 m Ladeplätzen mit Eisenbahnanschluß und 1301 m Ladeufer ohne Gleisanschluß. Das Lagerhaus einer Firma ist mit einem festen Getreide-elevator ausgerüstet.

Sonstige Ladestellen. Während in der Kanalhaltung außer den Clever Werften noch zwei Ladekaien für Ziegeleien bestehen, ist im Altrhein bei Keeken neben einem Ladeplatz der Gemeinde noch eine Bohlwerkanlage für die dortige Käsemolkerei im Jahre 1911 ausgebaut worden.

#### D. Verkehrsverhältnisse.

Die Stadt Cleve bildet in ihrer reizvollen, teils hügeligen Lage mit hübschen Gärten und Parks einen beliebten Aufenthaltsort für Rentner, und im Sommer bietet sie Erholungsbedürftigen ruhige Unterkunft bei heilender Luftveränderung wegen der Nähe des Reichswaldes. Die Industrie ist nur in verhältnismäßig kleinem Umfange vertreten. Abgesehen von recht bedeutenden Margarinefabriken finden wir einige Schuh-, Maschinen-, Tabak-, Kakao- und Dunstobstfabriken, ferner eine Säge- und Ölmühle sowie Ziegeleien usw.

Da die größeren Werke Bahnanschluß haben, die Eisenbahnwagen bequem allen Verbrauchspunkten einer Fabrik zugeschoben werden können, ferner Sondertarife die Wagenzustellung bei größerer Anfuhr stark verbilligen, so wird die Wasserstraße verhältnismäßig gering in Anspruch genommen, die auch in Zukunft von der bestehenden Industrie kaum einen wirklich ins Gewicht gehenden Verkehrszuwachs zu erwarten hat. Zurzeit werden auf dem Wasserwege neben Leinsamen, Fetten und Ölkuchen noch Getreide und Stückgüter, außerdem Baustoffe und nebensächliche Waren verfrachtet.

Die bedeutungsvolleren Werke am Niederrhein bei Cleve, Goch, Kevelaer, Geldern usw. erhalten einen großen Teil ihrer Massengüter auf dem Wasserwege Rotterdam—Veghel und von hier auf der in holländischen Händen befindlichen

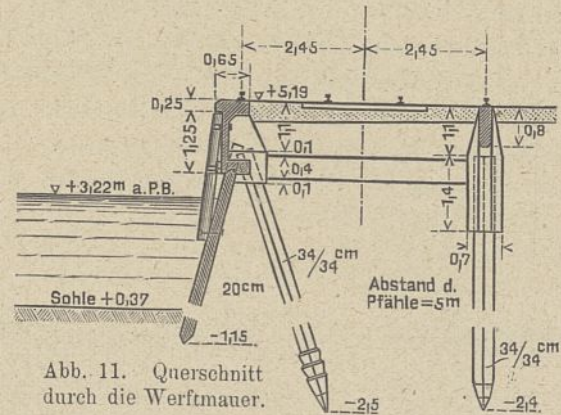


Abb. 11. Querschnitt durch die Werftmauer.

Eisenbahn Boxel—Wesel zugestellt. Nach Vollendung des Umbaues der Schiffahrtstraße Cleve—Rhein für 600 t-Kähne hoffte man, daß die niederrheinischen Werke sofort ihre Rohstoffe über den Wasserweg Rotterdam—Cleve und von hier mit der preußischen Staatsbahn Cleve—Goch—Geldern beziehen würden, weil die Wasserfahrt Rotterdam—Cleve nur etwas länger als die von Rotterdam nach Veghel, aber die Eisenbahnfahrt von Cleve erheblich kürzer als die von Veghel aus ist. Diese Hoffnung ging zunächst nicht in Erfüllung, weil die Boxelbahn-Gesellschaft in rechtzeitiger Erkenntnis des ihr entstehenden Wettbewerbs durch den Umbau des Schiffahrtweges Cleve—Rhein ihre Tarife für die niederrheinischen Werke so niedrig setzte, daß diese aus wirtschaftlichen Gründen an der alten Verkehrsstraße festhielten.

Erschwerend für die Schiffahrt nach Cleve ist ferner, daß die Clever Industrie nur geringe Erzeugnisse für Rückfracht liefert. Die Schiffe müssen daher meistens leer zurückfahren oder zur Aufnahme von Frachtgut leer nach Emmerich, Wesel oder Ruhrort gehen, was kostspielige Schlepplöhne und somit nachteilige Beeinflussung der Frachtsätze nach Cleve verursacht. Aus diesen Gründen hat der Verkehr bisher nach dem Umbau des Wasserweges Cleve—Rhein gegen früher nicht sprunghaft, sondern nur langsam und schwankend zugenommen.

In Abb. 12 ist der Schiffsdurchgang an der Schleuse für die Kalenderjahre von 1891 bis 1914 und die Schiffahrt-abgaben für die Rechnungsjahre von 1903 bis 1914 zeichnerisch dargestellt. Die durchgegangenen Fahrzeuge sind durch eine fette Linie gekennzeichnet, die an die Staatskasse abgeführten jährlichen Einnahmen durch eine fettgestrichelte, während die tatsächlichen Abgaben von 1911 bis 1914 punktiert verdeutlicht sind. Der Unterschied zwischen 31 000 Mk. und den eingeklammerten Zahlen ergibt die von der Stadt Cleve für die Jahre 1911 bis 1914 jedesmal gezahlte Bürgerschaftssumme. Der starke Verkehrsrückgang im Jahre 1914 ist auf die Kriegszeit zurückzuführen. Immerhin ergab sich

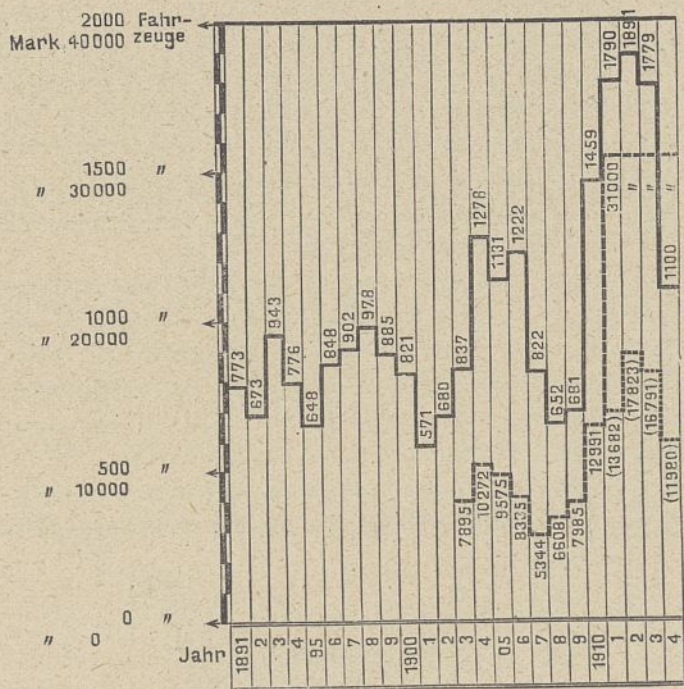


Abb. 12. Verkehrsübersicht.

im Rechnungsjahre 1913 eine Verzinsung von 2,11 vH. der Anlagekosten nach Absetzung des Bauwertes solcher Anlagen, an deren Stelle Ersatzbauten getreten sind. Vergleichsweise sei hier bemerkt, daß z. B. bei den Märkischen Wasserstraßen sich eine Verzinsung von nur 1,19 vH. in dem genannten Jahre bei gleicher Annahme ergab.

**E. Kosten.**

Die bisher staatlicherseits aufgewandten Gesamtanlagekosten für die Schifffahrtsstraße Cleve—Rhein betragen rd. 1900000 Mark. Der Umbau von 1907 bis 1910 verursachte rd. 947000 Mark und die Verbesserungen der Fahrinne des ganzen Griethausener Altrheins von 1913 bis 1915 rd. 157000 Mark.

Im einzelnen entfallen auf die neue Schifffahrtschleuse für

a) Grunderwerb und Entschädigungen	24278 Mark
b) eigentliches Bauwerk	581821 „
c) Nebenausgaben	53787 „
<b>zus.</b>	<b>659886 Mark.</b>

wobei die beiden Rollschütze 11673 Mark, die zwei eisernen Stemmtorpaare 37889 Mark und das Schiebeter 19234 Mark kosteten.

Für die Verbreiterung und Vertiefung des staatlichen Teiles der Kanalhaltung wurden einschl. 15200 Mark Grunderwerbskosten 165900 Mark verausgabt, der Einheitspreis für Baggerungen über und unter Wasser betrug hierbei 1,30 Mark f. d. cbm. Für die Ausbaggerungen im Altrhein wurden 1909 f. d. cbm 57 Pf. und 1913 f. d. cbm 33 Pf. bezahlt.

Bei den Uferbefestigungsarbeiten ergab sich für Böschungspflaster aus Ziegelsteinen auf Kiesbettung einschl. Pfahlwand (vgl. Abb. 5 u. 6) ein Durchschnittspreis von 7,65 Mark/qm, während ein Meter Länge Uferabdeckung im Altrhein gemäß Abb. 7 sich auf rd. 11 Mark stellte.

Die von der Stadt Cleve für den Ausbau des städtischen Teiles aufgewandten Gesamtkosten betragen rd. 750000 Mark. Von dieser Summe entfallen auf: Grunderwerb 135000 Mark, Baggerarbeiten 25000 Mark, Uferbefestigungen im Kanal 42500 Mark, die Werft einschl. Bodenanschüttung 237000 Mark, die Hochbauten der Werft 125000 Mark, Gleisbau einschl. Lokomotive 145000 Mark, 1 Dampfkrane 25000 Mark, 1 Elevator 15000 Mark, zusammen 750000 Mark. — Für 1 m Kaimauerlänge gemäß Abb. 11 wurden 410 Mark bezahlt.

Die sämtlichen Arbeiten wurden, abgesehen von kleinen Nebenleistungen, auf Grund öffentlicher Ausschreibungen von Unternehmern ausgeführt. Die staatlichen Bauarbeiten wurden von 1907 bis 1910 von einem in Cleve errichteten Sonderbauamt, im übrigen vom Wasserbauamt II in Düsseldorf überwacht. Die Oberaufsicht übte der Regierungspräsident in Düsseldorf aus.

Durch die nicht unerheblichen Aufwendungen seit dem Jahre 1907 wurde eine allen neuzeitlichen Anforderungen des Großschiffahrtbetriebes genügende Wasserstraße geschaffen. Wenn auch die bisherigen Verkehrssteigerungen nicht allzu befriedigend sind, so ist doch zu hoffen, daß das im besten Glauben geschaffene Unternehmen das Emporblühen der Stadt Cleve weiter fördern wird.

Düsseldorf, 1915.

**Untersuchungen über die Einwirkung der Form der Molen auf Küstenströmung und Sandwanderung vor den Hafeneinfahrten.**

Vom Baurat Musset in Kolberg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 13 und 14 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Die in den drei hinterpommerschen Häfen Kolberg, Rügenwaldermünde und Stolpmünde seit vielen Jahren gesammelten Beobachtungen bieten die Möglichkeit, durch vergleichende Untersuchungen Aufschlüsse über die Einwirkung der Form der Molen auf die Küstenströmung und die Sandwanderung, insbesondere aber auch auf die Ausbildung der Wassertiefen vor den Hafeneinfahrten zu gewinnen. Um vergleichungsfähige Unterlagen zu erhalten, und weil die Küstenströmungen sehr stark durch die Winde

beeinflusst werden, mußten zunächst die Windverhältnisse für jeden der drei Häfen getrennt, in gleichartigen Zusammenstellungen dargestellt werden (vgl. den Übersichtsplan Abb. 4 Bl. 14). Sodann wurden aus den vorhandenen Peilplänen nach gleichmäßigem Verfahren die normalen Tiefenverhältnisse vor der Mündung eines jeden der drei Häfen ermittelt.

Hinsichtlich der Windhäufigkeit gibt die Zusammenstellung 1 (S. 111) Auskunft. Sie zeigt, wie sich in den drei Häfen die Winde in den 5478 Tagen des Zeitraumes von 1901

bis 1915 über die 16teilige Windrose der Zeit nach verteilt haben. Es ist daraus zu ersehen, daß in allen Häfen die westlichen Winde, d. h. die aus der Richtung zwischen Süden und Nordwesten wehenden, gegenüber den aus entgegengesetzter Richtung vorherrschen.

In der Zusammenstellung 2 (S. 113) ist für dieselbe Zeit die Verteilung der Windstärken angegeben. Hieraus ergibt sich, daß die westlichen Winde nicht nur vorherrschen, sondern auch stärker als die östlichen sind. Die gesamte Windstärke ist in Kolberg und Rügenwaldermünde annähernd die gleiche. In Stolpmünde ist sie aber beachtenswert geringer.

Hinsichtlich der Küstenströmungen liegen von allen Häfen aus dem Zeitraum von 1901 bis 1915 tägliche Beobachtungen nur über die Richtung vor. Über die Stärke lassen sich einigermaßen zutreffende Beobachtungen nicht anstellen, weil stärkere Strömungen nur bei stark bewegter See auftreten und dann eine sichere Messung oder Beurteilung der Größe der Geschwindigkeit nicht möglich ist.

In Zusammenstellung 3 (S. 113) sind die Ergebnisse der Beobachtungen der Küstenströmung in den drei Häfen von 1901 bis 1915 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß trotz der verhältnismäßig gleichmäßigen Windstärke und Windverteilung doch erhebliche Unterschiede im Verhalten des Küstenstromes vor den drei Häfen bestehen.

In Kolberg ist kein Stromstillstand beobachtet worden, während in den beiden anderen Häfen die Tage mit Stromstillstand häufiger sind als diejenigen mit Strom nach Westen. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß in Kolberg das verhältnismäßig lebhaft strömende Persantwasser bis an die Molenköpfe in dem engen Hafenschlauch zusammengehalten wird, und daher am vorspringenden Ostmolenkopf sich stets Strömung bemerkbar macht.

In den beiden anderen Häfen wird der ohnehin schwache Strom der kleinen Binnenflüsse im Hafenbecken stark abgeschwächt. Ferner ist zu beachten, daß Rügenwaldermünde in einer nach WNW. und NW. offenen Bucht liegt. Die aus WNW. und NW. wehenden Winde treiben daher das Wasser gleichzeitig von beiden Flügeln der Bucht nach deren Mitte hin, also sich entgegen. Während an dem gestreckt von WSW. nach ONO. verlaufenden Strande bei Kolberg diese Winde Strom nach Osten erzeugen müssen, werden dieselben in Rügenwaldermünde Stromstillstand hervorrufen, wenn auch zur selben Zeit bei Sturm und hohem Wasser schwere See herrschen sollte (Text-Abb. 1).

Stolpmünde hat zwar denselben Küstenstrich wie Kolberg, aber schwächere Winde und liegt gegen die von Westen andringenden Wassermassen der Ostsee in einer flachen Bucht geschützt hinter der Stolper Bank.

Aus dem Verlauf der 40 m-Tiefenlinie (Abb. 4 Bl. 14) ergibt sich, daß die von Westen ankommenden Wassermassen der Ostsee lebhaft an Kolberg vorbeiströmen, aber bei Rügenwaldermünde sowie durch die Stolper Bank stark nach Norden abgelenkt werden müssen. Die Küstenströmung muß also bei Kolberg am stärksten und bei Stolpmünde am schwächsten sein; namentlich muß bei Kolberg die Strömung nach Osten vorherrschender sein als bei den beiden anderen Häfen. Es muß daher auch die Sandwanderung nach Osten vor Kolberg stärker sein als vor den beiden anderen Häfen.

Warum aber ist im Osten des Hafens von Rügenwaldermünde nach Erbauung der Hafemölen der Uferabbruch so viel stärker gewesen als in Kolberg, und warum ist auch in Stolpmünde, selbst nach der letzten Verlängerung der Molen, fast gar kein Abbruch unmittelbar im Osten des Hafens entstanden, obgleich die Strömungsverhältnisse dort denen von Rügenwaldermünde sehr nahe stehen?

Darüber kann ein Vergleich der Lage- und Peilpläne Auskunft geben (Abb. 1 bis 3 Bl. 13). Bei einem solchen Vergleich sieht man zunächst, daß die unmittelbar zu beiden Seiten der Molen liegenden Strandlinien bei Verlängerung sich in der Nähe und zwischen den Molenwurzeln unter einem Winkel von etwa  $135^\circ$  und in Punkten schneiden, die bei allen Häfen etwa 300 m binnenseitig des Ostmolenkopfes liegen. Wenn man also für die drei Häfen untereinander einen

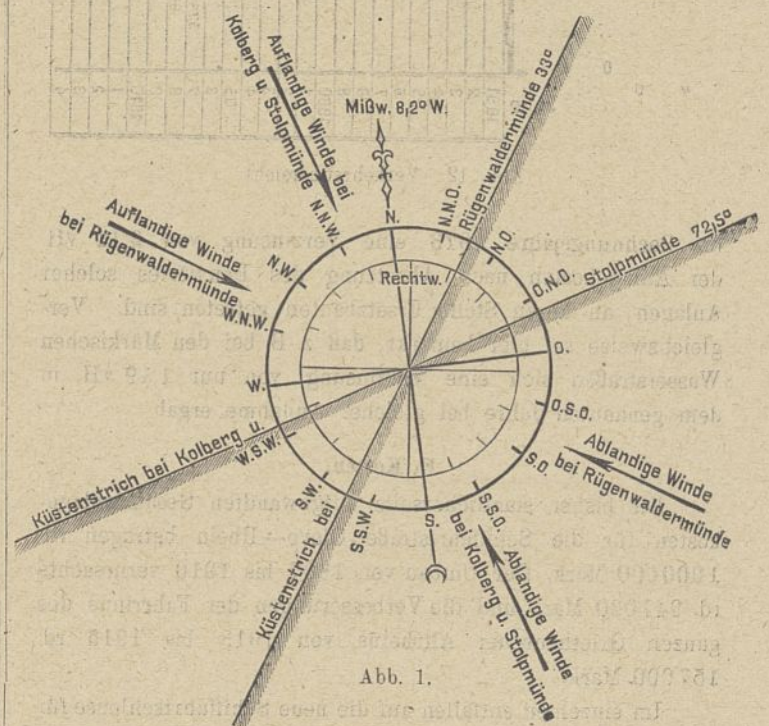


Abb. 1.

Vergleich über die Lage ihrer Molen zum Strande anstellen will, muß man die drei Lagepläne so zusammen darstellen, daß sich die Ostmolenköpfe miteinander decken und die Verlängerungslinien der an die Molen angrenzenden Strandstrecken für die einzelnen Häfen parallel miteinander laufen (Abb. 4 Bl. 13).

Um auch den Verlauf der Tiefenlinien in den einzelnen Häfen miteinander vergleichen zu können, sind zunächst für jeden der drei Häfen Normaltiefenpläne hergestellt worden. Man hat aus dem Zeitraum von 1904 bis 1917 von sechs Peilungen (der Jahre 1904, 6, 8, 10, 12 und 17) die einzelnen Metertiefenlinien in besondere Pausen zusammengetragen und dann aus dem so für jede Tiefenlinie entstandenen Linienbündel eine mittlere Tiefenlinie ermittelt. Die so für jede Metertiefe erhaltenen mittleren Tiefenlinien sind darauf in einem Lageplan vereinigt worden. Auf diese Weise erhielt man für den Hafen in Kolberg den in Abb. 1 Bl. 13, für Rügenwaldermünde den in Abb. 2 Bl. 13, für Stolpmünde den in Abb. 3 Bl. 13 dargestellten Normaltiefenplan. Aus diesen drei Normaltiefenplänen sind die wichtigsten Tiefenlinien im vorliegenden Falle die

Strandlinien und die 5 m-Tiefenlinien, mit verschiedener Darstellung in den Lageplan eingetragen worden, der zum Vergleich der Lage der Molen zum Strande bereits als Abb. 4 Bl. 13 hergestellt worden war.

Aus dem so erhaltenen Lageplan ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Ostmolen sowie die Strandlinien und die 5 m-Tiefenlinien im Westen bei allen drei Häfen ziemlich

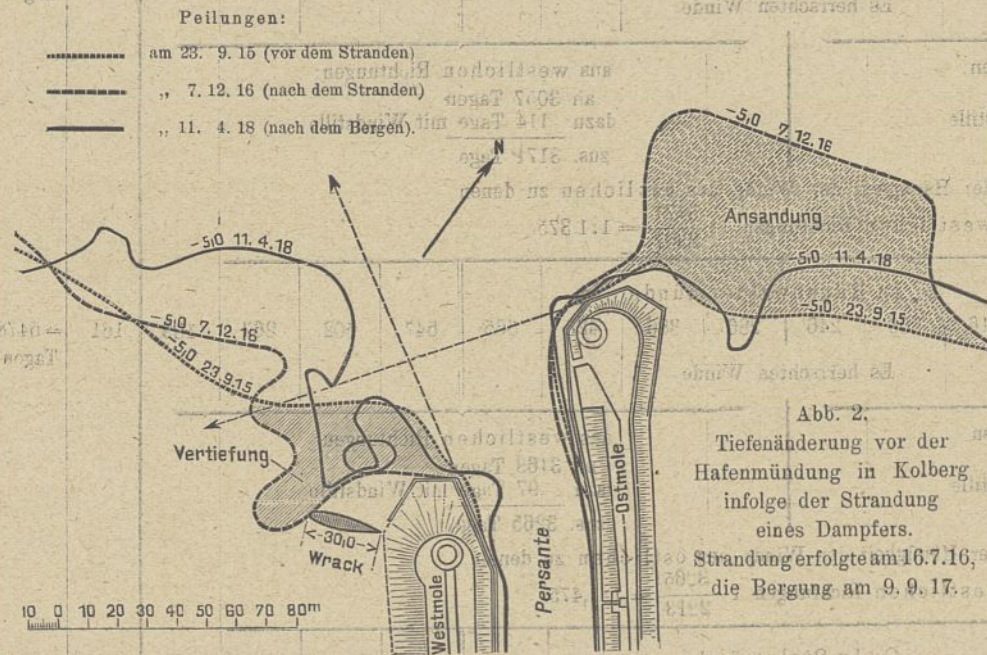


Abb. 2.  
Tiefenänderung vor der  
Hafeneinfahrt in Kolberg  
infolge der Strandung  
eines Dampfers.  
Strandung erfolgte am 16. 7. 16,  
die Bergung am 9. 9. 17.

gleichmäßig verlaufen, daß aber im Osten die Strandlinie und die 5 m-Tiefenlinie nur von Rügenwaldermünde Ausnahmen machen. Es nimmt aber auch der Hafen von Rügenwaldermünde hinsichtlich des Verlaufes der Westmole eine Sonderstellung ein. Dies scheint also die Ursache des abweichenden Verlaufes der 5 m-Tiefenlinie im Osten der Hafeneinfahrt von Rügenwaldermünde und auch des starken Abbruches des Ostufers daselbst zu sein; denn alle andern Verhältnisse sind nur wenig verschieden von denen der andern beiden Häfen. Die Küstenströmung und die Sandbewegung sind in Rügenwaldermünde sogar schwächer als in Kolberg, wo kein nennenswerter Abbruch im Osten entstanden ist und keine nur annähernd so großen Schutzwerke im Osten notwendig wurden wie in Rügenwaldermünde.

Bei annähernd mit Rügenwaldermünde gleichen Küstenströmungsverhältnissen zeigen sich auch in Stolpmünde unmittelbar im Osten des Hafens keine nennenswerten Abbrüche. Auf Grund dieser Tatsachen erscheint die Annahme berechtigt, daß die Form der Westmole auf den Verlauf der Küstenströmung und die Angriffe der See auf den unmittelbar an die Molen grenzenden Strand einen starken Einfluß ausgeübt haben.

In Kolberg wirft die nach Westen hohle West- und vorspringende Ostmole den vom Westen kommenden Küstenstrom vom Molenkopf ab und begünstigt dadurch Sandansammlungen im stillen Wasser östlich des Ostmolenkopfes.

In Rügenwaldermünde wird durch die nach Westen gewölbte Westmole der Küstenstrom an der Außenseite der Mole zusammengezogen, stößt in die Bucht östlich des Hafens, führt dort den Sand fort und bricht den Strand ab.

In Stolpmünde ist der Verlauf der Strömung ähnlich wie in Kolberg. Infolge der geschützten Lage und der schwächeren Küstenströmungen ist denn auch hier im Osten kein nennenswerter Abbruch entstanden.

Bestätigt werden diese Annahmen durch das Verhalten der Sandablagerungen vor den Molen in Kolberg nach einer am 16. Juli 1916 eingetretenen Strandung und nach der am 9. September 1917 erfolgten Bergung eines Dampfers am Westmolenkopfe.

Ein etwa 30 m langer Dampfer sank so, daß er im gesunkenen Zustande einen vom Westmolenkopf ungefähr senkrecht abstehenden Flügel bildete und den vom Westen sowie den aus der Bucht kommenden, schon zusammengezogenen und abgelenkten Küstenstrom noch mehr zusammenzog und noch weiter von den Molen ablenkte. Hierdurch entstand um das Wrack herum und nordöstlich davon eine starke Vertiefung. Der hier aufgewirbelte und fortgetragene Sand lagerte sich nordöstlich und östlich des Ostmolenkopfes wieder ab. Nach dem Bergen des Wracks stellte sich bald der frühere Zustand wieder her. Die drei in Text-Abb. 2 dargestellten 5 m-Tiefenlinien von den Peilungen vor dem Stranden, nach dem Stranden und nach dem Bergen beweisen dies.

Man scheint es demnach in der Hand zu haben, durch eine Umgestaltung der westlichen Seite der Westmole die Sandablagerungen und Wassertiefen vor den Molenköpfen und im Osten des Molenkopfes zu beeinflussen. Würde man in Rügenwaldermünde in der Nähe des Kopfes der Westmole auf deren Außenseite einen senkrecht zur Mole stehenden Flügel anbauen, so würden vor den Molenköpfen nennenswerte Sandmengen in Bewegung gesetzt und im Osten des Ostmolenkopfes zur Ablagerung kommen. Die Bucht im Osten des Hafens würde dadurch neue Zufuhr an Sand erhalten und für die Zukunft besser gegen Abbrüche geschützt werden, als durch Buhnen und Parallelwerke am Strande. Außerdem würden sich zweifellos vor der Hafeneinfahrt größere Wassertiefen ausbilden und erhalten wie jetzt.

In Kolberg muß mit Rücksicht auf die kostbaren Badeanlagen bei etwaigen späteren Änderungen der Westmole alles vermieden werden, was einen Abbruch des Strandes im Osten der Mole verursachen könnte. Man darf also in Kolberg, wo der enge Schlauch des Hafens unter allen Umständen beseitigt werden muß, keinesfalls eine der Rügenwaldermünder ähnliche Westmole bauen, man muß sich mit der Form einer neuen Mole derjenigen der Stolpmündermole nähern, und wenn später dennoch Abbrüche sich bemerkbar machen sollten, Flügelanbauten an der Außenseite des Westmolenkopfes anbringen; wie denn überhaupt durch Flügelanbauten auf den Außenseiten der Molen je nach der Örtlichkeit vielfach an anderen Hafeneinfahrten bestehende Mißstände

Tabelle 1. Zusammenstellung der Windhäufigkeit in den 15 Kalenderjahren 1901—1915 oder in 5478 Tagen aus den Richtungen

	Nord	NNO	NO	ONO	Ost	OSO	SO	SSO	Süd	SSW	SW	WSW	West	WNW	NW	NNW	Wind- stille	
an 294	178	592	254	203	162	255	285	444	255	476	348	666	381	311	176	198	= 5478 Tagen	
A. In Kolberg.																		
Es herrschten Winde:																		
aus östlichen Richtungen: an 2223 Tagen dazu 84 Tage mit Windstille zus. 2307 Tage.									aus westlichen Richtungen: an 3057 Tagen dazu 114 Tage mit Windstille zus. 3171 Tage.									
Verhältnis der Häufigkeit der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{3171}{2307} = 1:1,375$ .																		
an 232	461	390	230	168	216	206	246	286	386	426	565	547	502	267	189	161	= 5478 Tagen	
B. In Rügenwaldermünde.																		
Es herrschten Winde:																		
aus östlichen Richtungen: an 2149 Tagen dazu 64 Tage mit Windstille zus. 2213 Tage.									aus westlichen Richtungen: an 3168 Tagen dazu 97 Tage mit Windstille zus. 3265 Tage.									
Verhältnis der Häufigkeit der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{3265}{2213} = 1:1,475$ .																		
an 334	186	560	208	138	149	368	216	367	265	563	343	789	379	419	194	—	= 5478 Tagen	
C. In Stolpmünde.																		
Es herrschten Winde:																		
aus östlichen Richtungen: an 2159 Tagen mit Windstille.									aus westlichen Richtungen: an 3319 Tagen mit Windstille.									
Verhältnis der Häufigkeit der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{3319}{2159} = 1:1,537$ .																		

sich beseitigen oder aber nennenswerte Verbesserungen erreichen lassen werden.

Die oben angewandte vergleichende Untersuchungsart läßt sich auch verwerten, um die Einwirkungen zur Darstellung zu bringen, die durch Veränderungen an den Molen eines Hafens entstanden sind. Ferner gestatten auch die Ergebnisse derartiger Untersuchungen, Schlüsse auf die Einwirkungen zu ziehen, welche von geplanten Änderungen an Molen zu erwarten sind. Es ist z. B. in älteren Entwürfen für Verbesserung des Hafens von Kolberg unter anderem auch eine Verlängerung der Ostmole vorgeschlagen worden. Um ein Urteil darüber zu gewinnen, welche Wirkung eine derartige Maßnahme auf die Ausbildung der Tiefen auf der Reede haben wird, empfiehlt es sich, eine vergleichende Untersuchung mit den Verhältnissen auf der Reede in Memel anzustellen.

In Memel ist in den Jahren 1900 bis 1907 die der Kolberger Westmole entsprechende Südermole um 450 m verlängert, also gerade das Umgekehrte von dem ausgeführt worden, was in einzelnen Entwürfen für Kolberg vorgeschlagen wurde. Wenn auch die Verhältnisse beider Häfen nicht dieselben sind, so wird man doch aus den Veränderungen, die nach

dem Verlängern der Südermole in Memel eingetreten sind, Rückschlüsse auf die Einflüsse etwaiger Molenverlängerungen in Kolberg machen dürfen; zumal der Hafen in Kolberg ebenso wie der in Memel ein Schlauchhafen an der Mündung eines Stromes ist, und weil in beiden Fällen die Molen eine Krümmung nach der linken Seite der Strommündung haben und die Längen der rechtsseitigen Molen diejenigen der linksseitigen übertreffen.

Um feststellen zu können, welche dauernden Veränderungen im Seegatt von Memel nach der Verlängerung der Südermole eingetreten sind, mußte zunächst unter Benutzung der vorhandenen Peilungen dargestellt werden, wie die Tiefenverhältnisse vor und wie sie nach der Verlängerung sich entwickelt hatten. Beide Darstellungen mußten miteinander verglichen werden. Zur Erlangung vergleichungsfähiger Unterlagen wurden daher aus den Plänen der langjährigen regelmäßigen Peilungen vor den Molen in Memel in derselben Weise wie oben für die hinterpommerschen Häfen Normaltiefenpläne hergestellt, und zwar ein Plan der Tiefenverhältnisse unmittelbar vor Verlängerung der Südermole aus den Peilungen der Jahre 1893 bis 1897 (Abb. 1 Bl. 14) und ein Plan nach Verlängerung der Südermole aus den Pei-



Tabelle 2. Zusammenstellung der Windstärken in den 15 Kalenderjahren 1901 — 1915 oder in 5478 Tagen aus den Richtungen

Nord	NNO	NO	ONO	Ost	OSO	SO	SSO	Süd	SSW	SW	WSW	West	WNW	NW	NNW	Stärken zusammen	
A. In Kolberg.																	
890	592	1980	872	651	578	832	881	1461	997	1875	1695	2778	1566	937	554	19 189	
Es herrschten:																	
aus östlichen Richtungen: 7276 Stärken in 2307 Tagen Stärke im Mittel: 3,154.								aus westlichen Richtungen: 11913 Stärken in 3171 Tagen Stärke im Mittel: 3,822.								in 5478 Tagen im Mittel 3,503	
Verhältnis der Stärken der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{11913}{7276} = 1:1,637.$																	
B. In Rügenwaldermünde.																	
754	1623	1537	889	489	614	558	754	865	1231	1589	2299	2261	1955	921	688	19 077	
Es herrschten:																	
aus östlichen Richtungen: 7218 Stärken in 2213 Tagen Stärke im Mittel: 3,262.								aus westlichen Richtungen: 11859 Stärken in 3265 Tagen Stärke im Mittel: 3,632.								in 5478 Tagen im Mittel 3,484	
Verhältnis der Stärken der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{11859}{7218} = 1:1,642.$																	
C. In Stolpmünde.																	
948	526	1685	614	369	400	803	443	729	568	1706	1416	3148	1408	1281	582	16 626	
Es herrschten:																	
aus östlichen Richtungen: 5783 Stärken in 2159 Tagen Stärke im Mittel: 2,681.								aus westlichen Richtungen: 10838 Stärken in 3319 Tagen Stärke im Mittel: 3,271.								in 5478 Tagen im Mittel 3,035	
Verhältnis der Stärken der Winde aus östlichen zu denen aus westlichen Richtungen 1: $\frac{10838}{5783} = 1:1,874.$																	
Stärken von der rechten Seite der Einsegelungsrichtung 1609 + 5906 = 7515																	
Stärken von der linken Seite 11 562																	
Verhältnis der Stärken von rechts zu links 1: $\frac{11 562}{7515} = 1:1,538.$																	
zur rechten Seite gehörig 1609																	

Tabelle 3. Zusammenstellung der Häufigkeit des Küstenstromes in den 15 Kalenderjahren 1901 — 1915 oder in 5478 Tagen.

Hafen zu	Nach Westen	Nach Osten	Stillstand
Kolberg . . . . .	2254	3224	0
Rügenwaldermünde . . . . .	1350	2631	1497
Stolpmünde . . . . .	1304	2472	1702

lungen der Jahre 1908 bis 1911 (Abb. 2 Bl. 14). Außerdem wurde auch für jeden Plan die mittlere Stromstrichlinie, d. h. die Verbindungslinie der tiefsten Punkte des Fahrwassers nach demselben Verfahren festgestellt und in die Normalpläne eingetragen. Die Stromstrichlinien sowie die 6 m-Tiefenlinien beider Pläne sind darauf in Abb. 3 Bl. 14 zusammengestellt. Hieraus ergibt sich folgendes:

Der vor ihrer Verlängerung in der Richtung der alten Südermole sich weit in See erstreckende sog. Südergrund, auf dem im Jahre 1894 nur 3 m und im Jahre 1896 sogar nur 2,7 m Wasser standen, ist nach der Verlängerung vollständig verschwunden. Überall seewärts des neuen Südermolenkopfes befinden sich jetzt Tiefen unter — 6 m.

In Verlängerung der Nordermole hat dagegen eine Verminderung der Wassertiefen stattgefunden.

Die Stromstrichlinie hat sich nach Süden verschoben. Es hat sich sogar in der Richtung Leuchtturm — Fischerfeuer eine zweite Stromstrichlinie ausgebildet. Zwischen beiden Linien treten zeitweise noch flache höhere Rücken auf. Durch die Verkürzung der Entfernung der beiden Molenköpfe voneinander von 820 m auf 450 m, die durch Verlängerung der Südermole entstanden ist, mußte bei Ein- und Ausstrom die

Stärke des Stromes vergrößert und die Spülkraft verstärkt werden. Da ferner auch bei schwerer See der Angriff des Wellenganges auf den vorgeschobenen neuen Molenkopf erheblich stärker wurde als auf den alten, mußten um den neuen Molenkopf herum Vertiefungen entstehen, die einen Teil des Ausstromes nach Süden hin ablenkten.

Es kann hieraus gefolgert werden, daß umgekehrt bei einer Verlängerung der Ostmole in Kolberg eine bemerkenswerte Abschwächung der Spülkraft des Persantestromes eintreten muß, und daß sich in Verlängerung der kür-

zeren Mole ein langer hochliegender Rücken ausbilden wird, der die Fahrtiefen in der einzig hier möglichen Einfahrtslinie stark vermindern muß.

Die Spülkraft der Persante ist nicht so groß, daß ein nur einigermaßen brauchbares neues Fabrwasser sich bilden und erhalten könnte.

Daß an einer Flußmündung bei einem Schlauchhafen eine lange gekrümmte Ostmole eine starke Hakenbildung in der Verlängerung der kürzeren Westmole begünstigt, beweisen auch die Tiefenverhältnisse vor den Molen in Swinemünde.

## Berechnungsgrundlagen für eiserne Straßenbrücken.

Vom Regierungs- und Baurat Dr.-Ing. Ellerbeck und Regierungsbaumeister Starker in Berlin.

(Mit zeichnerischen Darstellungen auf Blatt 15 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Der Wirtschaftskampf, den wir unter Anspannung aller Kräfte zu führen gezwungen sind, um nach schwerem Niedergang die wirtschaftliche Lage unseres Volkes wieder zu heben, hat die alten Bestrebungen nach Vereinheitlichung — Normalisierung — insbesondere der gewerblichen Erzeugnisse neu belebt und befruchtet. Im Sinne dieser Bestrebungen wäre auch auf dem Gebiete des Straßenbrückenbaues, auf dem z. Zt. die größte Mannigfaltigkeit herrscht, eine Vereinheitlichung dringend erwünscht. Um zu einer solchen zu gelangen, müßten zunächst die zurzeit überaus verschiedenartigen Grundlagen für die Standsicherheitsberechnungen solcher Brücken geregelt und vereinheitlicht werden. Ein Erlaß dahingehender Vorschriften würde einem allgemeinen, im Schrifttum wiederholt zum Ausdruck gekommenen Wunsche der beteiligten Kreise entsprechen. Im folgenden soll unter Anlehnung an die über dieses Gebiet bereits vorliegenden Arbeiten ein Vorschlag zur Vereinheitlichung der Berechnungsgrundlagen für eiserne Straßenbrücken, gemacht werden.

Maßgebend für die Lastannahmen ist der Straßenverkehr für den bezüglich der zulässigen Höchstlasten keine einheitlichen Vorschriften bestehen. Für Preußen ohne die seit 1866 hinzugetretenen Landesteile gilt das Gesetz vom 20. Juni 1887 betreffend die Änderung der Verordnung vom 17. März 1839 betreffend den Verkehr auf Kunststraßen. Es bezieht sich nur auf Last- und Frachtverkehr; Maschinen sollten nach dem stenographischen Bericht des Abgeordnetenhauses (1887 S. 1160) einer besonderen gesetzgeberischen Behandlung vorbehalten bleiben, die jedoch unterblieben ist. Nach diesem Gesetz beträgt das höchstzulässige Ladegewicht eines Fahrzeuges mit zwei oder mehr Rädern 7,5 t, wobei unter Ladegewicht das Gewicht des beladenen Wagens zu verstehen ist. Unteilbare Lasten dürfen ausnahmsweise dieses Gewicht mit Genehmigung der Straßenverwaltung unter deren Bedingungen überschreiten. Für bestimmte Gegenden oder bestimmte Arten von Fuhrwerken kann der Bezirksausschuß zeitweilig oder dauernd Erleichterungen zulassen. In der Provinz Hannover schreibt das Radfelgengesetz vom 22. Februar 1879 dieselben Einschränkungen für Ladungsgewichte von mehr als 7,5 t oder Maschinen von mehr als 10 t Gesamtgewicht vor, wobei jedoch für zweirädrige Fuhr-

werke nur die Hälfte der angegebenen Lasten zulässig ist. Für die Provinz Schleswig-Holstein bestimmt das Gesetz vom 27. Juni 1890 nebst den Anweisungen vom 4. Mai 1892 als höchstes Ladegewicht für Haupt- und Nebenlandstraßen 7,5 t und für die „wichtigeren Nebenwege“ 4 t. Unteilbare Lasten mit höheren Gewichten bedürfen auch hier der Genehmigung der Straßenverwaltung. Noch mannigfaltiger wird das Bild, wenn man die in anderen deutschen Ländern bestehenden Sondervorschriften hinzuzieht, die hier übergangen werden sollen. Für das ganze Reich bestimmen die Bundesratsverordnung über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen vom 3. April 1910 und die Ergänzung vom 21. Juni 1913, daß Straßenlokomotiven, Straßenwalzen, Zugmaschinen ohne Güterladerraum, deren betriebsfertiges Eigengewicht, und Lastkraftwagen, deren Gesamtgewicht (einschließlich Ladung) 9 t nicht übersteigt, ohne weitere Einschränkungen frei verkehren dürfen. Bei einem Kraftfahrzeug in beladenem Zustand darf der Druck auf eine Achse 6 t nicht überschreiten. Eine Verordnung des Demobilmachungsamtes vom 1. Februar 1919 (D. M. A. Nr. VI. 1067, 19) gibt für die Zeit der wirtschaftlichen Demobilmachung die öffentlichen Wege und Plätze für den Verkehr mit Straßenzuglokomotiven (Dampfzugmaschinen) nebst Anhängern bis zu einem betriebsfertigen Eigengewicht von 12,8 t frei, soweit nicht technische Gründe, z. B. ungenügende Tragfähigkeit der Brücken, entgegenstehen.

Lassen schon die angeführten preußischen Bestimmungen eine Anpassung an die Verkehrseigenart der verschiedenen Landesteile erkennen, so tritt diese Notwendigkeit bei den hierzu erlassenen Polizei-Verordnungen für die einzelnen Bezirke noch deutlicher hervor. So schreibt z. B. der Regierungspräsident in Potsdam vor, daß vierrädrige Wagen bis 10 t, zweirädrige bis 5 t Gewicht ohne besondere Genehmigung verkehren dürfen (Verfügung betreffend den Schutz der Brücken vom 29. März 1818). Hier hat augenscheinlich die Rücksicht auf den schweren Verkehr Berlins die Erhöhung der zulässigen Gewichte um 25 vH. bewirkt. Im Regierungsbezirk Minden (Verfügung vom 26. September 1883) dürfen Lasten bis zu 8,5 t Gewicht ohne Einschränkung verkehren. Die Provinz Schlesien hat für ihre drei Regierungsbezirke einheitliche Verordnungen, die jedoch — wohl mit Rücksicht auf die Größe des Wirkungsbereiches — keine

Gewichtsbeschränkungen enthalten. Im übrigen finden sich in fast allen Bezirken Preußens nahezu übereinstimmende allgemeine Verkehrsvorschriften, die meist noch in Verordnungen „betreffend den Verkehr von Fuhrwerken mit unteilbaren Lasten“ und solche „betreffend die Beförderung von Dampfpflügen“ getrennt sind. Die ersteren wiederholen im allgemeinen die Grenzen der für den freien Verkehr zugelassenen Ladungen, nennen die für die Genehmigung zur Überschreitung dieser Gewichte zuständige Behörde und bestimmen, daß 24 Stunden vor Ausführung des Transports dem zuständigen Chausseeaufseher Anzeige zu erstatten ist. Für die Beförderung von Dampfpflügen wird die Erlaubnis der zuständigen Behörde vorgeschrieben, die für jeden Fall besondere Vorschriften geben und die Ausführung davon abhängig machen kann, daß Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Außerdem ist der Chausseeaufseher rechtzeitig zu benachrichtigen. Meist sind noch Bestimmungen über die zulässige Geschwindigkeit beigefügt, die 1 km in 10 Minuten nicht überschreiten darf; gelegentlich heißt es auch, daß „im Schritt“ gefahren werden muß.

Grenzwerte für außergewöhnliche Lasten enthalten diese Vorschriften nicht. Im Kommissionsbericht des Abgeordnetenhauses zum obengenannten Gesetz vom 20. Juni 1887 heißt es zwar: „Die Festsetzung eines absoluten Höchstgewichtes der Ladung ist erfolgt, damit für die Projektierung der Bauwerke, Brücken usw. ein sicherer Anhalt gegeben wird.“ Da jedoch für die Entwurfsbearbeitung nicht der gewöhnliche Verkehr, sondern vorwiegend gerade die zu erwartenden schwersten Ausnahmelasten maßgebend sind, haben diese Bestimmungen bisher nicht zu einheitlichen Belastungsannahmen führen können. Die umstehende Tafel 1 gibt die von einigen maßgebenden Behörden Preußens für die Brücken ihres Geschäftsbereiches vorgeschriebenen Lasten mit ihren Abmessungen. (Im folgenden bedeuten  $D_{23}$ ,  $D_{16}$  usw. Dampfwalzen von 23, 16 usw. t Dienstgewicht. Unter  $D_{23}^{3m}$  ist eine Dampfwalze von 23 t mit 3 m Achsstand, unter  $D_{16}^{6t}$  eine solche von 16 t Dienstgewicht mit einem Vorderraddruck von 6 t zu verstehen.  $L_6$ ,  $L_9$  bedeuten Lastkraftwagen von 6 und 9 t Gesamtgewicht,  $W_6$ ,  $W_{12}$  bezeichnen Lastwagen von 6 und 12 t Gesamtgewicht.) Die Zusammenstellung zeigt ein Bild buntester Mannigfaltigkeit: Walzen von 6 bis 24 t mit den verschiedensten Achsständen und Spurweiten, Dampfpflüge von 20 bis 23 t, Wagen von 7 bis 20 t mit und ohne Bespannung, Menschengedränge von 300 bis 600 kg/qm. Wie erheblich beispielsweise allein die Bespannung die Lastannahme beeinflusst, zeigen die in Tafel 2 zusammengestellten Ersatzlasten der drei gebräuchlichsten schweren Lastwagen (s. Hütte, 22. Aufl. Bd. III, S. 63). Unter Ersatzlast ist der bei gleichmäßiger Verteilung des Gesamtgewichts über die vom Fahrzeug beanspruchte Grundfläche auf die Flächeneinheit entfallende Anteil zu verstehen. Bei den Ersatzlasten für „Wagenbreite“ ist als Breite der beanspruchten Grundfläche die Kastenbreite, bei den Ersatzlasten für „Verkehrsbandbreite“ eine Breite von 2,50 m angenommen. Die genannten Abweichungen erschöpfen jedoch die Mannigfaltigkeit der Lastannahme keineswegs. Es kommt hinzu die Art der Aufstellung der Lasten, die in verschiedenster Weise abhängig gemacht wird vom örtlichen Verkehr, von der Brückenbreite, von dem zu untersuchenden Bauteil

usw. Einzelne Behörden stufen die Lasten ferner nach der Brückenlänge ab; andere wieder lassen je nach der Lastannahme wechselnde Spannungen zu. Wenn auch anerkannt werden muß, daß örtliche Verhältnisse die Lastannahme beeinflussen, so liegt doch hierin keinerlei Rechtfertigung für die willkürliche Verschiedenartigkeit der einzelnen Lastarten und ihrer Abmessungen.

Versuche zur Vereinheitlichung sind wiederholt unternommen worden. So faßte z. B. die Tagung der Landesbauräte der westlichen Provinzen Preußens in Cassel am 22. April 1912 folgenden Beschluß: „Es ist wünschenswert, für die Berechnung der Brücken in öffentlichen Wegen, abgesehen von den durch die örtlichen Verhältnisse der einzelnen Provinzen bedingten Ausnahmen — wie sie z. B. in Schleswig-Holstein und in der Rheinprovinz vorliegen — allgemein die folgenden Belastungsannahmen vorzuschreiben: Dampfwalze von 23 t, Straßenwagen von 20 t und Lastwagen von 12 t Gewicht. (Die Abmessungen der Fahrzeuge sind aus der Tafel 1 zu ersehen.) Die Belastung geschieht entweder mit einer Dampfwalze und Menschengedränge oder mit Wagenzug von einem Wagen zu 20 t, mehreren Wagen zu 12 t Gewicht und Menschengedränge von 400 kg/qm. Für untergeordnete Straßen — welche Straßen als untergeordnet anzusehen sind, ist von Fall zu Fall zu entscheiden — genügt es jedoch, der Berechnung die größten Lasten zugrunde zu legen, welche nach dem preußischen Gesetze vom 20. Juni 1887 (bzw. dem hannoverschen sogenannten Radfelngesetze von 1879) und dem Reichsautomobilgesetze vom 3. Mai 1909 und der Bundesratsverordnung vom 3. Februar 1910 zum Gemeingebrauch der Straßen zugelassen sind. In ganz besonderen Fällen können auch hiervon noch Ausnahmen zugelassen werden. Für den von den Gespannen eingenommenen Raum, dessen Länge zu 6,3 m zu rechnen ist, wird dieselbe Belastung angenommen, wie sie für Menschengedränge vorgeschrieben ist.“ Die Frage ist auch sonst in neuester Zeit mehrfach erörtert worden. Bündige Vorschläge geben insbesondere die Aufsätze von Kayser in der Zeitschrift für Bauwesen 1916, Sp. 75 u. f. und von Schaper im Zentralblatt der Bauverwaltung 1916, S. 412 u. f., auf die im folgenden eingegangen wird.<sup>1)</sup>

Tafel 2.

Fahrzeug	Gesamtgewicht t	Rad- druck t	Achs- stand m	Kasten- länge m	Länge der Bespan- nung m	Ersatzlast kg/qm			
						ohne Bespan- nung		mit Bespan- nung	
						für Wagen- breite	für Ver- kehrs- band- breite	für Wagen- breite	für Ver- kehrs- band- breite
W <sub>20</sub>	20	5	4,5 1,4	8,5 2,3	6,3	1023	941	635	584
W <sub>12</sub>	12	3	3,5 1,4	7,5 2,3	6,3	696	640	428	394
W <sub>6</sub>	6	1,5	2,6 1,4	4,6 2,0	2,9	652	522	453	363

1) Der seit einigen Monaten in der Zeitschrift „Der Brückenbau“ erscheinende Aufsatz „Einheitliche Brückenvorschriften für Mitteleuropa“ von Prof. Dr. Rob. Schönhöfer (Braunschweig) konnte noch nicht berücksichtigt werden.

Tafel 1. Übliche Belastungsannahmen einiger preussischer Behörden.

Nr.	Behörde	Dampfwalze					Dampfpflug					Fuhrwerk					Menschengedrägne neben der Last kg/qm	Menschengedrägne		Bemerkungen	
		Ges.-Gew. t	Lenkachse t	Triebachse t	Achsstand Spur m	Länge Breite m	Ges.-Gew. t	Lenkachse t	Triebachse t	Achsstand Spur m	Länge Breite m	Ges.-Gew. t	Rad- druck t	Achsstand Spur m	Länge Breite m	Länge der Be- spann. m		Art der Bespan- nung	Fahr- bahn kg/qm		Fuß- wege kg/qm
1	Landeshauptmann Danzig	23	10	13	$\frac{2,75}{1,75}$	$\frac{4,33}{2,30}$	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,4}$	$\frac{7,5}{2,3}$	5,9	4 Pferde je 0,4 t	400	400	400	Ungünstigste Last in ungünstigster Stellung umgeben von Menschengedrägne.
2	Landesdirektor Berlin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,4}$	$\frac{7,5}{2,3}$	6,3	4 Pferde je 0,4 t	400	—	400	Vergleichsweise $D_{20}$ allein, oder $W_{20}$ , $W_{12}$ und Menschengedrägne. Von 36 m Spannweite an nur Menschengedrägne.	
		20	9	11	$\frac{2,8}{1,6}$	$\frac{—}{2,20}$	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,5}{1,4}$	$\frac{8,5}{2,3}$	6,3		400	400	400		
3	Landeshauptmann Breslau	—	—	—	—	—	23	8	15	$\frac{4,60}{2,20}$	$\frac{7,10}{2,80}$	10	2,50	$\frac{3,6}{1,4}$	$\frac{7,6}{2,3}$	6,3	4 Pferde je 0,4 t	400	—	—	Abstufung der zulässigen Spannungen nach der Höhe der Lastannahmen.
4	Ldir. Hannover Lhptm. Merseburg Cassel Münster	23	10	13	$\frac{2,75}{1,50}$	$\frac{4,35}{2,00}$	—	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,5}{1,4}$	$\frac{8,5}{2,3}$	6,3	An Stelle der Bespan- nung Menschengedrägne	400	—	—	Entweder $D_{23}$ mit Menschengedrägne oder $W_{20}$ , $W_{12}$ und Menschengedrägne. Für untergeordnete Brücken die gesetzlich freizügigen Fahrzeuge.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,4}$	$\frac{7,5}{2,3}$	6,3		400	—	—	
5	Landeshauptmann Kiel	20	9	11	$\frac{3,5}{1,45}$	$\frac{5,2}{2,2}$	—	—	—	—	—	20	5	—	—	—	—	—	—	—	Daneben Armeelastenzug.
6	Landeshauptmann Düsseldorf	24	—	—	$\frac{3,5}{1,55}$	$\frac{5,0}{2,2}$	—	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,5}{1,5}$	$\frac{6,5}{2,5}$	—	—	—	—	—	—
7	Landesausschuß Sigmaringen	15	5	10	$\frac{2,775}{1,49}$	$\frac{4,65}{2,00}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\frac{400}{350}$	—	500	—
8	D.-E.-Kanalverwalt. Münster	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,0}{1,5}$	$\frac{8,0}{2,3}$	—	ohne Be- spannung	400	—	450	Daneben 6 t-Wagen, 8—10 t-Lokomotive usw.
		20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2,50	$\frac{3,5}{1,5}$	$\frac{7,5}{2,3}$	—		400	—	300	
9	Kanalbaudirektion Hannover	23	10	13	$\frac{2,75}{1,5}$	$\frac{4,35}{2,00}$	23	8	15	$\frac{4,60}{2,16}$	$\frac{7,40}{2,72}$	20	5	$\frac{4,5}{1,4}$	$\frac{8,5}{2,3}$	—	ohne Be- spannung	400	—	—	Auch Straßenbahnlastenzug und 7 t-Wagen. Je nach Brückenbreite verschiedene Lastgruppen.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,4}$	$\frac{7,5}{2,3}$	—		400	—	—	
10	Kanalbaudirektion Essen	23	10	13	$\frac{2,75}{1,55}$	$\frac{4,325}{2,1}$	—	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,5}{1,4}$	$\frac{8,5}{2,3}$	—	ohne Be- spannung	400	—	500	Entweder $D_{23}$ allein oder $W_{20}$ , $W_{12}$ und Menschengedrägne. Auch Straßenbahn.
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,4}$	$\frac{7,5}{2,3}$	—		400	400	—	
11	Ehem. Kanalbauamt Potsdam	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1,75	$\frac{2,5}{1,4}$	$\frac{6,5}{2,3}$	—	4 Pferde je 0,4 t	$\frac{400}{350}$	—	350	Hauptträger: Menschengedrägne, Querträger: $D_{20}$ , $W_{12}$ und Menschengedrägne. Längsträger: $D_{20}$ . Belageisen: $W_{20}$ .
		20	9	11	$\frac{2,8}{1,6}$	$\frac{5,0}{2,2}$	—	—	—	—	—	20	5	$\frac{4,5}{1,4}$	$\frac{8,5}{2,3}$	6,3		400	400	—	
12	Reg.-Präs. (Mas. Kan.) Königsberg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	3	$\frac{3,5}{1,5}$	$\frac{7,2}{2,5}$	6,7	4 Pferde je 0,4 t	400	—	—	Auch Armeelastenzug.
		18	8	10	$\frac{3}{1,55}$	$\frac{5,05}{2,30}$	21	7	14	$\frac{4,55}{2,15}$	$\frac{6,90}{2,93}$	12	3	$\frac{3,5}{1,5}$	$\frac{7,2}{2,5}$	6,7		400	—	—	
119		—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,50	2,125	$\frac{3,0}{1,4}$	$\frac{6,0}{2,4}$	6,7	—	—	—	—	—	—

Als Grundlage für die im Einzelfalle maßgebenden Belastungsannahmen dient in den bestehenden Vorschriften stets eine Klasseneinteilung der Brücken nach der Art und Bedeutung der überführten Straßen. So werden nach den in Bayern geltenden Bestimmungen die Straßenbrücken nach der Bedeutung des überführten Weges in drei Klassen eingeteilt. Zur Klasse 1 zählen die Staats- und Distriktsstraßen, zur Klasse 2 die Gemeindegewege und Ortsstraßen und zur Klasse 3 die Feldwege. Sachsen dagegen unterscheidet die Brücken je nachdem der überführte Weg starken, mittleren oder schwachen Verkehr hat. Württemberg wiederum berücksichtigt neben der Verkehrslage noch die Art der Deckenbearbeitung der überführten Straße und zählt zur 1. Klasse die regelmäßig mit der Dampfwalze bearbeiteten Straßen in der Nähe verkehrsreicher Orte, zur 2. Klasse die ebenso behandelten Straßen fern von großen Städten und zur 3. Klasse die nicht mit Dampfwalzen bearbeiteten, fern von verkehrsreichen Städten gelegenen Straßen usw.

Kayser empfiehlt eine Dreiteilung der Brücken nach den wichtigsten Wegeklassen, und zwar

- Klasse 1 für Haupt- und Staatsstraßen,
- „ 2 für Verbindungsstraßen und
- „ 3 für Nebenstraßen und Feldwege.

Schaper hält eine Zweiteilung für geeigneter, wobei zur Klasse 1 alle Brücken zu zählen sind, für die nach ihrer Lage und nach ihren Steigungsverhältnissen mit dem Verkehr schwerer und schwerster Lasten zu rechnen ist, während alle übrigen zur Klasse 2 gehören.

Es ist nicht zu verkennen, daß eine derartige Einteilung der Brücken nach der Bedeutung des überführten Weges dem Wesen des Bauwerks als Bestandteil dieses Weges entspricht, daher nahe liegt und zunächst angebracht erscheint; aber schon die vorstehend nachgewiesene überaus große Mannigfaltigkeit der bestehenden und vorgeschlagenen Einteilungsarten zeigt, daß sie als Grundlage für eine durchgreifende Vereinheitlichung der Belastungsannahmen schlechterdings ungeeignet ist. Es wird daher vorgeschlagen, die Brücken für sich, also unabhängig von der Beschaffenheit des überführten Weges, derart in Brückenklassen einzuteilen, daß für die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse lediglich die Größe der zulässigen Höchstbelastungen maßgebend ist, in ähnlicher Weise, wie das bei den Brücken der preußischen Staatseisenbahnverwaltung geschehen ist. Auch der oben mitgeteilte Schapersche Vorschlag gibt schon diesem Gedanken Raum. Die Bestimmung darüber, welche Brückenkategorie für einen gegebenen Fall anzuwenden ist, wird dann besonders zu treffen sein. Es liegt in der Natur der Sache, daß für gewisse wichtige Wegearten auch bestimmte Brückenklassen allgemein vorgeschrieben werden. Daneben bleibt aber die Möglichkeit offen, daß in Einzelfällen die Bestimmung darüber von der zuständigen Stelle besonders getroffen wird. Den möglichst unveränderlichen und starren Belastungsannahmen steht dann eine teilweise beweglich bleibende Festsetzung der für den einzelnen Anwendungsfall erforderlichen Brückenkategorie ausgleichend gegenüber.

Die Anzahl der zu schaffenden Brückenklassen muß zwar einerseits im Sinne einer strengen Vereinheitlichung und zur Vereinfachung möglichst gering, andererseits aber doch so

groß sein, daß der Zweck der Vereinheitlichung, die Ersparnis an Baukosten, auch erreicht wird. Schapers Zweiteilung erscheint nicht ausreichend. Nach seinem Vorschlag,  $L_0$  als Hauptlast zu verwenden, würden z. B. die Zwischenlängsträger bis zu Längen von 7 m bei Abständen bis 1,6 m nur für einen Raddruck von 3 t berechnet werden, während nach den eingangs wiedergegebenen preußischen Gesetzen zweirädrige Wagen von 7,5 t Gewicht, also mit 3,75 t Raddruck ohne Beschränkung verkehren dürfen. Diese Klasse wäre daher nur für Brücken von untergeordneter Bedeutung geeignet; alle übrigen Brücken, die doch nur zum geringsten Teile von schwersten Lasten befahren werden, müßten die schwere Ausbildung der Klasse 1 erhalten. Geeigneter erscheint schon Kaysers Dreiteilung. Es gibt jedoch noch eine ganze Reihe von Brücken mit sehr beschränktem Verkehr, die sich ohne unnötig starke Ausbildung auch in keiner dieser drei Klassen unterbringen lassen. Damit die Einteilung auch solche Bauwerke mitumfaßt, ist die Hinzufügung einer vierten Klasse ohne besondere Belastungsvorschriften vorgesehen. Es empfiehlt sich, die Klasseneinteilung nicht auf neu zu errichtende Brücken zu beschränken, sondern auch bestehende wichtige Bauwerke darin einzureihen. Die dazu erforderlichen Untersuchungen werden keine großen Schwierigkeiten bereiten, da die vorgeschlagene Vereinheitlichung der Berechnungsgrundlagen die Aufstellung von Momententafeln usw. ermöglichen und damit zu wesentlichen Vereinfachungen der Berechnung führen wird.

Die Lastenzüge der drei ersten Klassen bestehen aus Menschengedränge mit einer Gruppe schwerster Einzellasten in ungünstigster Stellung.

Als Belastung durch Menschengedränge, die zugleich als Ersatz für Belastungen der allerverschiedensten Art dienen muß, werden für Klasse 1 500, für Klasse 2 450 und für Klasse 3 400 kg/qm vorgeschlagen, und zwar abweichend von Kayser ohne Abstufung nach der Brückenlänge, die in den Grenzen der zulässigen Spannung, und folgerichtig nur da, berücksichtigt werden soll. Über die Größe der durch Menschengedränge hervorgerufenen Belastung finden sich im Schrifttum der letzten Jahre so zahlreiche eingehende Erörterungen, daß hier ein näheres Eingehen darauf entbehrlich erscheint.

Als Regellasten, d. h. Typen von Einzellasten, welche die mannigfachen Arten der schweren und schwersten Verkehrsmittel vertreten sollen, wählt Kayser im Anschluß an seine sehr dankenswerten Zusammenstellungen der wirklich vorkommenden schwersten Lasten normale Straßenwalzen und Lastkraftwagen. Grundsätzlich erscheint diese Auswahl treffend, im einzelnen sind besonders bezüglich der Gewichte und Abmessungen noch Verbesserungen erforderlich.

Regellasten müssen, um ihren Zweck, insbesondere auch den der Vereinheitlichung und Vereinfachung in vollem Umfange zu erfüllen, den folgenden Anforderungen entsprechen.

1. Sie müssen in möglichst wenig Grundformen, die für die betreffende Klasse überhaupt in Betracht kommenden schwersten Belastungen mit umfassen oder doch vertreten, nicht etwa nur die schwersten vorkommenden Lasten ihrer Gattung darstellen. Dabei wird es weniger darauf ankommen, daß die einzelnen Abmessungen und Gewichte ängstlich denjenigen bestehender Fahrzeuge und Maschinen

nachgebildet sind, als vielmehr darauf, daß die von ihnen hervorgerufenen Querkkräfte, Angriffsmomente und Stabspannkkräfte die ungünstigsten in Betracht zu ziehenden Werte erreichen. In diesem Sinne ist es auch nicht zu beanstanden, wenn sich stellenweise Zusammenstellungen von Lasten ergeben, deren gleichzeitige Wirkung unwahrscheinlich ist (z. B. Dampfwalze und Menschengedrange).

2. Sie müssen zugleich für kleine und große Spannweiten, also z. B. sowohl für die Längsträger als auch für die Hauptträger, anzuwenden sein und dabei in allen Fällen die verlangte Abstufung gewährleisten, so daß diese für Fahrbahn- und Hauptträger in gleicher Weise Platz greift.

3. Gewichte und Abmessungen der Regellasten müssen mit Rücksicht auf die Entwicklung von Verkehr und Industrie für eine etwaige künftige Vergrößerung der Lasten einigen Spielraum lassen.

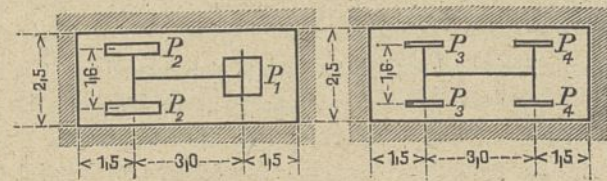
4. Zur Vereinheitlichung und Vereinfachung sind die Abmessungen — Achsstand, Spurweite, Gesamtbreite — der Regellasten nach Möglichkeit einheitlich zu wählen. Von besonderem Wert ist es, daß alle als Lasten eingeführten Fuhrwerke usw. hinsichtlich der Breite des Belastungsfeldes übereinstimmen. Die Berechnung der Querträger wird wesentlich vereinfacht, wenn die Wagen in Spuren, d. h. in der Mitte ihres Belastungsfeldes fahrend angenommen werden.

5. Es empfiehlt sich, sämtliche Fuhrwerke ohne Gespann anzunehmen. Wie aus Tafel 1 ersichtlich ist, geschieht das vielfach schon heute, u. a. sind die Brücken über den Dortmund-Ems-Kanal für unbespannte Fuhrwerke berechnet. Durch diese Annahme wird die Sicherheit gefördert, eine weitere Vereinheitlichung erzielt und dem Umstande Rechnung getragen, daß der Automobilverkehr immer größere Bedeutung erlangt.

Im Sinne der Forderung zu 1 erscheinen die Normalstraßenwalzen nach Kaysers Vorschlag zu leicht.  $D_{20}$  entspricht zwar etwa den jetzt üblichen schweren Walzen, aber es gibt schon heute Dampfplüge mit erheblich höheren Gewichten. Der von Schaper vorgeschlagene 22 t-Dampfplug ist allerdings auch nicht ausreichend, da sein statischer Einfluß auf die Fahrbahnträger noch geringer ist als derjenige von  $D_{20}$  (s. Abb. 4 Bl. 15, Linien  $S_I$  und  $K_I$ ). Als Hauptlast der Klasse 1, die möglichst auch dem zu erwartenden Zukunftsverkehr gewachsen sein muß, wird eine 23 t-Walze empfohlen von der Art, die seit langem, freilich mit einem unwahrscheinlich und unnötig kurzen Achsstand, für die Berechnung schwerster Brücken allgemein angenommen wird. Walzen von 15 und 15,5 t, die viel verwendet werden, zählen zu den mittelschweren, so daß der Klasse 2 eine 16 t-Walze entsprechen würde. Die Hauptlast der Kayserschen Klasse 3,  $D_6$  mit doppelter Pferdebespannung, fällt aus dem Rahmen der vorzuschlagenden Regellasten heraus. Der Lastkraftwagen  $L_9$ , den Schaper als Ersatz vorschlägt, ist wiederum nicht voll ausreichend, da sein statischer Einfluß für Längsträger unter demjenigen der nach preußischen Gesetzen freizügigen Fahrzeuge bleibt (vgl. Abb. 4 Bl. 15, Linie  $S_{II}$ ). Es wird daher für Klasse 3 eine Dampfwalze von 7 bis 8 t Gewicht vorgeschlagen, deren Triebadlasten etwa dem Gewicht einer Pferdebespannung gleich sind. Als Nebenlasten sind der Lastkraftwagen  $L_9$  für Klasse 1 und  $L_6$  für die Klassen

2 und 3 mit den von Kayser angegebenen Raddrücken sehr geeignet und demgemäß in den Belastungsvorschlag aufgenommen.

Ebenso wie eine Gewichtserhöhung liegt eine gedrängtere Bauart durchaus im Bereich der Möglichkeit. Die Firma Büsing-Braunschweig baut z. B. einen 7,5 t-Lastkraftwagen mit nur 2,5 m Achsstand, die Maschinenbauanstalt Heilbronn führt eine 19 t-Dampfwalze von 3,39 m Achsstand. Man trägt dieser Entwicklungsmöglichkeit Rechnung und erreicht zugleich die sehr erwünschte Einheitlichkeit, wenn man allen Regellasten einen Achsstand von 3 m gibt. Ebenso kann die Spurweite aller Fahrzeuge einheitlich zu 1,60 m gewählt werden. Die Regellasten werden in Spuren fahrend angenommen. Schräg- und Querlagen bleiben ausgeschlossen. Die Breite des Verkehrsbandes für eine Spur ist mit 2,50 m zu bemessen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist der nicht von den Verkehrsbändern beanspruchte Teil der Fahrbahnbreite  $b$  mit Menschengedrange zu besetzen. Ist  $n \cdot 2,5 < b < (n + 1) \cdot 2,5$  m, so sind demnach stets eine Dampfwalze und  $n - 1$  Lastkraftwagen nebeneinander aufzustellen und ein Streifen von der Breite  $b - n \cdot 2,5$  m, bzw. zwei Streifen von dieser Gesamtbreite mit Menschengedrange zu besetzen. (An dieser Lastenstellung ist auch dann festzuhalten, wenn für einen Bauteil der Ersatz von Lastkraftwagen durch Menschengedrange etwas ungünstiger wirken würde.) Der Abstand der Belastung durch Menschengedrange vor und hinter den Fahrzeugen kann einheitlich zu 1,50 m von der Achse aus angenommen werden (s. Text-Abb. 1). Hintereinander fahrende Lastwagen kommen nicht in Betracht.



a) Dampfwalze. b) Lastkraftwagen.

Abb. 1. Vorgeschlagene Regellastengrundrisse.

Um die aus den vorstehenden Erwägungen herzuleitenden Belastungsvorschläge hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Fahrbahnträger noch genauer zu prüfen, wurden die Höchstmomente, die sich bei Belastung durch die in Tafel 3 auf-

Tafel 3.

Last	$D_{23}$	$D_{16}^{7t}$	$D_{16}^{6t}$	$D_8$	$D_7$
$P_1$	10	7	6	6	5 t
$P_2$	6,5	4,5	5	1	1 t

geführten Maschinen ergeben, in den drei Gruppen  $D_{23}$ ,  $D_{16}^{6t}$ ,  $D_7$  sowie  $D_{23}$ ,  $D_{16}^{7t}$ ,  $D_8$  und  $D_{23}$ ,  $D_{16}^{7t}$ ,  $D_7$  als Funktionen der Trägerlänge aufgetragen (s. Abb. 1, 2 und 3 Bl. 15). Sämtliche Maschinen entsprechen den oben erörterten Bedingungen für Regellasten; insbesondere ist ohne weiteres ersichtlich, daß jede der drei Gruppen, die unter 2 (S. 123) geforderte Abstufung für alle Trägerlängen aufweist. Abb. 1 Bl. 15 gibt die Größtmomente der Zwischenlängsträger für 1,0 m und 1,6 m (punktiert) Trägerabstand. Hier wurde die Belastung durch Menschengedrange, deren Einfluß gering ist, vernach-

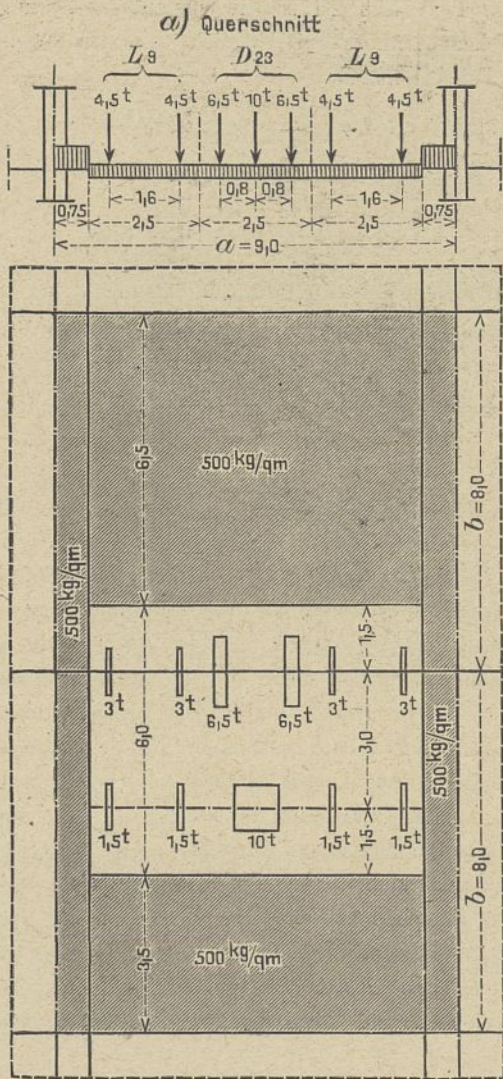


Abb. 2. Beispiel.

weite  $b = 8 \text{ m}$  und einem Längsträgerabstand  $c = 1,6 \text{ m}$  zu untersuchen. Die nach vorstehendem Vorschlag für die Klasse 1 bestimmte Lastgruppe besteht aus den Regellasten  $D_{23}$  und  $L_9$  und Menschengedrange von  $500 \text{ kg/qm}$ . Die Druckverteilung durch Fahrbahndecke, Längsträger usw. bleibt unberücksichtigt.

Für den Zwischenlängsträger wird ohne Berücksichtigung des vor und hinter den Regellasten stehenden Menschengedranges die ungünstigste Laststellung erreicht, wenn  $D_{23}$  mit dem Vorderrad von  $P_1 = 10 \text{ t}$  Gewicht über

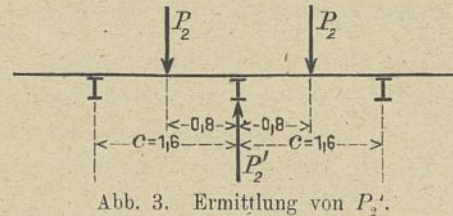


Abb. 3. Ermittlung von  $P_2'$ .

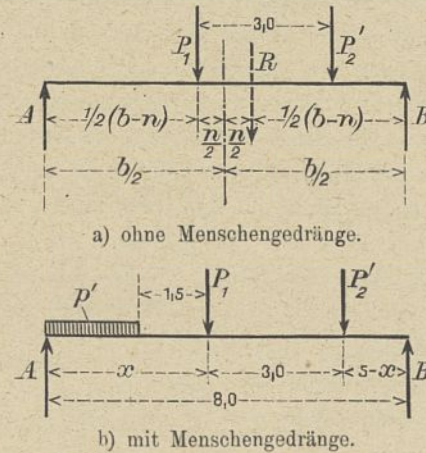


Abb. 4. Belastung des Längsträgers.

lässt. Inwieweit Menschengedrange bei der Berechnung der Längsträger überhaupt berücksichtigt werden muß, wird unten noch näher ausgeführt werden. Abb. 2 Bl. 15 zeigt die Größtmomente eines 4 m, Abb. 3 Bl. 15 die eines 9 m langen Querträgers, entsprechend einer ein- bzw. dreispurigen Brücke. Hier wurden neben der Hauptlast die der Klasse entsprechenden Lastkraftwagen  $L_9$  und  $L_6$  und das zugehörige Menschengedrange mit berücksichtigt. Die punktierten Linien geben die Größtmomente bei Vernachlässigung des Menschengedranges an und lassen den hier mit der Trägerlänge schnell wachsenden Einfluß dieser Nebenlast erkennen. Für Längs- und Querträger zeigt in allen untersuchten Fällen die Gruppe  $D_{23}$ ,  $D_{16}^{7t}$  und  $D_7$  die beste Abstufung. Die Kurven können insbesondere auch dazu dienen, die durch andere Lasten erzeugten Höchstmomente mit dem Ergebnis der vorgeschlagenen Belastungsannahmen zu vergleichen. Für weitgespannte Hauptträger ist ein Vergleich auch ohne besondere Hilfsmittel leicht anzustellen, einer Ausdehnung der Darstellungen auf solche bedurfte es nicht. Den bei der Errechnung der Momente eingeschlagenen Weg zeigt das folgende Beispiel, das gleichzeitig die Zulässigkeit der Vernachlässigung des Menschengedranges bei der Berechnung der Längsträger erweisen soll.

Beispiel.

Es sei gemäß Text-Abb. 2 eine dreispurige Brücke der Klasse 1 mit einem Hauptträgerabstand  $a = 9 \text{ m}$ , einer Feld-

dem Träger steht. Die Hinterräder von je  $6,5 \text{ t}$  Gewicht belasten den Träger nach Text-Abb. 3 mit

$$P_2' = \frac{2 P_2 (c - 0,8)}{c} = 6,5 \text{ t.}$$

Die Mittelkraft beider Lasten ist  $R = P_1 + P_2' = 16,5 \text{ t}$ ; ihr Abstand  $n$  von  $P_1$  beträgt  $n = \frac{6,5 \cdot 3}{16,5} = 1,182 \text{ m}$ .

Aus der Bedingung, daß das Größtmoment dann eintritt, wenn die Brückenmitte den Abstand der Mittelkraft vom Angriffspunkt der schwersten Last hälftet, ergibt sich als ungünstigste Laststellung die in Text-Abb. 4 a dargestellte. Hierfür ist das Größtmoment

$$M_{\max} = \frac{R (b - n)^2}{4 b} = \frac{16,5 (8,0 - 1,182)^2}{4 \cdot 8,0} = 23,969 \text{ tm.}$$

Mit Berücksichtigung des Menschengedranges  $p = 0,5 \text{ t/qm}$ , das nach den obigen Annahmen  $1,5 \text{ m}$  vor der Last  $P_1$  aufzustellen ist und dessen Anteil für den Längsträger

$$p' = c \cdot p = 1,6 \cdot 0,5 = 0,8 \text{ t/m}$$

ist, ergibt sich das Lastenbild der Text-Abb. 4 b. Es ist wieder  $P_1 = 10 \text{ t}$ ,  $P_2' = 6,5 \text{ t}$ . Hieraus folgt:

$$8 A = P_2' (5 - x) + P_1 (8 - x) + p' (x - 1,5) \left( 8 - \frac{x - 1,5}{2} \right)$$

$$A = - 0,05 x^2 - 1,11 x + 12,76.$$

Das größte Moment tritt unter der Last  $P_1$  auf. Hier ist

$$M = A \cdot x - p(x-1,5) \cdot \frac{x+1,5}{2}$$

$$= -0,05x^3 - 1,51x^2 + 12,76x + 0,9.$$

Dieses Moment erreicht den Größtwert, wenn

$$\frac{dM}{dx} = -0,15x^2 - 3,02x + 12,76 = 0$$

oder  $x = \text{rd. } 3,58 \text{ m}$ . Dann ist  $M_{\text{max}} = 24,911 \text{ tm}$ .

Von diesem genauen Wert weicht das Größtmoment bei Vernachlässigung des Menschengedränges nur um rund  $24,911 - 23,969 = 0,942 \text{ tm}$  oder  $\frac{0,942 \cdot 100}{24,91} = 3,78 \text{ vH.}$  ab.

Für die gleichen Abmessungen beträgt der Fehler in der zweiten Klasse rd. 4,7 vH. und in der dritten Klasse rd. 8,2 vH. (s. Abb. 5 Bl. 15). Er verringert sich mit abnehmender Feldweite und kann für den Zweck dieses Vergleichs in allen Fällen vernachlässigt werden.

Für den Querträger ergibt sich aus der Fahrbahnbreite von  $3 \times 2,50 = 7,50 \text{ m}$  und beiderseits je 0,75 Abstand der Hauptträgerachse von der Bordkante eine Länge von  $a = 9,0 \text{ m}$  (s. Text-Abb. 2). Die ungünstigste Belastung tritt ein, wenn neben der in Brückenmitte mit den Hinterrädern auf dem Querträger befindlichen  $D_{23}$  beiderseits je ein  $L_9$  in gleicher Fahrtrichtung ebenfalls mit den Hinterrädern auf dem Träger ruht und die Restfläche der Fahrbahn sowie der Bord mit Menschengedränge besetzt sind. Zur Ermittlung des Momentes sei die Gesamtbelastung in drei Einzelteile zerlegt:

1. Regellasten (s. Text-Abb. 5 a).
2. Bordgedränge (s. Text-Abb. 5 b).
3. Fahrbahngedränge auf der Restfläche (s. Text-Abb. 5 c).

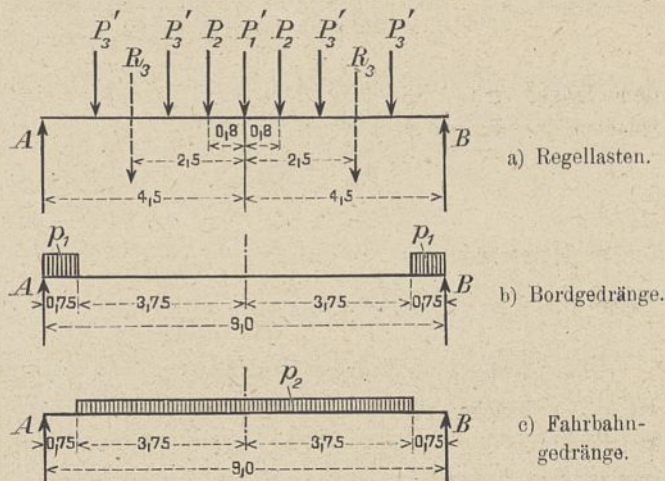


Abb. 5. Belastung des Querträgers.

Zu 1. Wie vorhin ist  $P_1 = 10 \text{ t}$  und  $P_2 = 6,5 \text{ t}$ . Von  $P_1$  entfällt auf den Träger der Anteil  $P_1' = \frac{P_1 \cdot (8,0 - 3,0)}{8,0} = 6,25 \text{ t}$ .

Die Last eines Hinterrades von  $L_9$  beträgt 3 t. Hierzu kommt der Anteil des mit 1,5 t belasteten Vorderrades, so daß  $P_3' = 3 + \frac{1,5(8,0 - 3,0)}{8,0} = 3,94 \text{ t}$ . Dem entspricht in der

Trägermitte ein Größtmoment von  $M_1 = 53,86 \text{ tm}$ .

Zu 2. Die Belastung des Querträgers infolge des Bordgedränges ist  $p_1 = p \cdot b = 0,5 \cdot 8,0 = 4 \text{ t/m}$ , der Momentenanteil demnach  $M_2 = \frac{0,75^2}{2} \cdot p_1 = 1,125 \text{ tm}$ .

Zu 3. Nach Text-Abb. 2 d ist die Querträgerbelastung infolge des Menschengedränges auf der nicht von den Regellasten besetzten Fahrbahnfläche

$$p_2 = \frac{p}{2b} \{ (b-4,5)^2 + (b-1,5)^2 \} = 1,7 \text{ t/m}$$

und der hierdurch erzeugte Momentenanteil

$$M_3 = 3,75 \cdot 4,5 \cdot p_2 - \frac{3,75^2}{2} \cdot p_2 = 16,74 \text{ tm}.$$

Das Größtmoment aus sämtlichen Belastungen ergibt sich zu  $M_{\text{max}} = \Sigma M = 53,86 + 1,13 + 16,74 = 71,73 \text{ tm}$ .

Der Anteil des Menschengedränges beträgt

$$M_2 + M_3 = 1,13 + 16,74 = 17,87 \text{ tm}$$

$$\text{oder } \frac{17,87 \cdot 100}{53,86} = 33,2 \text{ vH.}$$

Eine Vernachlässigung seines Einflusses kommt hier also nicht in Frage.

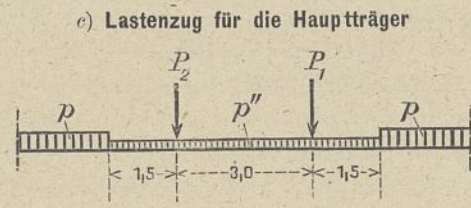
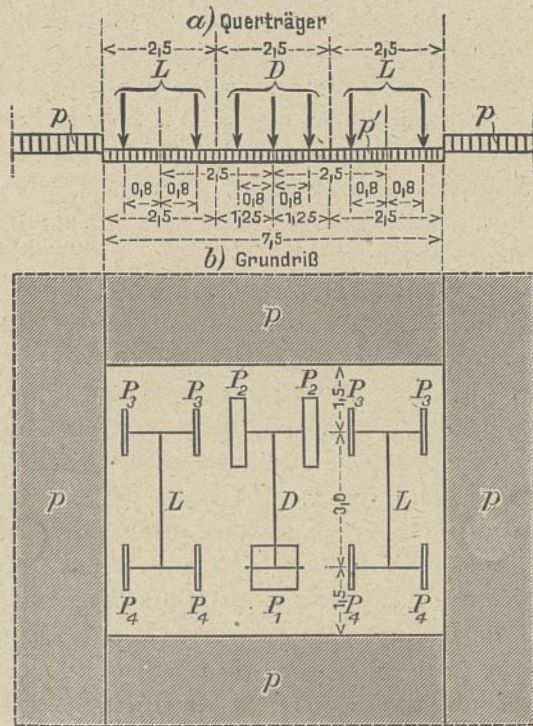
Die nach dem Vorstehenden empfehlenswertesten und demzufolge von den Verfassern vorgeschlagenen Lastgruppen sind in der Text-Abb. 6 dargestellt. Einige Angaben über die Fahrzeuge dieser Gruppen, insbesondere die Ersatzlasten für Verkehrsbandbreite, faßt die untenstehende Tafel 4 kurz zusammen. Für die Klasse 4, die ohne bestimmte Lastvorschriften bleiben soll, wird meist die Verwendung von Lastwagen in Frage kommen, wie sie bisher vielfach den Berechnungen zugrunde gelegt wurden. Straßenbahnen sind nicht besonders berücksichtigt. Sie bleiben mit ihren Gewichten, wie ein Vergleich der im Jahrgang 1916 dieser Zeitschrift Spalte 91 und 92 von Kayser aufgeführten Ersatzlasten mit den in Tafel 4 angegebenen zeigt, vielfach im Rahmen der vorgeschlagenen Regellasten.

Um einen Vergleich mit den Vorschlägen von Kayser und Schaper zu ermöglichen, wurden in der Abb. 4 Bl. 15 die Längsträger-Größtmomente aller vorgeschlagenen Hauptlasten für Trägerabstände von 1,0 und 1,6 m als Funktionen der Trägerlänge zusammengestellt. Es sind nur die Hauptlasten berücksichtigt. Für den Kayserschen Vorschlag wurden außerdem die Größtmomente infolge eines Lastenzuges aus Hauptlast mit umgebenden Menschengedränge dargestellt, um auch hier den geringen Einfluß des Menschengedränges zu zeigen. Die Momente infolge dieses Lastenzuges sind bis zu 8,0 m Trägerlänge größer als die infolge eines Lastenzuges aus hintereinandergestellten Regellasten, wie ihn Kayser für die Berechnung der Fahrbahnglieder empfiehlt. Es zeigt sich ferner, daß bei Kayser, wie ohnehin ersichtlich, das Angriffsmoment infolge der für Klasse 2 vorgeschlagenen Last  $D_{14}$

Tafel 4.

Fahrzeug	Gesamtgewicht t	Lenkachse t	Triebachse t	Achsstand Spurweite m	Länge des Verkehrs- bandes m	Ersatzlast kg/qm
$D_{23}$	23	10	13	} 3,0 1,6	} 6,0 2,5	1533
$D_{16}$	16	7	9			1067
$D_7$	7	5	2			467
$L_9$	9	3	6			600
$L_6$	6	1,5	4,5			400





d) Gewichtstafel für die Lastengruppen

Lasten . . . . .	Klasse				
	I	II	III	IV	
Regellasten . . . . .	D <sub>23</sub> L <sub>9</sub>	D <sub>16</sub> L <sub>6</sub>	D <sub>7</sub> L <sub>6</sub>	Ohne Regellasten	
Menschengedränge p kg/qm	500	450	400		
Einzellasten in t	P <sub>1</sub>	10	7		5
	P <sub>2</sub>	6,5	4,5		1
	P <sub>3</sub>	3	2,25		
	P <sub>4</sub>	1,5	0,75		

Abb. 6. Neu vorgeschlagene Lastgruppen für alle Brückenklassen gültig.

kleiner ist, als dasjenige der für Klasse 3 vorgesehenen 6 t-Walze; schon aus diesem Grunde sind die von Kayser vorgeschlagenen Regellasten für die vorgesehene allgemeine Vorschrift nicht geeignet (vgl. oben Forderung 2). Der Vergleich zeigt auch, daß die Schaperschen Lasten geringere Angriffsmomente hervorrufen als die zu ersetzenden Kayser'schen Lasten. Schließlich sei noch auf die entsprechende Linie für die 23 t-Dampfwalze mit 2,75 m Achsstand und 1,5 m Spurweite hingewiesen, die beigegeben wurde, um einen Vergleich mit der zurzeit als schwerste Last üblichen Walze zu ermöglichen. Das Eigengewicht der Träger blieb in den dargestellten Momenten unberücksichtigt.

Die zu erlassenden Bestimmungen würden noch durch die Festsetzung einheitlicher Zahlen für die Berücksichtigung des Winddrucks und des Einflusses der Wärmeänderungen zu ergänzen sein, doch können diese Zahlen in Übereinstimmung mit den für Eisenbahnbrücken<sup>1)</sup> geltenden Werten angenommen werden. Schneelast kann regelmäßig unberücksichtigt bleiben.

Um die Vereinheitlichung vollständig zu machen, müßten ferner auch gewisse Vereinfachungen des Rechnungsganges, wie sie auch jetzt schon üblich sind, als bindende Vorschriften in die Belastungsbestimmungen aufgenommen werden. Dahin gehören:

a) Für die Bestimmung des Angriffsmomentes der Längsträger bleibt die lastverteilende Wirkung der Querträger zweiter Ordnung, für das Angriffsmoment der Querträger entsprechend die lastverteilende Wirkung der Längsträger außer Betracht. Erwünscht wäre auch eine Vorschrift über die Berücksichtigung der druckverteilenden Wirkung der Fahrbahndecke.

b) Für die Anwendung sonstiger wichtiger Rechnungsvereinfachungen soll entscheidend sein, daß die daraus entspringenden Fehler im allgemeinen 5 vH. des Ergebnisses

1) Bezüglich der für die Staatsbahnen Preußens gültigen Bestimmungen vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1903, S. 303.

der genauen Rechnung nicht zu ungunsten der Sicherheit überschreiten dürfen. U. a. läßt sich dann die Berechnung der Längsträger durch Vernachlässigung des um die Regellasten aufzustellenden Menschengedränges erheblich kürzen. Legt man der Errechnung der Größtmomente die Lasten der Text-Abb. 6 zugrunde, so bleibt der Fehler infolge Vernachlässigung des Menschengedränges z. B. bei 1,6 m Längsträgerabstand für Klasse 1 bis 9 m, für Klasse 2 bis 8 m und für Klasse 3 bis über 6 m unter 5 vH. des Größtmomentes (s. Abb. 5 Bl. 15). Da nun größere Feldweiten als 6 m für die 3., 8 m für die 2. und 9 m für die 1. Klasse kaum vorkommen, so wird sich eine Berücksichtigung des Menschengedränges in der Regel erübrigen.

c) Für die Längs- und Querträger gilt als größtes Gesamtmoment die Summe des größten Angriffsmomentes infolge der Verkehrslast p und des regelmäßig in der Trägermitte auftretenden Größtmomentes infolge des Eigengewichtes g (gegebenenfalls zuzüglich des Einflusses sonstiger Kräfte) ohne Berücksichtigung des Umstandes, daß diese an verschiedenen Stellen auftreten. Ist — z. B. zur Festsetzung der für die Gurtplatten erforderlichen Längen — eine Darstellung der gesamten Momentenfläche notwendig, so ist diese durch einen Linienzug gemäß Text-Abb. 7 zu ersetzen, in der die Kurvenstücke 1 und 3 Parabeln darstellen, deren bei A und A' belegene Scheitelpunkte durch eine Gerade 2 verbunden sind.

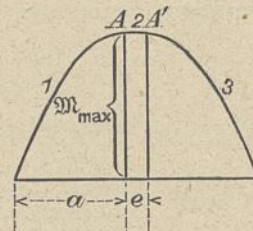


Abb. 7. Momentenfläche.

Was für Längsträger gilt, gilt auch für Blechträger oder als Hauptträger dienende Walzprofile und kann auch auf sonstige Hauptträger kleiner Spannweite sinngemäß Anwendung finden. Für die Berechnung der Hauptträger größerer Spannweite tritt an Stelle der Einzellasten die gleichmäßig verteilte Belastung durch Menschengedränge, und zwar wird auch hier die Grenze da festzulegen sein, wo der Fehler

der vereinfachten Rechnung gegen das genaue Ergebnis bei Aufstellung der schwersten Regellasten der Klasse über den Spitzen der Einflußfläche 5 vH. nicht überschreitet. Für die Festlegung dieser Grenze ist also zunächst — wie Kayser in seinem mehrfach genannten Aufsatz betont — die Form der Einflußlinie, daneben aber auch das Verhältnis der Größe der Verkehrslast zum Eigengewicht, mittelbar also auch die Gesamtgröße der Brücke, maßgebend. Ins einzelne gehende Angaben darüber, von welchen Spannweiten ab und bei welcher Gestaltung der Einflußfläche danach von einer Einführung der Einzellasten abgesehen werden darf, bleiben vorbehalten.

Für die Querschnittsbemessung eines Bauteiles ist neben den Belastungsannahmen die für den Baustoff zulässige Beanspruchung bestimmend. Um eine Vereinheitlichung der Berechnung von Straßenbrücken zu erzielen, wird man daher neben den in Ansatz zu stellenden Lasten auch Spannungsgrenzwerte festsetzen müssen. Man pflegt die Stabspannungen der Brückenträger unter Berücksichtigung der Verkehrslasten, des Eigengewichts und des Winddrucks (und, wofern die Brücke von Eisenbahnzügen befahren wird, auch der Brems- und Fliehkräfte), sowie bei statisch unbestimmten Trägern auch des Einflusses von Temperaturänderungen zu berechnen und dabei die gegliederten Träger als Fachwerke mit reibungslosen Knotengelenken zu behandeln. Die Spannungsgrenzwerte sind daher für dergestalt berechnete Stäbe festzulegen, und die Zusatzspannungen infolge der starren Knotenpunktverbindungen, unbeabsichtigter Exzentrizitäten, der Ungleichmäßigkeit des Baustoffs, der Bearbeitungsfehler und der Stoßwirkungen durch die Wahl entsprechender Spannungszahlen zu berücksichtigen, wobei aber auf der anderen Seite zu beachten bleibt, daß ein gleichzeitiges Auftreten aller in Rechnung zu stellenden Lasten wenn überhaupt so doch nur in seltenen Ausnahmefällen zu erwarten ist und daß dem Eisen für solch seltene Ausnahmefälle eine erhöhte Beanspruchung zugemutet werden darf.

In üblicher Weise sollen zwei Reihen von Beanspruchungsgrenzwerten vorgeschlagen werden, die erste für Berechnung mit Berücksichtigung des Winddrucks, die zweite für

Berechnung ohne eine solche. Für alle vom Wind beeinflussten Stäbe sind die Zahlen der ersten Reihe als in erster Linie maßgebend anzusehen, jedoch kann für überschlägliche Berechnungen vielfach auch die zweite Reihe benutzt werden. Für wichtige Fälle wird empfohlen, die Innehaltung beider Spannungsgrenzen nachzuweisen. Für Stäbe, auf deren Spannung der Wind keinen Einfluß hat, gelten regelmäßig die Zahlen der zweiten Reihe.

Die vorgeschriebenen Lastgruppen sollen bei allen drei Brückenklassen übereinstimmend Grenzfälle der Belastung darstellen, die noch als im Bereich der Möglichkeit liegend anzusehen sind, die Spannungsgrenzwerte sind daher, abgesehen von der erörterten Rücksichtnahme auf die Windkräfte, nicht nach der Größe der Belastung abzustufen (vgl. demgegenüber Zeitschr. f. Bauw. 1916, Spalte 96). Dagegen ist eine Abstufung der Spannungszahlen (bzw. der etwa einzuführenden Stoßbeiwerte) nach der Stützweite der Brücken durchaus angemessen, da mit zunehmender Weite die Einflüsse der stoßweise wirkenden Verkehrslasten verhältnismäßig geringer werden und andererseits auch die Wahrscheinlichkeit einer vollen Belastung im Sinne der vorgesehenen Belastungsvorschriften abnimmt. Mit Rücksicht auf die Stoßwirkungen ist es ferner angebracht, für die den Lastangriff unmittelbar aufnehmenden Fahrbahnträger geringere Spannungszahlen (bzw. höhere Stoßbeiwerte) festzusetzen als für die Hauptträger. — Auch mit zunehmender Brückenbreite wird das Verhältnis von Verkehrslast und Eigengewicht günstiger und damit der Einfluß der Stoßwirkungen kleiner, andererseits auch die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Zusammentreffens der vollen in Ansatz zu stellenden Belastungen geringer. Mit Rücksicht darauf wird empfohlen, die zulässigen Beanspruchungen auch mit zunehmender Brückenbreite zu erhöhen. Ins einzelne gehende Vorschläge über das Maß der Erhöhung beiben für den Fall, daß dieser Gedanke Zustimmung findet, vorbehalten.

Der Zweck der Vereinheitlichung und Vereinfachung wird am besten erreicht, wenn man auch das Verfahren zur Berechnung der Stabquerschnitte möglichst einfach gestaltet. Schon aus diesem Grunde wird hier vorgeschlagen, daß bei

Tafel 5.

Bauteil	Stützweite bis zu m	Mit			Ohne			Zulässige Beanspruchung der Niete	
		Rücksicht auf Wind						auf Abscheren kg/qcm	auf Lochleibung kg/qcm
		zulässige Beanspruchung kg/qm	Bei Knickgefahr		zulässige Beanspruchung kg/qm	Bei Knickgefahr			
Sicherheitsgrad $\nu$	erforderliches Trägheitsmoment $cm^4$		Sicherheitsgrad $\nu$	erforderliches Trägheitsmoment $cm^4$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauptträger	10	1150	4,7	$2,24 Pl^2$	1000	5,0	$2,38 Pl^2$	830	1660
	20	1200	4,6	$2,19 Pl^2$	1050	4,9	$2,33 Pl^2$	870	1740
	40	1250	4,5	$2,14 Pl^2$	1100	4,8	$2,28 Pl^2$	910	1820
	80	1300	4,4	$2,09 Pl^2$	1150	4,7	$2,24 Pl^2$	960	1920
	120	1350	4,3	$2,04 Pl^2$	1200	4,6	$2,19 Pl^2$	1000	2000
	160	1400	4,2	$2,00 Pl^2$	1250	4,5	$2,14 Pl^2$	1040	2080
	> 160	1450	4,1	$1,95 Pl^2$	1300	4,4	$2,09 Pl^2$	1080	2160
Fahrbahnglieder	unbegrenzt	—	—	—	1000	—	—	830	1660

der Festsetzung der für die Fachwerkstäbe zulässigen Höchstbeanspruchung der Spannungswechsel außer Betracht bleibt, desgleichen auch das Verhältnis zwischen dem durch Verkehrslast und dem durch Eigengewicht hervorgerufenen Spannungsanteil (soweit dieses nicht schon durch die Abstufung der Spannungsgrenzwerte nach der Stützweite und Breite berücksichtigt ist). Demgemäß wird die Anwendung der in den Spalten 3, 6, 9 und 10 der vorstehenden Tafel 5 angegebenen Beanspruchungszahlen empfohlen, die der Veröffentlichung Schapers im Zentralblatt der Bauverwaltung 1916, S. 416 entnommen sind. Für ein solches Verfahren sprechen seine Einfachheit und seine bisherige vorzügliche praktische Bewährung, z. B. in Preußen. Vom Standpunkt theoretischer Betrachtung läßt sich freilich einwenden, daß ihm auch gewisse Mängel anhaften, die eben in der Nichtberücksichtigung des Spannungswechsels und des Verhältnisses zwischen stoßweise angreifenden und stoßfrei wirkenden Lasten bestehen (das für die verschiedenen Stäbe desselben Fachwerks oft sehr verschieden ist). Für den Fall, daß etwa eine Berücksichtigung dieser Größen verlangt wird, verweisen wir bezüglich der dabei anzuwendenden Rechnungsweisen auf das umfangreiche Schrifttum darüber, z. B. den Aufsatz von Krohn im Zentralblatt der Bauverwaltung, Jahrg. 1917, S. 436; näher darauf einzugehen, ist nicht Aufgabe dieser Arbeit.

Für den Nachweis der Knicksicherheit wird die Anwendung der zweiten Eulergleichung vorgeschlagen, wobei als Stablänge die Knotenpunktsentfernung einzuführen ist. Für Flußeisen mit  $E = 2100 \text{ t/cm}^2$  ergibt sich daraus das erforderliche Trägheitsmoment (in  $\text{cm}^4$ ), wenn man  $\nu$ -fache Knicksicherheit verlangt, dabei die Längskraft  $P$  in  $t$  und die Stablänge  $l$  in  $m$  einführt und  $\pi^2$  durch 10 ersetzt:  $J \geq \frac{\nu}{2,1} P \cdot l^2$ , also z. B. für  $\nu = 5$ :  $J \geq 2,38 P l^2$  und für  $\nu = 4$ :  $J \geq 1,90 P l^2$ .

Die Gründe, die dazu geführt haben, mit zunehmender Stützweite der Brücken erhöhte Spannungszahlen zuzulassen, gelten sinngemäß auch für die Knickbeanspruchung. Wenn man danach strebt, zur möglichst vollkommenen Ausnutzung des Baustoffes für alle Stäbe tunlichst dieselbe Sicherheit zu erreichen, so wird man daher in ähnlicher Weise wie die zulässigen Beanspruchungen  $S$  auch den zu verlangenden Sicherheitsgrad gegen Knicken  $\nu$  nach der Brückenweite abstufen müssen. Um zu einer solchen Abstufung zu gelangen, sei vorläufig die Anwendung der folgenden Regel empfohlen. Man wählt

soweit  $S \leq 1,0 \text{ t/qcm}$ :  $\nu \geq 5$ , also  $J \geq 2,38 P l^2$   
(oder rd.  $\geq 2,5 P l^2$ ),

soweit  $S \geq 1,5 \text{ t/qcm}$ :  $\nu \geq 4$ , also  $J \geq 1,90 P l^2$   
(oder rd.  $\geq 2,0 P l^2$ ),

soweit  $1 \text{ t/qcm} < S < 1,5 \text{ t/qcm}$ :  $J \geq (3,4 - S) P l^2$ ,  
welch letztere Beziehung einen linearen Ausgleich zwischen den in den vorangehenden Zeilen angegebenen Werten entspricht. Die daraus sich ergebenden Werte für  $\nu$  und  $J$  sind in den Spalten 4, 5, 7 und 8 der Tafel 5 angegeben.

In Fällen, wo die sogenannte Knickspannung  $\left[ \sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2 \cdot F} \right]$

die Proportionalitätsgrenze wesentlich überschreitet, empfiehlt sich eine Nachprüfung der Knicksicherheit nach einem anderen Verfahren. Bestimmte Vorschriften über den in diesem Falle zu wählenden Rechnungsgang zu machen, erscheint indes bei dem gegenwärtigen Stande der Forschungen auf diesem Gebiete noch nicht angebracht. Macht man dabei etwa von der Tetmajergleichung ( $P_K = 3100 - 11,4 \lambda$ ) Gebrauch, so wird man sich an Stelle der 5- bis 4fachen Sicherheit nach der Eulergleichung etwa mit einer 2,3- bis 2,2fachen Sicherheit begnügen können.

Zusammenfassend stellen wir als Ergebnis des Vorstehenden zur Erörterung:

Für die Standsicherheitsberechnungen eiserner Straßenbrücken sind einheitliche Belastungsannahmen und Spannungsgrenzwerte festzusetzen.

Die Belastungsannahmen sind dabei nach Klassen abzustufen, derart, daß für die Zugehörigkeit einer Brücke zu einer Klasse ausschließlich die den Querschnittsabmessungen zugrunde gelegten Belastungen maßgebend sind.

Es sind Belastungsannahmen für drei Klassen festzusetzen; daneben würde eine vierte Brückenklasse ohne bestimmte Belastungsvorschriften bestehen.

Für die anzuwendenden Belastungen und Beanspruchungen sind unter Anlehnung an frühere Veröffentlichungen Einzelvorschläge gemacht, bei deren Aufstellung unter Verzicht auf genaue Übereinstimmung der Regellasten mit den Gewichten und Abmessungen der gegenwärtig vorkommenden Fahrzeuge größtmögliche Vereinfachung und Vereinheitlichung angestrebt ist.

Für Brücken von größeren Spannweiten sollen höhere Beanspruchungen zugelassen werden. Dagegen sollen die Belastungsannahmen von der Stützweite und die für alle Brückenklassen übereinstimmenden Spannungsgrenzwerte von den Belastungsannahmen unabhängig sein.

## Die Ausgestaltung der Landstraßen mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr.\*)

Vom Regierungsbauführer Dr.-Ing. Jens Agerley in Schiewenhorst, Danziger Niederung.

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Einleitung.

In der Geschichte der menschlichen Kulturentwicklung spielen die Landstraßen von jeher eine bedeutende Rolle, und vor allen Dingen seit der Verwendung von Fahrzeugen richtete man sein Augenmerk auf den Ausbau von festen und ebenen Wegen. Wagenbau und Straßenbau sind geschichtlich und technisch untrennbar miteinander verbunden. Verkehrswege haben schon im grauen Altertum bei allen

Kulturvölkern und auch in unkultivierten Ländern bestanden, teils als einfache, unbefestigte Erdwege, teils als künstlich ausgebaute Straßen. Vorbildliches haben besonders die Römer auf diesem Gebiete geleistet. Ihre Straßenanlagen bilden eine der wichtigsten Stufen in der Entwicklung des Verkehrswesens; ja, sie rühmten sich selbst, daß ihre Wege „bis ans Ende der Welt“ führten.

Im Mittelalter wurde aber die Pflege des Landstraßenbaues vernachlässigt. Die großen alten Quadern, aus denen das römische Pflaster bestand, riß man vielfach auf und benutzte sie oft zu anderen Bauzwecken. In welchem Zustande sich die Wege zu jener Zeit befanden, wird man

\*) Die nachstehenden Untersuchungen verdanken ihr Entstehen einer Anregung des Geheimen Baurats Gerlach, Professor an der Techn. Hochschule in Danzig, die er in seiner Vorlesung über Straßenbau gegeben hat.

darin ermessen können, daß einem Prinzen, der durch Kur-sachsen reiste, auf dieser Fahrt nicht weniger als 25 Wagen-räder zerbrachen<sup>1)</sup>. Die Mutigen, die sich mit ihrer Kutsche auf die Landstraße wagten, waren oft genug gezwungen, Leute mitzunehmen, die den Wagen wieder flott machen konnten, wenn er infolge der tiefen Schlaglöcher umkippte oder im Schlamm stecken blieb<sup>2)</sup>. Wer schnell vorwärts kommen wollte, der ging zu Fuß; brauchte man doch, um mit Fuhrwerk eine Meile zurückzulegen, durchschnittlich vier Stunden, wenigstens in Norddeutschland. In Süddeutschland waren die Verhältnisse im allgemeinen besser. „Am längsten blieb in dieser Hinsicht Preußen zurück. Dieses hat erst 1787 die ersten Chausseen erhalten“<sup>3)</sup>. Friedrich der Große hat zwar den Wert gut angelegter Verbindungswege sehr wohl erkannt: aber er hat keine ausführen lassen; denn da er sie für günstige Einfallstore für den Feind hielt, so betrachtete er sie mit einem gewissen Argwohn. „Auch schreibt man ihm die bezeichnende Äußerung zu: je schlechter die Straßen, desto länger müssen die Fuhrleute im Lande verweilen, und desto mehr Geld lassen sie darin zurück“.

Der Ausbau des deutschen Landstraßennetzes ist in der Hauptsache erst im 19. Jahrhundert erfolgt. Hat man doch erst an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert durch den Schotten Mac Adam die Kunst wieder gelernt, wirklich gute und haltbare Chausseen zu bauen, die seit der Römerzeit verloren gegangen war. Einer der Hauptförderer des Straßenbaues in Deutschland und Frankreich war Napoleon I. Natürlich leiteten ihn hierbei wesentlich militärische Rücksichten. Aber waren die Straßen auch in erster Linie zu Kriegszwecken angelegt, so dienten sie doch bald immer mehr dem Güter- und Warenaustausch und dem Reiseverkehr. Die Glanzzeit der Postkutsche begann, und es ertönten damals ähnliche Klagen über deren rasende Geschwindigkeit, wie gegenwärtig über die der Kraftfahrzeuge. Doch diese Blüte des Straßenbaues war nur von kurzer Dauer, bald versanken die Straßen in einen sanften Dornröschenschlaf; denn ein anderes, schnelleres Verkehrsmittel erlangte immer größere Verbreitung: die Eisenbahn. Damit war die weitere Entwicklung der Chausseen freilich zunächst unterbunden, und es fehlte nicht an Stimmen, welche die vollkommene Verödung der Landstraßen voraussagten und spöttisch vorschlugen, diese als Viehweiden zu verpachten. Aber bald zeigte es sich, daß es falsche Propheten gewesen waren, die diese Ansichten verbreitet hatten. Gewiß verloren die Landstraßen zunächst an Bedeutung, denn während sie früher auch den Fernverkehr vermitteln mußten, sanken sie nach und nach, je dichtmaschiger das Eisenbahnnetz wurde, auf die Stufe einer rein örtlichen Verkehrseinrichtung herab; denn sie konnten mit dem Schienenweg nicht in Wettbewerb treten, da dieser die Waren schneller und billiger zu befördern vermochte. Jedoch bald erkannte man, daß die Eisenbahnen ihre volle Bedeutung nur erlangen könnten, wenn ein genügendes Netz brauchbarer Landstraßen vorhanden sei. „Die Eisenbahnen“, sagt Prof. Pohle, „vermögen nur da ihren ganzen Nutzen

zu entfalten, wo ein wohl ausgebautes Netz von Landstraßen vorhanden ist, die den Bahnen als Güterzubringer und Güterverteiler dienen. Die Landstraßen sind die kleinen Adern, welche das Blut in die Eisenbahnen als in die Hauptadern leiten und es von da wieder ableiten und weiter verteilen“<sup>4)</sup> Wuchsen schon aus diesem Grunde die Gesamtsumme der bewegten Lasten und auch die Größtwerte der Achsbelastungen, so hat sich jedoch seit der Vervollkommnung des Kraftwagenverkehrs in den letzten Jahrzehnten das Verkehrsbild auf den Straßen wieder vollständig geändert, und nunmehr scheint der Landstraße als Bahn des Wagenverkehrs eine neue und verheißungsvolle Zukunft zu erblühen.

Allerdings waren es anfänglich zur Hauptsache Sportsmänner, die das „Automobil“ benutzten, aber sehr bald wurde es mehr und mehr zum Nutzfahrzeug für viele Leute bei der täglichen Ausübung ihres Berufes, und schließlich war es der Lastenverfrachter, der den Wert eines schnellen und leistungsfähigen Fahrzeuges erkannte. Jedoch die große Masse des Volkes erblickte in dem Kraftwagen nur ein Luxusfahrzeug und schien wenig geneigt, Geldmittel zu bewilligen für den Weiterausbau der Überlandstraßen, die nach ihrer Ansicht doch nur dem verhassten „Autler“ zugute kämen, der mit dem Benzingeruch und der Staubentwicklung seines Wagens die übrige Menschheit belästige, der durch das Rattern des Motors und durch das schnelle Fahren die Pferde zum Scheuen bringe, und der sie überhaupt in ihrer idyllischen Ruhe störe. Bei jeder Neuerung wirkt die große Masse ja immer hemmend. Und gerade hier war der Gegensatz zwischen dem schwerfälligen, mühselig von Ackergäulen langsam fortbewegten, unter der Last ächzenden Lastwagen zu dem flott dahinsausenden Kraftwagen zu groß. Man konnte und wollte nicht einsehen, daß die gleislosen Bahnen ein wertvolles Bindeglied zwischen der Eisenbahn und dem Pferdefuhrwerk bilden.

Da war es von größter Wichtigkeit, daß die Behörden und besonders die Heeresverwaltung für den weiteren Ausbau und Vervollkommnung der Kraftfahrzeuge und damit auch der Landstraße eintraten, daß sie verlangten, daß die vorhandenen Chausseen wieder instand gesetzt, daß neue Straßen gebaut würden. Namentlich in dem gegenwärtigen Weltkriege hat der Kraftwagen seine Feuerprobe bestanden, und zwar in den verschiedensten Anwendungsformen: als schnellfahrendes Personen„auto“, als schwerer Lastkraftwagen zur Beförderung von Proviant und Munition, als Zugkraftmaschine zur Fortbewegung von Geschützen und Lastwagen. Und besonders im Bewegungskrieg ist das schnelle Auto von unschätzbarem Werte; können doch die vorrückenden Truppenteile die rückwärtige Verbindung wegen des Mangels an benutzbaren Schienenwegen zunächst meistens nur mit Hilfe von Kraftwagen und Fuhrparkkolonnen aufrechterhalten. So hat der Krieg eine Belastung der Landstraßen hervorgerufen, wie sie bisher nicht voraussehen war. Und wenn diese einer solchen Beanspruchung nicht immer zu widerstehen vermochten, so war das kein Wunder, denn für einen derart gestalteten Verkehr waren sie zum allergrößten Teil nicht gebaut. Wenn daher dereinst der Friede geschlossen ist, und man Muße finden wird, sich mit den technischen Einzelheiten des Krieges zu befassen, so wird die Aufgabe nicht

1) Prof. Dr. Ludwig Pohle, Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert. Leipzig 1908, S. 114—116.

2) Zeitschrift des Mitteleuropäischen Motorwagenvereins, Jahrg. 1913, Heft 7, S. 165.

3) Prof. Dr. Ludwig Pohle a. a. O.

4) Prof. Dr. Ludwig Pohle a. a. O.

an letzter Stelle stehen, das Straßennetz des Reiches nach neuzeitlichen Richtlinien auszubauen und umzugestalten. Denn auch für den Friedensverkehr sind gut ausgebaute Überlandstraßen von nicht geringerer Wichtigkeit: die intensivere Bodenbewirtschaftung, der gesteigerte Handel, die Entwicklung in Gewerbe und Industrie erfordern einen immer wachsenden und rascheren Verkehr. Und um diesen zu bewältigen, genügt nicht mehr die Pferdekraft, genügt nicht mehr die Eisenbahn, die an bestimmte Linien gebunden ist, hier hat das mechanisch angetriebene Fahrzeug, der Kraftwagen, in seinen verschiedensten Anwendungsformen, sein gegebenes Wirkungsfeld. Ohne an Schienengleise gebunden zu sein, vermag man hiermit mit Leichtigkeit weite Strecken zurückzulegen, auf bequeme Weise kann man damit Reisen durch verschiedene Länder machen, und so haben die Straßen wiederum ihren rein örtlichen Charakter verloren und sind nunmehr internationale Pfade für die Weltwirtschaft geworden. Die Möglichkeit der raschen Abwicklung des Verkehrs infolge der Erreichbarkeit großer Fahrgeschwindigkeiten bei völlig freier Beweglichkeit auch in bezug der Abfahrzeiten und der Aufenthalte, bietet dem Straßenverkehr dieser Art eine bedeutsame Stütze in dem Wettbewerb mit der Eisenbahn oder zu ihrer Ergänzung. Zugunsten der Kraftwagen spricht ferner der Umstand, daß die mit der Beförderung der Fracht vom Lagerhaus nach dem Bahnhof und dem Be- und Entladen derselben verbundenen Kosten und Zeitverluste bei der neuen Beförderungsart fortfallen. Durch diese ungeheure Entwicklung des Kraftwagenverkehrs in den beiden letzten Jahrzehnten, die aller Voraussicht nach noch weiter unaufhaltsam fortschreiten wird, sind die Anforderungen, die man an eine zweckmäßig angelegte und unterhaltene Landstraße stellt, wesentlich andere geworden. Die Ansicht, die vor etwa 20 Jahren in Fachkreisen herrschend war, daß mit der allmählichen Verdrängung der Pferdefuhrwerke, also der zerstörenden Wirkung der Pferdestollen und der eisernen Räder auf der Fahrbahndecke und Einführung der Selbstfahrer mit Gummireifen ein goldenes Zeitalter für die Straßen anbrechen würde, hat sich leider als unrichtig erwiesen; im Gegenteil, unsere Landstraßen haben sich in ihrer allgemeinen Anlage sowohl als auch in der Fahrbahnbefestigung im besonderen als vollkommen unzureichend erwiesen. Eine große Fülle neuer technischer Aufgaben sind dem Straßenbautechniker erwachsen, die ihrer wissenschaftlichen und praktischen Lösung noch harren. Wohl dürfte es sich daher lohnen, näher zu untersuchen, worin diese Aufgaben in bezug auf unsere Landstraßen gegenüber dem neuzeitlichen Kraftwagenverkehr bestehen, und welche Wege man einschlagen muß, um sie nach Möglichkeit zu lösen.

In unserer schnellebigen Zeit, in welcher der Kampf ums Dasein immer heftiger und die Zeit immer kostbarer wird, besteht einmal ein großes Verlangen nach Beschleunigung der Fortbewegung, nach rascherer Beförderung von Ort zu Ort, denn heutzutage sollen nicht ausnahmsweise, sondern tagtäglich Strecken zurückgelegt werden, die man früher für unmöglich hielt. Und es kommt noch ein zweites hinzu: Um nämlich den Verkehr wirtschaftlich zu gestalten, ist man bestrebt, die Achslasten nach Möglichkeit zu steigern, und so gewinnt der Lastkraftwagen immer mehr an Bedeutung. Mit diesem nachdrücklichen Bemühen, die Zeitverluste bei

der immer stärker werdenden Raumüberwindung durch gesteigerte Schnelligkeit und erhöhte Achslasten auszugleichen, hat unser Straßenbau nicht Schritt halten können, weder in der Anlage im allgemeinen, noch in der Ausgestaltung der Fahrbahndecke im besonderen; denn gerade die Vereinigung von großer Geschwindigkeit mit großer Belastung übt einen vernichtenden Einfluß auf unsere öffentlichen Wege aus. Wie bei allen größeren Umwälzungen im Wirtschaftsleben spielt sich diese einschneidende Veränderung im Verkehr nicht ohne Kampf ab, ähnlich haben auch das Dampfschiff, die Eisenbahn, das Fahrrad mit den Vorurteilen der schwerfälligen Menge heiß ringen müssen, bis sie sich siegreich durchsetzen konnten, und so wird es auch mit dem Kraftfahrzeug gehen, denn auch dieser technische Fortschritt wird bald allgemein und unbestritten als ein Segen für die Menschheit erkannt werden. Natürlich wird es nicht zu vermeiden sein, durch gesetzliche Verordnungen die Höchstgeschwindigkeiten und Höchstbelastungen festzulegen. Jedoch darf hierbei nicht zu starr nach Regeln oder vom grünen Tisch aus verfahren werden. Denn wollte man die Geschwindigkeiten oder die Belastungen auf die der üblichen Landfuhrwerke herabsetzen, so hieße das dem neuen Beförderungsmittel den Todesstoß erteilen. Man muß nach Möglichkeit auch die Klagen der Kraftwagenbesitzer berücksichtigen, die laut werden über die für den Schnellverkehr vielfach unzweckmäßige bisherige Anlage der Landstraßen in bezug auf: die Linienführung, den Längenschnitt, die Krümmung, den Querschnitt und die Fahrbahndecke.

#### A. Linienführung.

Die technische Linienführung muß derartig ausgeführt werden, daß die Anlage-, Unterhaltungs- und Beförderungskosten bei vollkommener Betriebssicherheit und bei möglichster Erfüllung der Aufgabe des Weges zu einem Mindestwert werden. Um zwei Ortschaften miteinander zu verbinden, ist die gerade Linie augenscheinlich die vorteilhafteste für den Fall, daß es sich um die Durchquerung von ebenem Gelände handelt; und zweifellos wird diese auch meistens gewählt werden, wenn sich nicht Hindernisse in den Weg stellen, seien es schlechte Untergrundverhältnisse, Sümpfe, Moore, Schwierigkeiten beim Bodenerwerb, vorhandene Flußläufe, Schienenwege oder dgl. Bisher war man meistens ängstlich bemüht, Eisenbahn und Straße sich rechtwinklig kreuzen zu lassen. Dieses Vermeiden der spitzwinkligen Überquerung der Schienen ist unter den heutigen Verhältnissen nicht mehr am Platze, ja es muß oft geradezu als verfehlt bezeichnet werden, denn die scharfen Krümmungen, die gewöhnlich dadurch nötig werden, bilden für unseren gegenwärtigen schnellen Verkehr eine große Gefahr: verursacht doch das Überfahren der Eisenbahnschienen bei gut unterhaltenen Landstraßen kaum eine größere Unbequemlichkeit wie das Überfahren der Straßenbahnschienen, die man oft in sehr spitzem Winkel kreuzen muß.<sup>5)</sup> Besser als eine Kreuzung in Schienenhöhe ist natürlich eine Über- oder Unterführung der Straße, ebenso ist es für den Schnellverkehr wichtig, daß das Befahren von beweglichen Brücken nach Möglichkeit vermieden wird. Überhaupt wird man in Zukunft mehr als

<sup>5)</sup> Bilau, Die Sicherheit des Autofahrens auf unseren Straßen, in der Zeitschrift des Mitteleuropäischen Motorwagenvereins 1914, Heft 17—18, S. 338.

bisher auf eine möglichst schlanke Linienführung Wert legen müssen, weil dadurch die Übersichtlichkeit erhöht und die Gefahr des Zusammenstoßens vermindert wird. Man denke nur an die alten trefflichen Römerstraßen, die ohne große Umwege gebaut sind und daher noch heute gern von den Kraftwagen befahren werden. Allerdings soll damit nicht gesagt werden, daß schnurgerade Straßen das unter allen Umständen anzustrebende Ideal seien; nein, im Gegenteil, diese würden häufig recht eintönig wirken und unser ästhetisches Gefühl nur wenig befriedigen. Vielmehr wird man sich auch hier dem Landschaftsbilde nach Möglichkeit anzupassen suchen. In gebirgigem und hügeligem Gelände sind gekrümmte Wege ja auch schon aus dem Grunde erforderlich, um die nötige Längenentwicklung zu bekommen zur Vermeidung zu starker Steigungen. Es dürfen die Krümmungen nur nicht zu stark sein, und vor allen Dingen wird man es vermeiden müssen, lange gerade Strecken durch Bögen mit kleinem Halbmesser zu verbinden. Während es im freien Gelände nun verhältnismäßig leicht ist, eine schlanke Linienführung zu erreichen, ist dieses oft sehr schwer, ja zuweilen ganz unmöglich in geschlossenen Ortschaften. Die Durchgangsstraße wird oft scharfe, für den Kraftverkehr äußerst lästige Knickpunkte zeigen, besonders dann, wenn die Siedlung sich allmählich entwickelt hat und nicht von vornherein nach einem bestimmten Plan gebaut worden ist. Die hierdurch bedingten scharfen Krümmungen ließen sich nur durch große Geldopfer beseitigen, und selbst dann würde das schnelle Fahren in solchen Ortschaften sowohl für das Fahrzeug wie für die Anwohner gefahrvoll sein. In solchen Fällen wird man zu überlegen haben, ob es nicht zweckmäßiger ist, die Ortschaft ganz zu vermeiden, und eine Umgehungsstraße zu bauen.<sup>6)</sup> So wird die geplante 20 km lange Rhein-Höhenstraße zwischen Braubach und St. Goarshausen vier Ortschaften umgehen.<sup>7)</sup> Sehr oft wird dieses von Vorteil sein, besonders dann, wenn der Durchgangsverkehr keine engere Beziehung zu dem Orte hat. Für den langsamen Ortsverkehr bleibt ja die alte Fahrstraße bestehen.

**B. Der Längenschnitt.**

1. Der Längenschnitt im allgemeinen.

Beim Längenschnitt einer Landstraße muß man danach streben, den Verlust an Triebkraft auf das geringste Maß zu beschränken, daher muß also die Aufeinanderfolge von Gegensteigungen nach Möglichkeit vermieden werden. Durch den Erlaß des Ministers für Handel und Gewerbe vom 17. Mai 1871 sind für den Bau von Kunststraßen in Preußen folgende Grenzwerte der Steigungen festgesetzt:

- 1. im gebirgigen Gelände . . . . . 5 vH.
- 2. im Hügelland . . . . . 4 vH.
- 3. im Flachland . . . . . 2,5 vH.

Diese Grenzwerte sind seinerzeit für Wagen mit Zugtieren bestimmt worden. Wenn nun auch die heutigen Kraftwagen diese Steigung unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. wenn die Straßen frei von Schnee und Schlamm sind, der Reibungskoeffizient also genügend groß ist, ohne weiteres zu nehmen vermögen, so ist doch eine Herabsetzung der Größt-

6) Vgl. die Ausführungen von dem englischen Ingenieur W. R. Twelvetrees, frei bearbeitet vom Landesbauinspektor Wilhelm Rüstow in der Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1913, S. 301—303.

7) Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1917, S. 129.

steigungen wünschenswert für den Fall, daß dies ohne erhebliche Mehrkosten sich ermöglichen läßt, damit der Verkehr sich glatter abspielt, also Fahrzeug und Fahrbahn mehr geschont werden. Kraftwagen sind gegenüber Steigungen empfindlicher als gewöhnliche Fuhrwerke, da bei jenen der Widerstandskoeffizient  $\mu$  geringer ist. Durch eine kleine Überlegung kann man dieses leicht feststellen. Wenn sich ein Wagen auf einer wagerechten Ebene mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortbewegt, so ist die erforderliche Zugkraft

$$Z_0 = \mu Q,$$

wobei  $Q$  das Gewicht des Fahrzeuges,  $\mu$  einen Widerstandskoeffizienten bedeutet. Der Wert  $\mu$  ist durch dynamometrische Messungen verhältnismäßig leicht zu bestimmen. Versuche, die seiner Zeit in Paris angestellt wurden, hatten folgende Ergebnisse<sup>8)</sup>:

Versuchsbedingungen	Werte für $\mu$ in vH. bei Reifen mit			Bem.
	Eisen	Vollgummi	Preßluft	
1. gute Chaussee hart, trocken, staubig $v = 11,7$ km/St.	27,2	24,5	22,3	Gegenwind Wind von hinten
$v = 11,7$ "	25,3	22,8	20,8	
$v = 19,7$ "	34,4	29,9	24,8	
2. gute Chaussee hart, etwas schmutzig $v = 11$ km/St.	27,4	26,5	24,0	
$v = 20$ "	39,9	35,6	31,8	
3. gute Chaussee stark aufgeweicht $v = 21$ km/St.	45,6	42,6	35,0	

Der Widerstandskoeffizient ist also bei Gummireifen erheblich geringer als bei eisernen.

Will man aber einen Wagen mit einem Gewicht  $Q$  auf einer geneigten Ebene fortbewegen, die einen Winkel  $\alpha$  gegen die Wagerechte bildet, so ist die Zugkraft, die man anwenden muß, annähernd

$$Z = \mu \cdot Q + Q \cdot \sin \alpha.$$

Da der Winkel  $\alpha$  nur klein ist, kann man

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$$

setzen und erhält

$$Z = Q (\mu + \operatorname{tg} \alpha).$$

$\operatorname{tg} \alpha$  ist nichts anderes als die Steigung, wird diese nun gleich  $\mu$ , so muß  $Z$  also doppelt so groß sein. Setzt man z. B.  $Q = 6000$  kg und  $\mu = \frac{2,5}{100} = \frac{1}{40}$ , so müßte bei einer Steigung von 1:40, d. h. bei 2,5 vH.  $Z$  verdoppelt, bei einer Steigung von 5 vH. verdreifacht werden usw. Da nun der Hauptvorteil des Kraftwagens in seiner großen Geschwindigkeit besteht, so wird man den Motor auf das Höchstmaß der erforderlichen Zugkraft berechnen und konstruieren. Je größer die Steigungen also sind, um so stärker muß der Motor sein, um so schwerer und teurer wird er, um so größer wird das Leergewicht des Wagens, um so geringer darf die Nutzlast sein, um nicht die zulässigen Größtlasten zu überschreiten. Und beim Hinabfahren von starken Neigungen müssen die Räder oft so heftig gebremst werden, daß sie schleifen, was auf diese selbst wie auf die Fahrbahndecke stark zerstörend einwirkt, wie noch später gezeigt werden wird. Wenn die Kraftwagenfahrer nun so weit gehen, wagerechte Straßen zu verlangen,

8) Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1897, S. 299.

so ist dieses auch verfehlt; denn hier verursacht der Wasserabfluß Schwierigkeiten, und daher sind wagerechte Strecken nach dem oben erwähnten Ministerialerlaß auch nur dann zulässig, wenn sie frei liegen und durch ein starkes Quergerfälle eine genügende Entwässerung gestatten. Die Vorschrift, daß bei Steigungen von mehr als 4 vH. in einer Aufeinanderfolge von 600 bis 800 m Ruhestrecken einzuschalten sind, haben für die Kraftwagen wenig oder gar keinen Nutzen und sollten bei Straßen, auf denen der Kraftverkehr einen großen Anteilsatz einnimmt, aufgehoben werden.

2. Die Gefällwechsel.

Sehr lästig für den Kraftwagen sind ferner die Gefällwechsel, denn sie bedingen stets eine für die Fahrbahndecke schädliche Umstellung der Geschwindigkeit. Am häufigsten findet man diese jähen Erhöhungen oder Vertiefungen bei Durchlässen oder Brücken.

a) Höcker. Beim Überfahren von derartigen Überhöhungen läßt es sich selbst bei geringer Geschwindigkeit

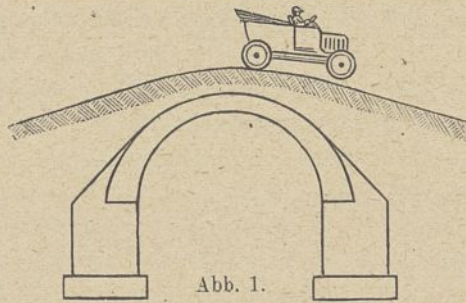


Abb. 1.

gar nicht vermeiden, daß die Vorderräder, wie Abb. 1<sup>9)</sup> zeigt, den Erdboden verlassen, um darauf mit außerordentlicher Wucht aufzustoßen; ist die Geschwindigkeit groß, so kann es sogar vorkommen, daß alle vier Räder den Boden verlassen<sup>10)</sup>, und der ganze Wagen für einen Augenblick in der

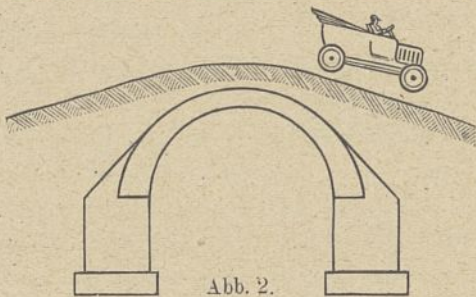


Abb. 2.

Luft schwebt (Abb. 2). Das hierauf folgende harte Aufschlagen beansprucht in sehr hohem Maße die Wagenfedern, ja führt oft zu Achsbrüchen und bildet den Anfang zu den sich dann immer weiter vertiefenden Schlaglöchern in der Straßenoberfläche. Wie groß die Geschwindigkeit für einen bestimmten Fall sein muß, damit dieser Zustand eintritt, kann man rechnerisch oder graphisch sehr leicht feststellen; man braucht ja nur die Komponente der Geschwindigkeit mit der Anziehungskraft der Erde zu einer Resultierenden zu vereinigen, um damit die Lage des Schwerpunktes des Wagens

9) Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1913, Nr. 13, S. 303.

10) Landesbauinspektor Wilhelm Rüstow in der Z. f. Tr. u. Str. Jahrgang 1913, Nr. 13, S. 303.

über der Fahrbahnoberfläche zu erhalten. Diese Überhöhungen sollte man also unbedingt vermeiden, indem man Rampen anlegt, die in flachem Bogen verlaufen. So ist z. B. im März 1911 von der obersten Baubehörde in Bayern an die Bauämter eine Weisung ergangen, die in derartigen Fällen die Einschaltung von parabolischen Übergangskurven mit einem Krümmungshalbmesser von mindestens 500 m empfiehlt.

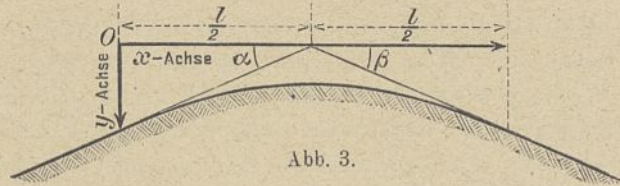


Abb. 3.

Die vorgeschlagene Parabelgleichung lautet:<sup>11)</sup>

$$y = \frac{l}{2} \text{tg } \alpha + \text{tg } \alpha \cdot x + \frac{\text{tg } \beta - \text{tg } \alpha}{2l} \cdot x^2$$

Für diese Parabel ist der Krümmungshalbmesser im Scheitel:

$$\rho = \frac{l}{\text{tg } \beta - \text{tg } \alpha}$$

oder wenn  $\rho$  gegeben ist:  $l = \rho (\text{tg } \beta - \text{tg } \alpha)$ .

Die Gleichungen für  $y$  und  $l$  sind bei allen Gefällwechseln anwendbar, wenn Tangenten, die in der Richtung der  $x$ -Achse steigen, als positiv, fallende als negativ bezeichnet werden, und der Krümmungshalbmesser  $\rho$  für Mulden positiv, für Rücken negativ eingeführt wird.

b) Mulden. Ähnliche Übelstände wie bei den Buckeln treten bei den Mulden zu Tage. Diesen Fall behandelt der Professor an der Technischen Hochschule in Delft C. H. de Vries-Broekmann in einer Denkschrift, die er in der Sitzung vom 15. Oktober 1908 dem 1. internationalen Straßenkongreß in Paris überreichte.<sup>12)</sup>

Wäre der Gefällwechsel wie in Abb. 4 gar nicht ausgerundet, so würde der Schwerpunkt des Fahrzeuges zwischen den Punkten  $S_1$  und  $S_2$  eine nach oben schwach gewölbte

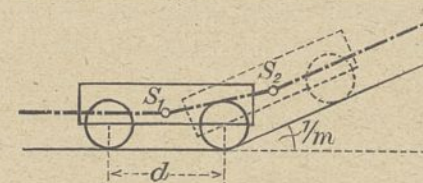


Abb. 4.

Linie beschreiben, die man aber wegen der verhältnismäßigen Kleinheit des Gefällwechsels als gerade Linie betrachten kann.

Die Schwerpunktsbe-

wegung erleidet also in den Punkten  $S_1$  und  $S_2$  eine Richtungsänderung, die sich als mehr oder weniger harter Stoß auf den Wagen äußert. Bezeichnet

$c$  die Geschwindigkeit in m/Sek.,

$V$  die Geschwindigkeit in km/St.,

$1/m$  den Gefällwechsel,

$\rho$  den Krümmungshalbmesser in  $m$ , der dem Polygon eingeschrieben ist, das die Ausrundung herstellt,

$p$  den Mehrdruck in vH. des Wagengewichtes auf die Federn, so erhält man nach C. H. de Vries-Broekmann folgende Zusammenstellung:

11) Bericht von Landes- und Geh. Baurat Nessenius und Königl. Bauamtmann Greuling für den 3. Internationalen Straßenkongreß in London 1913, Heft 1, S. 20, und Zeitschr. für Transportwesen und Straßenbau 1913, S. 423.

12) Übersetzung von Wernecke in der Zeitschr. für Transportwesen und Straßenbau 1909, S. 133 u. ff.

$c =$	5	10	15	20	25	30	35	40	42
$V =$	18	36	54	72	90	108	126	144	150
Grenzwert von $\frac{1}{m}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{54}$	$\frac{1}{72}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{108}$	$\frac{1}{126}$	$\frac{1}{144}$	$\frac{1}{150}$
$q =$	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1500
$p = \frac{100 \cdot c^2 \sqrt{H}}{g \cdot q}$	1,4	2,9	4,3	5,6	7,0	8,5	9,9	11,3	12,0

Diese Tabelle zeigt, daß der von der Königlichen Obersten Baubehörde in Bayern empfohlene Mindesthalbmesser von 500 m für eine Geschwindigkeit von 50 km/St. ausreicht, also für gewöhnliche Landstraßen als genügend groß bezeichnet werden kann. Anders verhält es sich natürlich bei reinen Automobilstraßen: hier hat man entsprechend der obigen Zusammenstellung größere Werte für den Krümmungshalbmesser zu wählen.

Abhängig von der allgemeinen Linienführung und der Ausgestaltung des Längenschnittes sind die Krümmungen.

### C. Die Krümmungen.

#### 1. Die eigentlichen Kurven.

Die zweckmäßige Ausbildung der Krümmungen ist von sehr wesentlicher Bedeutung für einen ungestörten Kraftwagenverkehr; denn das Durchfahren von scharfen Kurven unserer gewöhnlichen Landstraßen kann nur mit geringer Geschwindigkeit erfolgen und ist selbst dann nicht ohne Gefahr, besonders in der Dunkelheit oder in dichtem Nebel. Bisher wurde der Mindesthalbmesser bei Krümmungen durch die Langholzwagen bestimmt. Die hierfür gefundenen Werte genügen aber für die Kraftfahrzeuge, die zwar beweglicher, aber dafür mit viel größerer Geschwindigkeit fahren, nicht mehr. Wenn nun Saunier-Rouen<sup>13)</sup> auf dem 1. Internationalen Straßenkongreß für die zukünftigen Landstraßen einen kleinsten Krümmungshalbmesser von 500 m verlangt, so werden die Kraftwagenfahrer damit natürlich sehr zufrieden sein, aber für Landstraßen mit gemischtem Verkehr dürfte dieser Vorschlag doch zu weit gehen, was man rechnerisch leicht nachweisen kann.

Beobachtet man nämlich, wie ein schnellfahrendes Auto durch eine schärfere Krümmung fährt, so findet man, daß

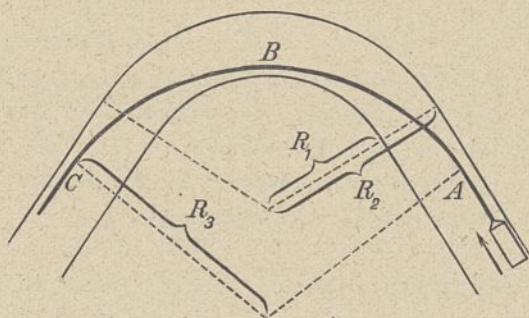


Abb. 5.

es die in Abb. 5 mit ABC bezeichnete Bahn beschreibt. Weshalb tut es das? Aus zwei Gründen:

1. wird der Halbmesser der durchfahrenen Bahn in diesem Falle möglichst groß, denn wenn man  $R_1 = 20$  m,  $R_2 = 30$  m wählt, so ist  $R_3 = 38$  m;

13) Saunier-Rouen, La route future. Bericht Nr. 68, S. 4 u. S. 14 des 1. Intern. Straßenkongr. in Paris.

2. fährt der Wagen dann auf der Straßenhälfte, die nach der inneren Seite der Krümmung geneigt ist, und kann deshalb besser der nach außen wirkenden Fliehkraft widerstehen.

Nun sollte der Kraftwagen aber nicht gezwungen sein, stets auf der inneren Straßenhälfte in den Krümmungen zu fahren, um die günstig wirkende Überhöhung auszunutzen, und dadurch die vorgeschriebene Regel des Rechtsfahrens verletzen und die Ursache für unliebsame Zusammenstöße mit Fahrzeugen bilden, die aus der entgegengesetzten Richtung kommen und sich auf der vorschrittmäßigen Seite halten.

Oder fährt ein Wagen A auf der Innenseite der Kurve mit der größten zulässigen Geschwindigkeit und kommt in der gleichen Richtung ein zweiter Wagen B, der den Wagen A überholen möchte (sich Abb. 6), so ist ihm dieses gar nicht möglich, denn würde er seine Geschwindigkeit steigern und sich auf die äußere Straßenhälfte begeben, die

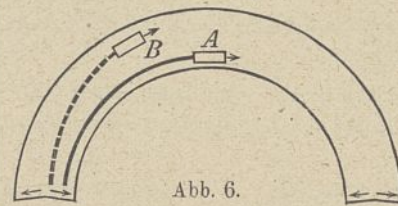


Abb. 6.

nach außen geneigt ist, so würde er unweigerlich aus der Bahn hinausgeschleudert oder gar zum Umkippen gebracht werden. Die Fahrbahn muß also in Krümmungen einseitiges, nach der Innenseite gerichtetes Quergefälle erhalten.

Beim Durchfahren scharfer Kurven mit großer Geschwindigkeit liegen nämlich zwei Möglichkeiten vor: Ist die Fliehkraft  $F$  groß, so besteht die Gefahr, daß die Resultierende  $R$  aus ihr und dem Wagengewicht  $G$  außerhalb des

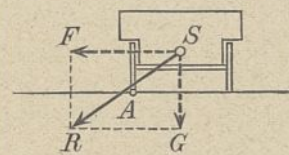


Abb. 7.

Punktes A, des Berührungspunktes des äußeren Rades mit der Fahrbahn fällt, wie in der Abb. 7 dargestellt ist, d. h. also, daß das Fahrzeug umkippt. Oder, wenn die Fliehkraft größer wird als die Reibung zwischen Rad und Erdoberfläche, so wird der Wagen nach außen aus seiner Bahn herausgeschleudert.

Der erste Fall wird nun nicht so leicht eintreten, denn die Komponente  $G$  ist ziemlich groß, und der Schwerpunkt  $S$  liegt verhältnismäßig tief; aber man sollte danach trachten, daß die Resultierende  $R$  sich möglichst wenig aus der Mittellage entfernt, denn je mehr sie das tut, um so stärker werden die äußeren Wagenfedern zusammengedrückt, um so größer wird die Belastung der äußeren Räder. Und wenn der Wagen nun schon in der freien Strecke den zugelassenen Höchstdruck auf die Fahrbahn ausübt, so wird dieser in der Krümmung um ein nicht Geringes überschritten, und das ist ein Grund für die starke Fahrbahnabnutzung in der Kurve. Und pressen sich die äußeren Federn stark zusammen, so neigt sich der obere Wagenkasten nach außen, und die Insassen haben das unangenehme Gefühl, als ob der Wagen im Begriff sei umzukippen, selbst wenn die inneren Räder tatsächlich den Boden noch berühren.

Der zweite Fall, daß das Fahrzeug nach außen gleitet, tritt dagegen sehr häufig ein und ist gleich verhängnisvoll für die Radreifen wie für die Fahrbahndecke. Beide Übelstände sollte man daher durch richtiges Abstimmen der drei



Größen Geschwindigkeit, Krümmungshalbmesser und Fahrbahn-  
überhöhung gegeneinander zu vermeiden suchen.

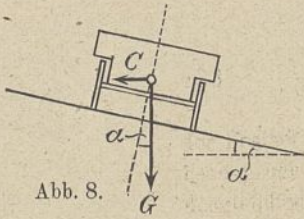


Abb. 8.

a) Das Gleiten. Es möge  
zunächst untersucht werden,  
wann dieses seitliche Gleiten  
eintritt, d. h. wann die Flieh-  
kraft größer als der Reibungs-  
widerstand wird.

Seitliches Gleiten kann nach  
Abb. 8 nur eintreten, wenn

$C \cdot \cos \alpha > G \sin \alpha + f \cdot G \cos \alpha$  ist. Hierbei bedeutet  
C die Fliehkraft,  
G das Wagengewicht,  
 $\alpha$  den Neigungswinkel der Straßenoberfläche gegen die  
Wagerechte,  
f einen Reibungsbeiwert.

Wegen der Kleinheit des Winkels  $\alpha$  gilt ungefähr  
 $\cos \alpha = 1, \sin \alpha = \text{tg } \alpha$ .

Soll ein seitliches Rutschen vermieden werden, so muß  
also sein  $C \geq G \text{tg } \alpha + f G \geq G(\text{tg } \alpha + f)$ .

Nun ist  $C = \frac{m v^2}{r} = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot r}$ ,

also  $\frac{G v^2}{g \cdot r} \geq G(\text{tg } \alpha + f)$

$v^2 \geq g \cdot r (\text{tg } \alpha + f)$

$V^2 = 3,6^2 v^2 \geq 3,6^2 g \cdot r (\text{tg } \alpha + f)$

$V \geq 3,6 \sqrt{g \cdot r (\text{tg } \alpha + f)}$ ,

hierin bedeutet

- v die Geschwindigkeit in m/Sek.,
- V die Geschwindigkeit in km/St.,
- g die Beschleunigung der Schwerkraft = 9,81 m/Sek.,
- r den Krümmungshalbmesser in m.

Nach dieser Formel kann man die Höchstgeschwindig-  
keiten bestimmen, die bei den verschiedenen Krümmungs-  
halbmessern zugelassen werden dürfen, ohne das ein seitliches  
Gleiten eintritt. Die so errechneten Werte sind in den  
beiden nachstehenden Tafeln zusammengestellt und zwar für  
ein Quergefälle von 4 vH., 6 vH. und 8 vH.:

1. für einen Reibungswert  $f = 1/2$  (trockene, feste Fahrbahn)
2. für  $f = 1/30$  (gefrorenen Schnee).

Tafel I.

$f = 1/2$			
r in Meter	V in km/St. bei einem Quergefälle von		
	4 vH.	6 vH.	8 vH.
10	26,2	26,7	27,2
20	37,0	37,8	38,2
30	45,4	46,1	46,9
40	52,5	53,4	54,5
50	58,6	59,5	60,5
60	64,2	65,3	66,4
70	69,3	70,6	71,7
80	74,2	75,4	76,6
90	78,5	79,9	81,2
100	82,8	84,3	85,7
125	92,7	94,4	95,7
150	101,5	103,3	105,0
175	109,8	111,5	113,4
200	117,1	119,0	121,1
250	131,1	133,3	135,5
300	143,3	145,9	148,3
350	155,2	157,9	160,5
400	165,6	168,3	171,0

Tafel II.

$f = 1/30$			
r in Meter	V in km/St. bei einem Quergefälle von		
	4 vH.	6 vH.	8 vH.
10	9,7	10,9	12,1
20	13,6	15,4	17,1
30	16,7	18,8	20,9
40	19,3	21,8	24,2
50	21,5	24,3	27,0
60	23,6	26,7	29,6
70	25,5	28,8	31,9
80	27,3	30,4	34,2
90	29,0	32,7	36,2
100	30,5	34,4	38,2
125	34,1	38,4	42,7
150	37,4	42,2	46,9
175	40,3	45,5	50,1
200	43,1	48,6	54,0
250	48,2	54,4	60,0
300	52,9	59,7	66,3
350	57,2	64,4	71,6
400	61,0	68,8	76,4

Hat die Gleitziffer nur die Größe  $1/30$ , so wird der  
Kraftwagen auch auf ebener, gerader Bahn nicht ohne  
Gefahr mit der vollen Geschwindigkeit fahren können. Die  
Grenze, wo dieses noch möglich ist, liegt etwa bei  $f = 1/10$ ,  
deshalb soll auch hierfür eine Tafel aufgestellt werden.

Tafel III.

$f = 1/10$							
r in Meter	V in km/St. bei einem Quergefälle von						
	4 vH.	6 vH.	8 vH.	12 vH.	18 vH.	25 vH.	35 vH.
10	13,7	14,3	15,2	16,8	19,0	21,1	23,9
20	18,8	20,1	21,4	23,6	26,7	29,7	33,7
30	23,1	24,7	26,2	29,1	32,8	36,5	41,4
40	26,6	28,5	30,3	33,5	37,9	42,1	47,8
50	29,7	31,8	33,8	37,3	42,2	47,0	53,4
60	32,6	34,9	37,2	41,0	46,4	51,6	58,6
70	35,2	37,7	40,1	44,3	50,1	55,7	63,4
80	37,7	40,3	42,9	47,3	53,5	59,6	67,6
90	39,9	42,7	45,5	50,2	56,7	63,2	71,7
100	42,1	45,0	47,9	52,9	59,8	66,6	75,6
125	47,1	50,3	53,6	59,4	66,9	74,6	84,6
150	51,7	55,2	58,8	64,7	73,3	81,8	92,7
175	55,8	59,6	63,5	70,2	79,2	88,2	99,8
200	59,6	63,6	67,7	73,9	84,6	94,2	106,8
250	66,5	71,2	75,8	83,6	94,7	105,3	119,4
300	72,9	78,1	83,1	91,5	103,7	115,3	131,0
350	78,7	84,4	89,8	99,0	112,9	124,8	141,6
400	84,2	90,0	95,8	105,8	119,6	133,2	151,2
500	94,2	100,6	107,1	118,3	133,8	148,8	169,0
600	103,0	110,2	117,4	129,6	146,5	163,1	185,1
700	111,3	119,1	126,8	140,0	158,3	176,2	200,0
800	119,0	127,2	135,6	149,6	169,1	188,2	213,8
900	126,2	135,0	143,8	158,7	179,3	199,8	226,2
1000	133,2	142,3	152,0	167,4	189,2	211,1	239,5

Man ersieht aus diesen Zusammenstellungen in bezug auf  
Sicherheit gegen Gleiten:

1. daß die Stärke des Quergefälles bei normalen Geschwindigkeiten keinen großen Einfluß ausübt, besonders bei fester harter Fahrbahn nicht, so daß man das Quergefälle ruhig zu 6 vH. wählen sollte, wie es von dem 1. Internationalen Straßenkongreß vorgeschlagen worden ist, zumal hierbei ein guter Wasserabfluß möglich ist;

2. daß die Gleitziffer eine wesentliche Rolle spielt, und man sollte nicht über  $f = 1/10$  hinaufgehen, um genügende Sicherheit zu haben; besonders auch mit Rücksicht auf die Unebenheiten der Fahrbahndecke, denn infolge dieser sind

die Räder oft gezwungen, Hindernisse zu überspringen, so daß in diesem Augenblick das betreffende Rad gar keinen Widerstand gegen seitliches Gleiten bietet und die Fliehkraft mit voller Wucht einwirken kann. Allerdings werden ja im allgemeinen nicht alle 4 Räder gleichzeitig den Erdboden verlassen, sondern es wird sich meistens nur um ein Rad, höchstens 2 Räder handeln. Wenn aber ein scharfer Buckel im Längensprofil (siehe unter Längenschnitt Seite 141) in der Krümmung liegt, so würde das Fahrzeug unwiderstehlich von der Fahrbahn hinweggeschleudert werden;

3. daß für Geschwindigkeiten, wie sie gegenwärtig üblich sind, ein Krümmungshalbmesser von 50 m im allgemeinen ausreichend ist, daß man aber bei neu anzulegenden Straßen besser einen solchen von 100 m wählt, besonders wenn die Linie in der Ebene verläuft. Im Gebirge wird dies ja nur ausnahmsweise möglich sein, und hier sind ja die Steigungen auch größer, und damit die Geschwindigkeiten geringer; auch darf man nicht übersehen, daß auf dem Gebiete des Kraftwagenverkehrs noch alles im Fluß ist, und die Fahrgeschwindigkeit sich wahrscheinlich immer mehr steigern wird entsprechend der besseren Fahrbahnausbildung;

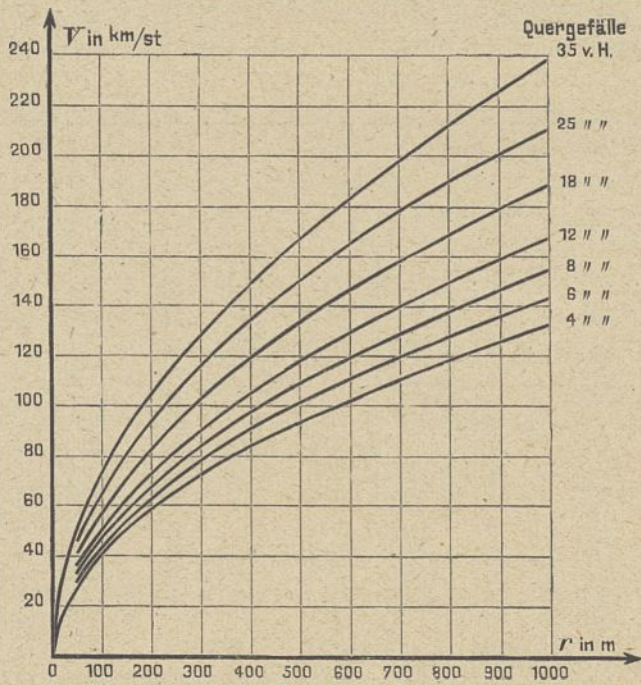


Abb. 9.

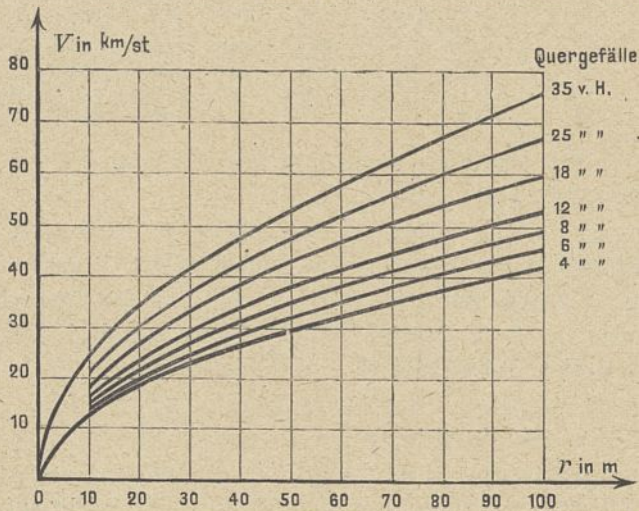


Abb. 10.

Geschwindigkeiten, die man heute noch für fabelhaft hält, dürften nach wenigen Jahrzehnten vielleicht etwas Selbstverständliches sein;

4. daß es zweckmäßig sein würde, für reine Kraftwagenstraßen das Quergefälle nach außen hin stärker werden zu lassen, man könnte hier etwa die Steigungen wählen, wie sie in Tafel III zusammengestellt und in Abb. 9 u. 10 zeichnerisch aufgetragen sind, wo die Halbmesser als Abszissen, die zugehörigen Geschwindigkeiten als Ordinaten erscheinen, so daß der Querschnitt nach Abb. 11 ausgebildet werden würde.

Eine derart gestaltete Krümmung würde ohne Verzögerung mit größter Geschwindigkeit vollkommen sicher durchfahren werden können. Beim Gordon-Bennet-Rennen im Jahre 1904 z. B. betrug die durchschnittliche Geschwindigkeit 110 km/St., die Höchstgeschwindigkeit 160 km/St. Vor-

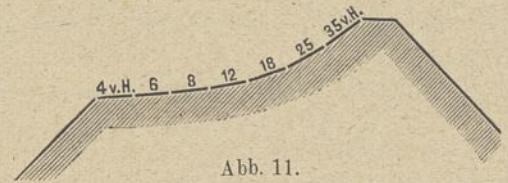


Abb. 11.

ausgesetzt, daß der Querschnitt nach der Abb. 11 ausgebildet sei, wäre nach Abb. 9 bei einem  $f = 1/10$  und einem Krümmungshalbmesser von etwa 450 m ein Gleiten in den Kurven vollständig ausgeschlossen gewesen, und bei trockener



Abb. 12.

Fahrbahn mit  $f = 1/2$  hätte bei 6 v.H. Quergefälle ein Halbmesser von 170 m ausgereicht. Auf dem schon mehrfach erwähnten 1. Internationalen

Straßenkongreß in Paris wurde von Langlet, dem Direktor der städtischen Straßenbahnen in Reims, ein Querschnitt in Krümmungen nach Abb. 12 vorgeschlagen.<sup>14)</sup> Hier ist die Fahrbahn in einzelne Längsstreifen zerlegt, die ein um so stärkeres Quergefälle haben, je mehr sie von der Straßenmitte entfernt liegen. Dieser S-förmig gestaltete Querschnitt erlaubt eine um so größere Geschwindigkeit, je weiter sich der Kraftwagen dem äußeren Rande nähert.

Ist der Krümmungshalbmesser gegeben, so kann man ohne weiteres die erforderliche Überhöhung für die verschiedenen vorkommenden Geschwindigkeiten bestimmen. Nimmt man an, daß der Reibungsbeiwert  $f = 1/10$  sei, so ist bei einem Quergefälle  $\frac{1}{x}$  die Kraft, die der Fliehkraft

$$\frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R} \text{ entgegenwirkt, gleich } \left( \frac{1}{10} + \frac{1}{x} \right) \cdot Q.$$

Es muß also sein:

$$\left( \frac{1}{10} + \frac{1}{x} \right) \cdot Q = \frac{Q v^2}{g R} \text{ oder } \frac{1}{x} = \frac{v^2}{g R} - \frac{1}{10}$$

Hierin bedeutet

- v die Fahrgeschwindigkeit in m/Sek.,
- g die Beschleunigung der Schwere in m/Sek.,
- R den Krümmungshalbmesser in m.

Für Halbmesser von 50, 100 und 500 m ergeben sich die nachstehenden Zahlenwerte für das Quergefälle.

14) „Der Straßenbau“, Jahrg. 1911, Nr. 19, S. 508.

V in km/St.	v in m/Sek.	R = 50 m	R = 100 m	R = 500 m
		1:	1:	1:
10	2,78	Gefälle zu wählen nach dem Wasserabfluß		
20	5,55	24,0	38,5	
30	8,33	6,6	10,3	
40	11,11	3,4	5,5	
50	13,89	2,1	3,5	
60	16,67	1,5	2,5	
70	19,45	1,1	1,9	36,2
80	22,23			17,4
90	25,01			3,9
100	27,79			1,9
150	41,68			
200	55,58			

Trägt man diese Größen zeichnerisch auf, so ergeben sich die Kurven in Abb. 13.

b) Das Kippen. Außer der Sicherheit gegen Gleiten, muß auch eine solche gegen Umkippen bestehen. Diesen Fall behandelt der Landesbauinspektor Baurat Wernecke

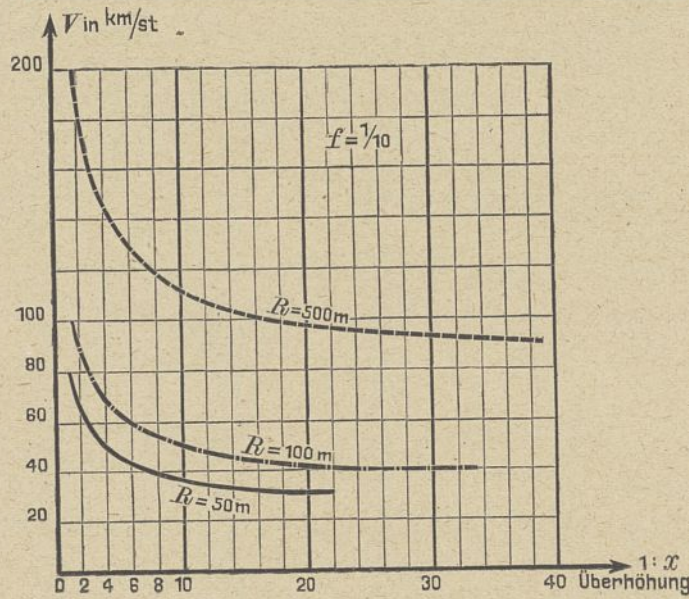


Abb. 13.

in Frankfurt a. M. in einem sehr beachtenswerten Bericht, den er auf dem 1. Internationalen Straßenkongreß erstattet hat.<sup>15)</sup> Er stellt für die zulässige Geschwindigkeit V folgende Formel auf, vorausgesetzt, daß die Fahrbahn nach der Innenseite der Krümmung geneigt ist:

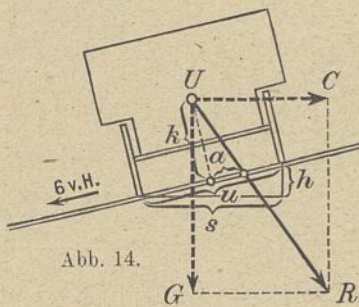


Abb. 14.

$$V = 3,6 \sqrt{g \cdot r \frac{hk + sa}{sk - ha}}$$

oder da  $g = 9,81$

$$V = 11,275 \sqrt{r \frac{hk + sa}{sk - ha}}$$

und zwar haben die Berechnungen nach Abb. 14 folgende Bedeutung:

- V Fahrgeschwindigkeit in km/St.,
- g Beschleunigung der Schwerkraft,
- r Krümmungshalbmesser,
- s Projektion der Spurweite auf die Wagerechte,
- h Querneigung der Straße auf Länge s,
- a Abstand der Resultante R von der Spurmitte,
- k Höhe des Wagenschwerpunktes über der Straßenoberfläche.

15) Bericht Nr. 56 vom 1. Intern. Straßenkongreß in Paris 1908, ferner Zeitschr. f. Transportw. u. Straßentau 1908, Nr. 35 u. 36.

Zur Gewinnung von Zahlenwerten führt Wernecke dann die nachstehenden Maße ein:

$$\begin{aligned} u &= 1,4 \text{ m} \text{ bei } 6 \text{ v.H. Quergefälle ist ausreichend genau} \\ s &= 1,4 \text{ m} \text{ } s = u, \\ h &= 0,084 \text{ m bei } 6 \text{ v.H. Quergefälle,} \\ k &= 0,8 \text{ m.} \end{aligned}$$

Setzt man diese Werte in obige Formel ein und macht

$$a = \frac{u}{3}, \text{ so wird } V = 9,20 \sqrt{r}.$$

Dieser Fall, wo die Resultierende R die Straßenoberfläche im Abstand  $\frac{1}{3}$  der Spurweite von der Spurmitte schneidet, kann nach Wernecke als Grenze der zulässigen Geschwindigkeit angesehen werden, und man erhält dann nachstehende Zahlenwerte:

r	V in km/St.	r	V in km St.	r	V in km/St.
20	41,1	80	82,3	200	130,1
30	50,4	90	87,3	250	145,5
40	58,2	100	92,0	300	159,4
50	65,1	125	102,9	350	172,1
60	71,3	150	112,7	400	184,0
70	77,0	175	121,7		

Trägt man auch diese Größen zu einem Schaubild auf (Abb. 15) und zeichnet noch die Kurve für Gleiten hinein, die sich nach Tafel I für 6 v.H. Gefälle bei trockener Fahrbahn ergibt, so erkennt man, daß die Sicherheit gegen Gleiten

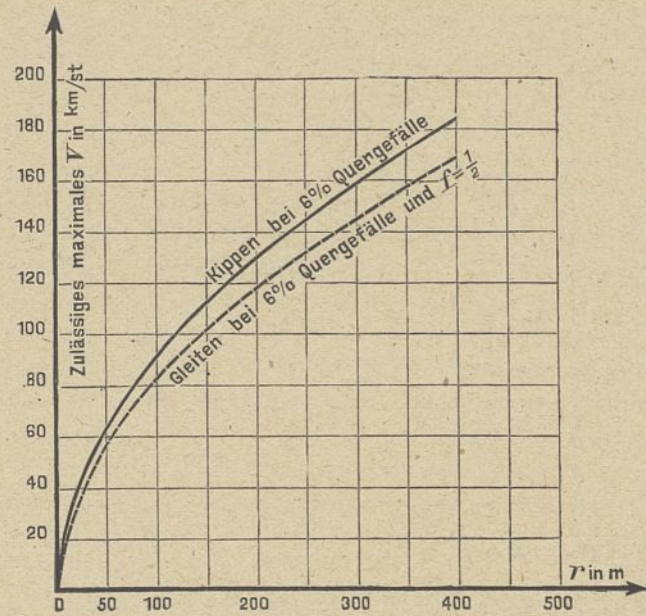


Abb. 15.

selbst bei trockener Fahrbahn größere Krümmungshalbmesser erfordert als die Sicherheit gegen Umkippen.

c) Das Zusammenstoßen. Hat man so den Krümmungshalbmesser in Rücksicht auf Vermeiden des Gleitens und des Kippens bestimmt, so kann die Kurve unter gewissen Umständen doch noch hinsichtlich eines anderen Punktes unvollkommen ausgebildet sein, nämlich bezüglich der Sicht. Oft hat man keinen freien Ausblick über die ganze Kurve. Das ist z. B. der Fall, wenn an der Innenseite der Krümmung Häuser oder Baumgruppen stehen, oder wenn die Kurve im Einschnitt liegt, oder wenn die Straße von Hecken eingesäumt ist; ja, auch eine elektrische Straßenbahn, die an der Innenkante angelegt ist, kann bei einer sonst übersichtlichen Kurve, für kurze Zeit die Fernsicht verhindern.

Es ist daher zu untersuchen, wie groß in diesem Fall der Krümmungshalbmesser sein muß, damit die Fernsicht so groß wird, daß zwei aus der entgegengesetzten Richtung kommende Kraftfahrzeuge anhalten oder ausweichen können, bevor sie zusammenstoßen; denn man kann nicht immer damit rechnen, daß das vorschriftsmäßige Rechtsfahren innegehalten wird. Selbst wenn die Kurve einen genügend großen Halbmesser und eine entsprechende einseitige Neigung hat, so wird der Wagenlenker sich doch zuweilen an die Innenseite der Krümmung begeben, um den Weg etwas abzukürzen. Man betrachte beispielsweise eine 10 m breite Landstraße mit einer Fahrbahn von 6 m Breite, wie in der Abb. 16 dargestellt ist.<sup>16)</sup>

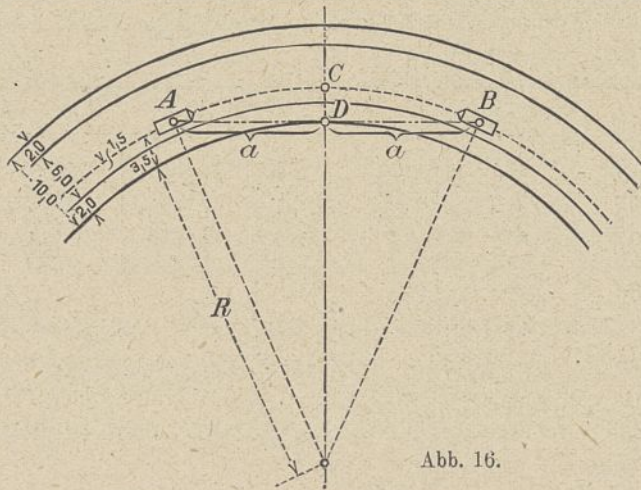


Abb. 16.

Die lebendige Kraft, die ein Kraftwagen mit der Geschwindigkeit  $v$  m/Sek. besitzt, beträgt  $\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{2}$ .

Will man nun das Fahrzeug zum Halten bringen, so muß diese Kraft von der Reibung zwischen Rad und Fahrbahn aufgezehrt werden. Nimmt man an, daß der Wagenlenker die Bremse so scharf anzieht, daß die Räder schleifen,

so muß sein  $\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{2} = a_1 \cdot f \cdot G$ , wobei

- $G$  das Gewicht des Wagens,
- $g$  die Beschleunigung der Schwerkraft,
- $v$  die Geschwindigkeit in m/Sek.,
- $a_1$  den nötigen Bremsweg,
- $f$  den Reibungswert

bedeutet. Es ist also  $a_1 = \frac{v^2}{2gf}$ .

Ist die Zeit von 1 Sek. erforderlich, bevor die Räder vollständig gebremst sind, so muß die Strecke  $a$  in der Abb. 16 sein  $a = a_1 + v = \frac{v^2}{2gf} + v$ , wobei  $v$  in Meter ausgedrückt gleich der Fahrgeschwindigkeit ist.

Der Kreisbogen  $AC$ , auf dem der Wagen fährt, ist zwar etwas größer als die Strecke  $AD$ , aber die vordere Stirn des Kraftwagens liegt auch etwas vor dem Punkte  $A$ , und ein kleiner Spielraum muß ja noch bei  $C$  zwischen den beiden Wagen verbleiben.

Hat man den Abstand  $a$  bestimmt, so findet man den Halbmesser  $R$  aus der Beziehung  $(R + 3,50)^2 = R^2 + a^2$  und hieraus  $R = \frac{a^2 - 3,5^2}{2 \cdot 3,5}$ .

16) Vgl. den Bericht Nr. 59 des 1. Intern. Straßenkongr. in Paris 1908 über „La route future“, bearbeitet von M. Walin, Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées à Bruxelles.

In der folgenden Tafel IV sind die Werte  $R$  für verschiedene Geschwindigkeiten zusammengestellt bei  $f = 1/10$ .

Tafel IV.

$V$ in km/St.	$v$ in m/Sek.	$a_1 = \frac{10v^2}{2g}$	$a = a_1 + v$	$R$ in m
15	4,16	8,8	13	22
20	5,55	15,7	21	61
25	6,94	24,5	31	136
30	8,33	35,5	45	287
35	9,72	47,4	57	448
40	11,11	63,0	74	782
45	12,50	79,5	92	1209
50	13,89	97,4	111	1758

Hieraus ist ersichtlich, daß während die Größen der Geschwindigkeit  $V$  sich auf einer geraden Linie bewegen, die Werte des Krümmungshalbmessers  $R$  entsprechend auf einer Kurve höherer Ordnung wandern und sehr bald außerordentlich hohe Werte erlangen. Damit in dem oben betrachteten Fall kein Zusammenstoß erfolgt, könnte der von  $B$  kommende Wagen ja auch nach rechts ausweichen. Nimmt man an, daß hierfür eine Zeit von 2 Sekunden<sup>17)</sup> nötig ist, und die Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit unvermindert beibehalten, so würden sich die nachstehenden Zahlengrößen ergeben:

Tafel V.

$V$ in km/St.	$v$ in m/Sek.	$a = 2 \cdot v$ in m	$R$ in m
15	4,16	8,3	8
20	5,55	11,1	16
25	6,94	13,9	26
30	8,33	16,7	38
35	9,72	19,4	52
40	11,11	22,2	69
45	12,50	25,0	88
50	13,89	27,8	108
55	15,28	30,6	132
60	16,67	33,4	158
65	18,06	36,1	185
70	19,45	38,9	215
75	20,84	41,7	247
80	22,23	44,5	281
85	23,62	47,2	317
90	25,01	50,0	356
95	26,40	52,8	397
100	27,79	55,6	439

Vergleicht man die Werte  $V$  und  $R$  dieser Zusammenstellung mit den entsprechenden für 6 vH. Quergefälle der Tafel III auf S. 146, so erkennt man, daß sie ungefähr übereinstimmen. Hat man also den Halbmesser entsprechend der Tafel III gewählt, so ist ein rechtzeitiges Ausweichen möglich, es besteht für den aufmerksamen Wagenlenker keine Gefahr. Wollte man eine kleine Sicherheit haben, so könnte man die Straße in der Kurve um etwa 2—3 m erweitern, nötig ist dies aber bei einem mindestens 10 m breiten Wege im allgemeinen nicht.

Aus diesen Betrachtungen hinsichtlich der Gefahr des Gleitens, des Kippens und des Zusammenstoßens darf man den Schluß ziehen, daß es empfehlenswert ist, den Krümmungshalbmesser  $R$  so groß als möglich zu wählen, und zwar wird im gebirgigen Gelände ein  $R \geq 50$  m, im ebenen und hügeligen Gelände ein  $R \geq 100$  m erstrebenswert sein, für reine Kraftwagenstraßen dagegen nach Tafel III oder Abb. 9 ein  $R \geq 500$  m. Ist eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit vorgeschrieben, so kann man aus den Tafeln ohne weiteres den kleinsten

17) Walin, La route future a. a. O.

Halbmesser ersehen, den man anzuwenden hat; ist umgekehrt der Halbmesser gegeben, so kann man die Höchstgeschwindigkeit ablesen, mit der die Kurve befahren werden darf.

2. Die Übergangskurve.

Doch selbst eine hiernach ausgebildete Krümmung ist noch nicht vollkommen, denn in dem Augenblick, wo der Kraftwagen aus der Geraden in die Krümmung übergeht und umgekehrt, dort also, wo ein Richtungswechsel eintritt, wird das Fahrzeug einen Stoß erfahren, der um so heftiger und plötzlicher ist, je größer die Geschwindigkeit und je stärker die Krümmung ist. Früher, wo nur langsam fahrende Fuhrwerke auf der Straße verkehrten, bestanden keine Bedenken, den Kreisbogen unmittelbar berührend an die gerade Strecke anzuschließen. Diese für den gegenwärtigen Schnellverkehr fehlerhafte Anlage kann man ebenso wie bei der Eisenbahn durch Einschalten einer Übergangskurve vermeiden, die erstens dazu dient, den Übergang zwischen der geraden Strecke und dem Kreisbogen und zweitens den Übergang von dem im allgemeinen beiderseits geneigten Fahrdamm in der Geraden zu dem einseitig geneigten Bogen zu vermitteln.

Welche Kurve soll man nun zum Übergang von der Geraden in die kreisförmige Krümmung wählen?

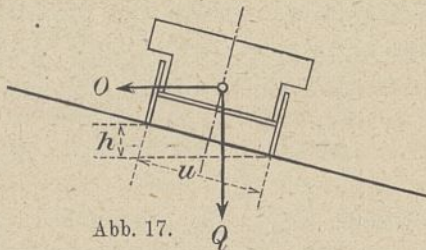


Abb. 17.

Nach Abb. 17 ist  
 $\frac{h}{u} = \frac{O}{Q}, \quad O = \frac{Qv^2}{g \cdot R}$   
 $\frac{h}{u} = \frac{Qv^2}{g \cdot R} = \frac{v^2}{g \cdot R},$   
 also  $h = u \frac{v^2}{g \cdot R}.$

Wie schon früher dargelegt worden ist, muß in der Kurve eine Überhöhung der äußeren Seite der Straße angeordnet werden, um der Fliehkraft entgegenzuwirken.

Diese Überhöhung soll auf die Länge der Übergangskurve AB derart ausgeführt werden, daß das Neigungsverhältnis für diese Rampe gleichmäßig  $\frac{1}{i}$  beträgt (Abb. 18); vorausgesetzt wird hierbei, daß in A die Bahn wagrecht ist.

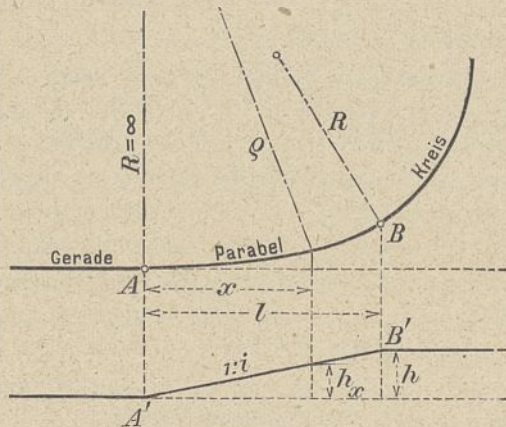


Abb. 18.

Im Endpunkte B der Übergangskurve beträgt die Überhöhung  $h$ , in der Entfernung  $x$  vom Anfangspunkt A sei sie  $h_x$

$$h_x = \frac{x}{i} = \frac{uv^2}{g \cdot \varrho}, \quad \varrho = \frac{uv^2 i}{gx}, \quad \varrho = \frac{C}{x},$$

wenn  $\frac{uv^2 i}{g} = C = \text{konstant ist.}$

Nun lautet die Differentialgleichung für den Krümmungshalbmesser<sup>18)</sup>

$$\varrho = \frac{\left[1 \pm \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}}. \quad \text{Also ist } \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\left[1 \pm \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{C} \cdot x.$$

Dieses ist die Gleichung der Radioïden, jener Kurven, deren Krümmungshalbmesser zu dem zurückgelegten Wege im umgekehrten Verhältnis steht. Wenn man diese Differentialgleichung zweimal integriert und dabei berücksichtigt, daß

$$\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \frac{ds}{dx} \quad \text{und} \quad ds = dx \quad \text{ist,}$$

so wird  $y = \int \int \frac{\left[1 \pm \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{C} \cdot x, \quad y = \frac{x^3}{6C}.$

Die Übergangskurve ist also eine kubische Parabel, und zwar hat diese die Länge

$$l = h \cdot i.$$

Wie groß die erforderliche Überhöhung  $h$  bei den verschiedenen Geschwindigkeiten und Krümmungshalbmessern sein muß, ist früher auf S. 149 angegeben worden. Wenn man die Bahn der Straße im Grundriß nach dieser Kurve ausgestaltet, so wird ein merkbarer seitlicher Stoß in der Krümmung nicht eintreten. Jetzt bleibt also nur noch übrig zu erörtern, wie der Übergang zwischen dem beiderseitig geneigten Fahrdamm in der Geraden zu dem einseitig geneigten in der Kurve auszubilden ist.

Bei diesem Punkte möchte ich auf die diesbezüglichen Untersuchungen des bereits genannten Professors G. H. de Vries-Broekmann hinweisen.<sup>19)</sup> Der Einfachheit halber wird in diesen eine theoretische Querschnittform angenommen, und zwar besteht diese in der geraden Strecke aus zwei geraden Linien mit der beiderseitigen Neigung 1:n (Abb. 19) und in der Kurve aus einer Linie ebenfalls mit der Querneigung 1:n (Abb. 20). Von den beiden gemachten Vorschlägen will ich nur auf den letzteren näher eingehen, denn dieser ist dem ersteren in bezug auf den Kraftwagenschnellverkehr zweifellos vorzuziehen.



Abb. 19.

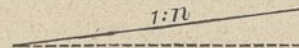


Abb. 20.

Die Ausbildung des Übergangs ist aus Abb. 21 ersichtlich. Die Vermittlung geschieht innerhalb der Geraden  $a_1 c_1$  und  $a_3 c_3$ . Innerhalb der Fläche  $a_1 b_1 b_3 a_3$  verlaufen die Linien, welche der Straßenachse parallel sind, gerade und wagrecht; die Fläche  $b_1 c_1 c_3 b_3$  dagegen ist dadurch gekennzeichnet, daß alle parallelen Linien, die auf der Achse  $b_1 b_3$  senkrecht stehen, die entsprechenden Höhenlagen der Linien  $b_1 b_3$  und  $c_1 c_3$  geradlinig verbinden, so daß hier die Straßenoberfläche ein hyperbolisches Paraboloid darstellt. Die kubische Parabel, die im Grundriß den Übergang von der Geraden in den Kreisbogen vermitteln soll, wird man zwischen den Querschnitten  $a_2 c_2$  und  $a_3 c_3$  einschalten müssen, denn bei der Ableitung der Formel für diese Kurve war vorausgesetzt,

18) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, 2. Aufl., 5. Teil, 1. Band, S. 143.

19) Denkschrift, dem 1. Intern. Straßenkongreß in Paris in der Sitzung vom 15. Oktober 1908 überreicht.

daß das Fahrzeug am Anfang auf wagerechter Bahn stehe, und dieses wird erst bei  $b_2, c_2$  der Fall sein, wenn der Wagen vorschriftsmäßig auf der rechten Seite fährt. Wie vollzieht sich nun die Bewegung des Kraftfahrzeuges? Bis zum Querschnitt  $b_1, c_1$  fährt der Wagen vollkommen ruhig auf der ganz regelmäßig ausgestalteten Fahrbahn in der Geraden; hier tritt nun aber ein Gefällwechsel ein, der mit einem kleinen Stoß verbunden sein wird, dessen Stärke proportional der Entfernung des Wagens von der Straßenachse sein wird. Zwischen den Stellungen I und III gelangt der Wagen nun

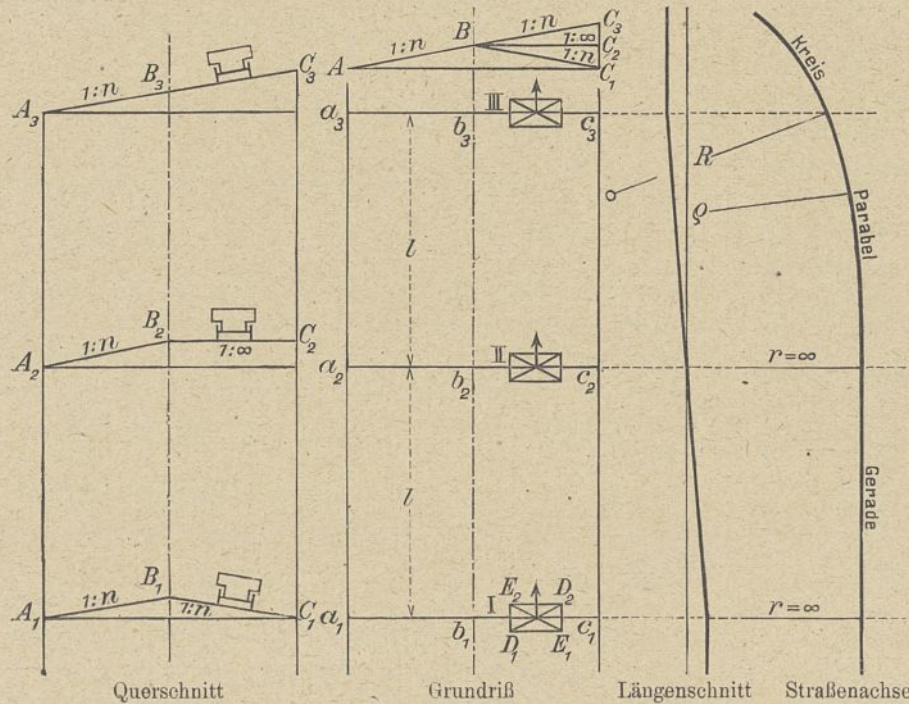


Abb. 21.

in eine außergewöhnliche Lage; es tritt auf dieser Strecke nämlich eine Drehung des Wagens um die Diagonale  $D_1, D_2$  ein, d. h. um eine Gerade, die den Stützpunkt des linken Hinterrades mit dem des rechten Vorderrades verbindet. Es besteht also eine Überlastung der Räder  $D_1$  und  $D_2$  und eine Entlastung der beiden anderen Räder  $E_1$  und  $E_2$ . Diese Überlastung der beiden Räder wirkt nun schädlich ein

1. auf die Fahrbahndecke, denn hier wird der spezifische Raddruck zu groß;
2. auf die Konstruktion des Wagens, denn diese erleidet eine Durchbiegung, und zwar beträgt diese nach

de Vries Broekmann  $\delta = \frac{1ud}{4nl}$ , wenn

$\delta$ die Durchbiegung	} des Kraftwagens
$u$ die Spurweite	
$d$ der Radstand	

$\frac{1}{n}$  das Quergefälle der Straße,  
 $l$  die Länge der Übergangskurve ist.

De Vries-Broekmann setzt  $\delta = 0,004$  m,

$u = 1,4$  m,  
 $d = 4,0$  m,  
 $n = 20$

und erhält dann für eine 8 m breite Fahrbahn bei den verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten die folgenden Werte für  $\frac{1}{i}$ :

$v$ in m/Sek.	5	10	15	20	25	30	35	40	42
$V$ in km/St.	18	36	54	72	90	108	126	144	150
$\frac{1}{i}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{125}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{175}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{209}$

Kennt man nun den Wert  $\frac{1}{i}$ , so kann man die Länge  $l$  der Übergangsparabel berechnen nach der Gleichung

$$l = h \cdot i,$$

wenn  $h$  die Überhöhung in der Krümmung bedeutet. Der oben erwähnte Stoß, der beim Gefällwechsel bei  $b_1, c_1$  und  $b_3, c_3$  auftritt, ist so gering, daß man ihn bei Landstraßen mit gemischtem Verkehr ohne weiteres zulassen kann; bei reinen Kraftwagenstraßen dagegen wird man auch diesen zu beseitigen suchen, und zwar durch Ausrundung des Gefällwechsels. Die Größe des zu wählenden Halbmessers für diese Übergangskurve ist schon früher auf Seite 142/43 berechnet worden.

Man sieht, daß das Befahren einer derartig ausgestalteten Übergangskurve gar keine Unbequemlichkeiten verursacht, und auch die Fahrbahn und der Wagen werden nicht übermäßig beansprucht. Auf einen Nachteil dieser Lösung möchte ich allerdings nicht unterlassen hinzuweisen: auf die nicht sehr günstige Entwässerung der Fahrbahn. Zwischen den Querschnitten  $a_1, c_1$  und  $a_3, c_3$  besitzt die rechte Fahrbahnälfte nämlich kein genügendes Quergefälle, ja bei  $b_2, c_2$  ist dieses sogar Null. Aber dieser Umstand ist nicht so bedenklich, denn die rechte Seite der Fahrbahn besitzt ja

auf dieser Strecke ein Längsgefälle  $\frac{1}{i}$  (siehe obige Tafel).

Wenn dieses nun auch nicht sehr groß ist, so ist andererseits zu berücksichtigen, daß man bei einer Landstraße mit starkem Kraftwagenverkehr die Fahrbahndecke besonders eben und widerstandsfähig ausbilden wird, zumal in der Krümmung, da hier die Beanspruchung eine stärkere ist, und dieses wird den Wasserabfluß erleichtern.

Gestaltet man die Kurven nach den oben dargelegten Gesichtspunkten aus, so wird man sie mit dem Kraftwagen mit derselben Geschwindigkeit und derselben Bequemlichkeit durchfahren können, wie die gerade Strecke; die Unglücksfälle, die hier besonders häufig vorkommen, werden auf einen ganz verschwindenden Anteilsatz herabgemindert werden, die Straße wird — richtige Ausbildung der Fahrbahndecke vorausgesetzt — in der Krümmung keine wesentlich stärkere Abnutzung als auf der geraden Strecke erfahren.

**D. Der Straßenquerschnitt.**

**1. Die Breitenabmessung.**

Unsere Landstraßen bestehen für gewöhnlich aus drei Streifen: aus einer befestigten Fahrbahn in der Mitte und zwei seitlichen Fußwegen. In Norddeutschland sieht man oft neben der Steinbahn noch einen Sommerweg für den leichten Verkehr. Einheitliche Vorschriften über die Mindestbreite der Landstraßen in Deutschland bestehen nicht. In Preußen sind

durch die Zirkularverfügung des Handelsministeriums vom 17. Mai 1871, betreffend die Aufstellung von Entwürfen und Kostenanschlägen für den Bau von Kunststraßen folgende Maße festgesetzt:<sup>20)</sup>

	Landstraßen	
	mit Sommerweg	ohne Sommerweg
Breite der Steinbahn . . .	4,5 bis 5,0 m	4,5 bis 5,6 m
Gesamtbreite . . . . .	9,0 bis 11,5 m	7,0 bis 9,0 m

Nachdem aber im Jahre 1873 die Unterhaltung der Wege den einzelnen Provinzen übertragen wurde, haben diese besondere Einzelbestimmungen erlassen.

Die erforderliche Breite der Fahrbahn hängt zur Hauptsache von der Größe der Fuhrwerke und von der Art und Stärke des Verkehrs ab. Gewöhnlich wird sie so bemessen, daß zwei Fuhrwerke aneinander vorbeifahren können, ohne die Steinbahn zu verlassen.

Für eine Wagenbreite von 2,50 m und eine Spurweite von 1,50 m ergibt sich nach Abb. 22 eine Mindestfahrbreite von

$$b = 2(0,1 + 1,50 + 0,50) + 0,20 = 4,40 \text{ m,}$$

vorausgesetzt, daß der Abstand der äußeren Räder von der Fahrbahnkante 10 cm, der Zwischenraum zwischen den beiden Wagen 20 cm betragen soll.

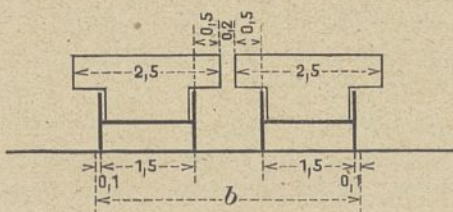


Abb. 22.

Bei Erntewagen mit 3,2 m Ladebreite würde man entsprechend erhalten

$$b = 2(0,1 + 1,50 + 0,85) + 0,20 = 5,10 \text{ m.}$$

Tritt zu dem gewöhnlichen ländlichen Verkehr mit Zugtieren ein solcher mit Kraftfahrzeugen hinzu, so genügen diese Breitenabmessungen nicht mehr. Dieses konnte man deutlich in den von uns besetzten französischen Gebieten beobachten. Hier hat die befestigte Fahrbahn durchschnittlich eine Breite von 4,50 m, und man konnte wahrnehmen, wie die Kraftwagen durchweg seitlich der Fahrbahn tiefe Spuren eingeschnitten haben, was natürlich für den Verkehr und für den Bestand der Straße selbst äußerst nachteilig ist. Zwar ist die Breite der Kraftwagen<sup>21)</sup> im allgemeinen nicht größer als die der Pferdefuhrwerke<sup>22)</sup>, aber da jene für gewöhnlich etwa mit der dreifachen Geschwindigkeit fahren wie die von Pferden gezogenen Lastwagen, so müssen die Spielräume bei jenen mindestens auch dreimal so groß sein.

Bei einer Spurweite von 1,70 m ergibt sich dann nach Abb. 23 eine Breite

$$b = 2(0,3 + 1,7 + 0,4) + 0,6 = 5,40 \text{ m.}$$

Handelt es sich aber um Straßen, welche beiderseits mit erhöhten Fußwegen oder Entwässerungsgräben eingefast sind, wo also selbst in Notfällen ein Ausweichen außerhalb der Steinbahn unmöglich ist, so hat man dieses Maß noch nach

Bedarf zu vergrößern und kommt dann auf das Mindestmaß von 6 m.<sup>23)</sup> Und bei Landstraßen mit regem Schnellverkehr wird man auch bei diesem Maß nicht stehen bleiben, sondern es bis auf etwa 8 m und mehr erhöhen. Ich brauche daher nur auf die Döberitzer Heeresstraße bei Berlin hinzuweisen, bei welcher der mit Kleinpflaster befestigte mittlere Automobilstreifen eine Breite von 10 m besitzt.

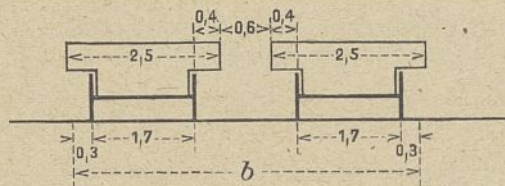


Abb. 23.

Da die bestehenden Landstraßen nur eine durchschnittliche Gesamtbreite von 9 m haben, und für gewöhnlich mit Bäumen und Gräben eingesäumt sind, so ist ihre Verbreiterung

ohne großen Kostenaufwand nicht möglich. Man könnte beide Gräben zuschütten und die Bahn nach beiden Seiten gleichmäßig verbreitern; dies hätte den Vorteil, daß die Bäume erhalten werden könnten; während sie nämlich bisher an der Außenkante der Bermen standen, würden sie nach der Verbreiterung an der Innenseite stehen (Abb. 24). Oder man könnte den einen Graben zuschütten, die eine Reihe der Bäume ausroden und die Straße

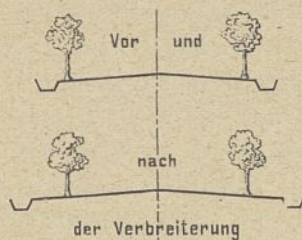


Abb. 24.

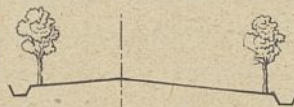


Abb. 25.

nur nach der einen Seite verbreitern; dann würde aber die Dammkrone nicht mehr in der Mitte liegen (Abb. 25).

Wenn eine Verbreiterung sich als notwendig herausstellt, so wäre es wohl am richtigsten, die Umgestaltung nach Abb. 26 vorzunehmen, d. h. den Kraftwagenverkehr ganz

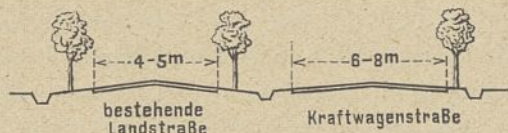


Abb. 26.

von dem Wagenverkehr mit tierischem Antrieb zu trennen. Dann erst könnte das „Fahrzeug der Zukunft“ voll zur Geltung kommen. Das würde den weiteren Vorteil haben, daß die bestehende Chaussee ungehindert erhalten werden könnte. Allerdings wäre eine derartige Umgestaltung nicht ganz billig und käme nur bei den verkehrsreichsten Landstraßen in Frage. Ist man erst so weit, so braucht man nur noch einen ganz kleinen Schritt weiter zu gehen, um dahin zu gelangen, die Straße für den Kraftwagenverkehr ganz von derjenigen der übrigen Fuhrwerke zu trennen, um zu den reinen Kraftwagenstraßen zu gelangen, wie sie z. B. in Frankreich häufig, bei uns in Deutschland jetzt noch spär-

20) „Hütte“, 19. Aufl., Bd. 2, S. 195.

21) Vgl. Tabelle 2 auf S. 26 u. 27 von Loewe, Der Kraftwagen, 1913, mit

22) Tabelle 7 auf S. 52 u. 53 von Loewe, Straßenbaukunde, 12. Aufl. Wiesbaden 1906.

23) Referat, erstattet von Landes- und Geh. Baurat Nessenius, Hannover, und Bauamtmanngreuling, Augsburg, für den 3. Intern. Straßenkongreß in London, Heft 1, S. 26.

lich zu finden sind. Diese sind unter Umgehung von Gelände- und Verkehrsschwierigkeiten mit mäßigen Steigungen und übersichtlichen, flachen Kurven möglichst unter Vermeidung von Niveaufkreuzungen anzulegen. Als Beispiel hierfür möchte ich die Kraftwagenstraße Berlin—Wannsee anführen, deren Querschnitt aus Abb. 27 ersichtlich ist.<sup>24)</sup>

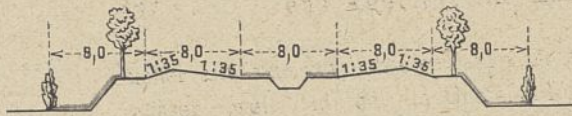


Abb. 27.

Zum großen Teil sind die oben angeführten theoretischen Erwägungen hier in die Praxis umgesetzt. Besonders bemerkenswert ist, daß die Verkehrsrichtungen voneinander getrennt sind, so daß Zusammenstöße fast unmöglich sind. Dieses dürfte mit Rücksicht darauf gemacht sein, daß die Straße in erster Linie als Rennbahn für Übungszwecke gedacht ist. Die schlanke Linienführung, die am Anfang der vorliegenden Arbeit als erstrebenswert bezeichnet wurde, ist durchgeführt. Die beiden Fahrbahnen verlaufen nämlich in schnurgerader Linie unter Vermeidung von Niveaufkreuzungen und sind an den Anfangs- und Endpunkten durch Schleifen von 130 m Halbmesser miteinander verbunden. Anschlußwege sind nur an den beiden Schleifen und in der Mitte am „großen Stern“ vorgesehen. Die Breite der Fahrbahnen ist auffällig groß. Oben war dargelegt worden, daß die Fahrbahnbreiten bei Kraftwagenstraßen, bei denen die Verkehrsrichtungen nicht getrennt sind, 8 bis 10 m betragen müßten. Wenn hier eine größere Breite gewählt ist, so dürfte das wohl dadurch zu erklären sein, daß die Straße, wie schon vorhin erwähnt, hauptsächlich als stark in Anspruch genommene Rennbahn gedacht und daß das durchquerte Gelände verhältnismäßig billig ist. Daß der Scheitel der Fahrbahn nicht in die Mitte gelegt ist, erscheint nach den obigen Ausführungen richtig und zweckmäßig. Denn dadurch wird der Fahrer zu dem wichtigen Rechtsfahren gezwungen. Schnell fahrende Wagen können also die langsamer fahrenden ohne Gefahr und ohne Verminderung der Fahrgeschwindigkeit durch vorschriftsmäßiges Vorbeifahren an der linken Seite überholen. Außerdem wird die Überleitung von dem schwach geneigten Querschnitt in der geraden Strecke in den wesentlich stärker geneigten Querschnitt in der Krümmung erleichtert. Ferner ist es zu begrüßen, daß das Quergefälle nicht stärker gewählt worden ist, als der Wasserabfluß es unbedingt erfordert (1:35). Weiter unten sind 3 vH. als Quergefälle vorgeschlagen.

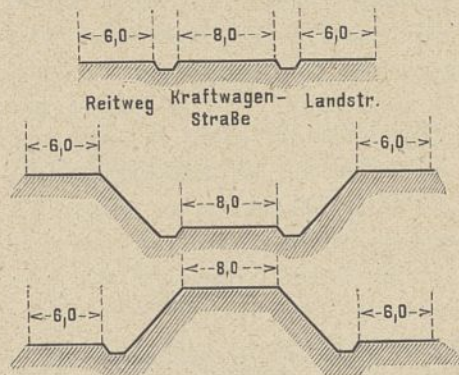


Abb. 28.

Zur Befestigung der Fahrbahn sind verschiedene Gesteins- und Bauarten vorgesehen, um zu ermitteln, was sich am besten bewährt. Haupt-

24) Gallus, Zeitschr. für Transportw. und Straßenbau 1915, Nr. 9, S. 180.

sächlich ist Kohlensandsteinschotter mit Oberflächenteerung verwandt. Diese leichte und verhältnismäßig billige Befestigung wird später, wenn der Dammkörper sich erst gesetzt haben wird, durch eine festere ersetzt werden.

Aus militärischen Rücksichten wird es oft vorteilhaft sein, in den Grenzgebieten neben der eigentlichen Landstraße sowohl eine Kraftwagenstraße als auch einen Reitweg anzuordnen. Dr.-Ing. Fritz Richter aus Hildesheim<sup>25)</sup> schlägt die in Abb. 28 dem Grundsatz nach dargestellte Zusammenfassung dieser drei Verkehrswege vor. Und zwar soll die Kraftwagenstraße kreuzungsfrei durch das Gelände gehen, während der Reitweg und die Landstraße sich diesem mehr anschmiegen. Eine derartig angelegte Verkehrsstraße würde allen Anforderungen der Gegenwart entsprechen.

## 2. Das Quergefälle.

Jetzt bliebe noch übrig, einiges über das Gefälle der Fahrbahn in Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr zu sagen. Wie der Querschnitt in der Krümmung auszugestaltet ist, wurde schon früher behandelt. In der geraden Strecke wird man zweckmäßigerweise der Fahrbahn eine beiderseitige Neigung geben, wie sie durch den Ministerialerlaß vom 17. Mai 1871 vorgeschrieben wird. Wird nach dieser Anordnung die Straßenoberfläche nach dem Kreisbogen gewölbt, so besteht die Gefahr, daß die mit Preßluft-Reifen versehenen Kraftwagen ins Rutschen kommen, wenn sie sich an der Außenseite der Fahrbahn halten. Es ist daher besser, einen dachförmigen Querschnitt zu wählen und nur einen 1 m breiten Mittelstreifen auszurunden. Dadurch wird das Gefälle auch überall gleich und im Durchschnitt geringer als bei einem Kreisbogen. Wie groß es sein muß, hängt außer von dem vorhandenen Längsgefälle ganz von der Art der Fahrbahnbefestigung ab. Nur eins kann man als allgemein gültig angeben, es darf nicht größer sein, als der Wasserabfluß es unbedingt erfordert (3 vH.). Gilt dieser Satz schon in bezug auf den gewöhnlichen, ländlichen Verkehr, so ist er für den Kraftverkehr noch von viel größerer Wichtigkeit. Warum, wird im folgenden Abschnitt bei der Behandlung der Fahrbahnbefestigung noch gezeigt werden.

## E. Die Fahrbahndecke.

### 1. Die auf die Fahrbahn wirkenden Kräfte.

Bis vor etwa 20 Jahren waren die Fahrdämme unserer Landstraßen fast ausschließlich beschottert. Dieser Schotterdecken mit Wasserbindung hat man sich Jahrzehnte lang mit Erfolg bedient: sie lieferten eine Fahrbahn, deren Herstellungs- und Unterhaltungskosten verhältnismäßig gering waren, und boten dem Angriff der von Pferden gezogenen und mit Eisenreifen versehenen Räder genügenden Widerstand. Diese Straßenbauweise entsprach also vollkommen den an sie zu stellenden Anforderungen. Da führte aber der Kraftwagenverkehr mit einem Schlage einen vollständigen Umschwung herbei. Straßen, die dem Verkehr bisher voll auf genügten, werden jetzt, seitdem der Kraftwagen seinen Siegeszug antrat, sehr rasch zerstört. Gewaltige Staubwolken werden in die Luft emporgewirbelt und belästigen den übrigen Verkehr und die Anwohner, so daß deren Grund-

25) Zeitschr. für Transportw. u. Straßenbau 1916, S. 15/16.



stücke unter Umständen stark entwertet werden. Andererseits bildet sich bei anhaltendem Regenwetter rasch eine Schlammschicht auf der Fahrbahndecke. Die Gummireifen der Räder schleudern sowohl den Staub wie den Schlamm aus den Fugen der Fahrbahn; der Verband lockert sich, das Tagewasser kann immer tiefer eindringen, und es bilden sich mächtige Schlaglöcher. Deshalb wachsen auch die Unterhaltungskosten ins Unermessliche, und die Belästigung des übrigen Verkehrs wird immer unerträglicher. Hier muß also Abhilfe geschaffen werden. Zu dem Zwecke wird man sich zunächst genau darüber klar sein müssen, warum diese Abnutzung so schnell erfolgt, welche Kräfte auf die Fahrbahndecke einwirken

1. beim gezogenen Rade,
2. beim ziehenden Rade.

Erst wenn man diese deutlich erkannt hat, wird man in der Lage sein, eine geeignete Straßenbefestigung ausfindig zu machen.

a) Mechanische Einflüsse. Das Rad eines fahrenden Wagens beansprucht die Fahrbahndecke in dreifacher Weise:<sup>26)</sup>

1. durch Normalkräfte,
2. durch Scher- oder Tangentialkräfte,
3. durch Quer- oder Transversalkräfte.

α) Normalkräfte. Sind die Räder mit neuen Eisenreifen versehen, und ist die Fahrbahn vollkommen eben, so ist die Berührungsfläche jedes Rades mit der Straßendecke ein Rechteck. Nach längerem Gebrauch schleifen sich aber die Radreifen an den Kanten, besonders an den inneren, erheblich ab, so daß die Berührungsfläche nicht mehr ein Rechteck, sondern eine Ellipse ist.<sup>27)</sup> Bei Kraftwagen mit Gummireifen ist die Berührungsfläche von Anfang an eine Ellipse, deren kleine Achse ungefähr gleich der Felgenbreite ist, und deren Längsachse sich nach dem Raddurchmesser und dem Luftdruck der in dem Reifenschlauch herrscht, richtet. Je größer der Durchmesser und je geringer der Luftdruck ist, um so länger wird die Längsachse der Ellipse, d. h. die Radlast verteilt sich auf eine größere Fläche, so daß also der spezifische Druck kleiner wird.

Da die Längsachsen der Berührungskurven proportional den Quadratwurzeln aus den Raddurchmessern sind,<sup>28)</sup> so ist es also vorteilhaft für die Beanspruchung der Fahrbahn, Wagen mit möglichst großen Rädern zu wählen. Außerdem ist bei großen Rädern die erforderliche Zugkraft geringer. Nach Gravenhorst<sup>29)</sup> steigert sich die Zugkraft bei einem guten Erdwege bei halb so großem Raddurchmesser um rund 6 vH., auf Gleisen sogar um 38 vH. Es ist daher zu begrüßen, daß der 2. Internationale Straßenkongreß in Brüssel den zulässigen Höchststraddruck für 1 cm Reifenbreite zu  $C = 150 \cdot \sqrt{d}$  festgesetzt hat, wobei

- $C$  den Raddruck in kg je cm Reifenbreite,  
 $d$  den Raddurchmesser in m bedeutet.

26) Petot-Lille, Effets des nouveaux modes de locomotion sur les chaussées. Bericht Nr. 78 vom 1. Intern. Straßenkongreß in Paris S. 7.

27) Emmerly, Recherches sur les principes, qui paraissent devoir former la base d'une nouvelle législation pour la police de roulage. Ann. des ponts et chauss. 1841. Mémoires, Bd. 2, S. 257.

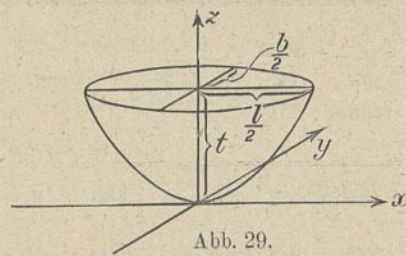
28) Bericht von Steffelaar und Janson auf dem 2. Intern. Straßenkongreß in Brüssel 1910, Heft 61, S. 8.

29) Gravenhorst, Das gezogene und das ziehende Rad, Wiesbaden 1906, S. 37.

Diese Formel ist gegenüber der Bestimmung des 1. Internationalen Straßenkongresses in Paris ein wesentlicher Fortschritt. Diese setzte bekanntlich die zulässige Radlast zu 150 kg je cm Reifenbreite fest, ohne den Raddurchmesser zu berücksichtigen.

Aber andererseits erreicht man in der Praxis für die Größe des Raddurchmessers bald eine obere Grenze; denn je größer man die Räder macht, um so größer wird auch deren Gewicht, d. h. das Gewicht der ungefederten Eigenlast, und dadurch werden die auftretenden Stöße wesentlich verstärkt. Ferner rückt der Schwerpunkt des Wagens zu hoch über die Fahrbahn, und dadurch wird wiederum die Gefahr des Kippens in den Kurven erhöht.<sup>30)</sup> Und schließlich ist die Arbeit, die zum Beladen der Wagen erforderlich ist, im allgemeinen proportional der Größe der Räder.

Der Raddruck verteilt sich aber nun nicht gleichmäßig über die ganze Ellipsenfläche, sondern er wird in der Mitte am stärksten, an den Rändern am schwächsten gleich Null sein.<sup>31)</sup> Nimmt man an, daß er sich sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung nach einer Parabel verteilt, so stellt der Spannungskörper ein elliptisches Paraboloid dar (Abb. 29). Wie groß ist nun die stärkste Druckspannung  $\sigma_d$ ? — Der Rauminhalt des elliptischen Paraboloids entspricht dem Raddruck  $P$ . Es ist also



sein.<sup>31)</sup> Nimmt man an, daß er sich sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung nach einer Parabel verteilt, so stellt der Spannungskörper ein elliptisches Paraboloid dar (Abb. 29). Wie

groß ist nun die stärkste Druckspannung  $\sigma_d$ ? — Der Rauminhalt des elliptischen Paraboloids entspricht dem Raddruck  $P$ . Es ist also

$$P = V = \iiint dx \cdot dy \cdot dz$$

$$P = \int_0^l dx \cdot df,$$

wobei  $df = x \cdot y \cdot \pi$  (Ellipse) ist. Nun ist

$$\begin{aligned} x^2 &= 2px & y^2 &= 2p'x \\ x &= \sqrt{2px} & y &= \sqrt{2p'x}. \end{aligned}$$

Folglich

$$df = \sqrt{2px} \cdot \sqrt{2p'x} \cdot \pi = \sqrt{4x^2pp'} \cdot \pi = 2\pi \sqrt{pp'} \cdot x$$

$$P = 2\pi \sqrt{pp'} \cdot \int_0^l x dx$$

$$p = \frac{x^2}{2x} = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2t} \quad p' = \frac{y^2}{2x} = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t}$$

$$\begin{aligned} P &= 2\pi \sqrt{\frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2t} \cdot \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t}} \cdot \int_0^l x dx \\ &= \frac{l \cdot b \cdot \pi}{4t} \int_0^l x dx = \frac{l \cdot b \cdot \pi}{8t} \cdot t^2 = \frac{l \cdot b \cdot \pi \cdot t}{8} \\ t &= \frac{8P}{l \cdot b \cdot \pi} = \max \sigma_d. \end{aligned}$$

Hierin ist

- $t = \max \sigma_d =$  größte Druckspannung in kg/cm<sup>2</sup>,  
 $P$  der Raddruck in kg,  
 $l$  die Längsachse der Berührungseellipse in cm,  
 $b$  die Querachse der Berührungseellipse in cm.

30) Wernecke-Frankfurt a. M. a. a. O.

31) Ferrus, Membre de l'Automobile-club de France. Bericht Nr. 38 vom 2. Intern. Straßenkongreß in Brüssel S. 22.

Bisher hat man die Druckverteilung über die Berührungselipse gewöhnlich gleichmäßig angenommen. In diesem Fall ist der spezifische Druck  $\sigma_d = \frac{4P}{l \cdot b \cdot \pi}$ .

Nach der obigen Rechnung ist max  $\sigma_d$  in Wirklichkeit also gerade doppelt so groß.

Nun ist aber nach Castigliano<sup>32)</sup> die Wirkung einer plötzlich auftretenden Kraft ohne Stoß genau zweimal so groß, wie die, welche dieselbe ruhende Last verursacht. Die Stöße vermehren diese Wirkungen ähnlich wie bei der Eisenbahn<sup>33)</sup> entsprechend der Geschwindigkeit bis auf das 2,4fache.<sup>34)</sup>

Man muß also noch einen Stoßbeiwert einführen. Die größte dynamische Druckspannung ist also gleich der  $2 \cdot 2,4 = 4,8$ fachen mittleren statischen oder gleich der 2,4fachen größten statischen. Es fragt sich nun, ob die Fahrbahnen unserer Landstraßen diesen dynamischen Druckspannungen zu widerstehen vermögen. Um dieses zu untersuchen, sollen drei typische Kraftwagenarten betrachtet werden:

Nr.	Wagenart	Gesamtgewicht (Eigen- + Nutzlast) in kg	Art der Bereifung	Stoßbeiwert $\nu$	Triebrad	Trieb- rad- druck in kg	max $\sigma_d$ in kg/cm <sup>2</sup>
1	Gewöhnliches Personenauto	1800	Preßluft	1,2	einfach	600	6,1
2	Schweres Personenauto	6000	Vollgummi	1,6	einfach	2000	27,1
3	Lastkraftwagen	9000	Eisen	2,4	doppelt	3000	63,8

Die Bundesratsverordnung vom 3. Februar 1910 setzte das höchste zulässige Gesamtgewicht zu 9 t fest, erließ aber keine Bestimmung über die Verteilung dieses Gewichts auf die einzelnen Achsen. Die Folge davon war, daß die Kraftwagenindustrie die Triebachse möglichst hoch belastete, um die Reibung zwischen der Fahrbahn und den Triebrädern zu steigern und dadurch die Fahrzeuge leistungsfähiger zu machen. Hier suchte nun die Bundesratsverordnung vom 21. Juni 1913 Abhilfe zu schaffen, indem in Artikel I, 3 der höchste Achsdruck zu 6 t festgesetzt wurde. Sicherlich war diese Bestimmung, die auch jetzt noch in Kraft ist, für die Straßenunterhaltungspflichtigen ein Fortschritt. Besser wäre es aber wohl gewesen, wenn das Gewicht der Triebachse zu  $\frac{2}{3}$  des Gesamtgewichts festgesetzt worden wäre.<sup>35)</sup> In diesem Fall hätte die Höchstachslast ebenfalls 6 t betragen, und die Straßen hätten nicht so unter den Kraftfahrzeugen zu leiden gehabt, deren Triebachsendruck dicht unter 5,5 t bleibt. Diese werden nämlich durch die gegenwärtig bestehenden Bestimmungen über Höchstgeschwindigkeiten<sup>36)</sup> nicht betroffen.

32) A. Castigliano, Theorie des Gleichgewichts elastischer Systeme. 1886.  
 33) Saller, Stoßwirkungen an Tragwerken und am Oberbau im Eisenbahnbetriebe. Wiesbaden 1910.  
 34) Masik-Brünn, Entwürfe von neuen Stadt- und Landstraßen. Bericht Nr. 2 vom 3. Intern. Straßenkongreß in London S. 2.  
 35) Vgl. Nessenius-Hannover, Die Ausgestaltung der Bundesratsverordnungen betr. den Verkehr mit Kraftfahrzeugen und die Unterhaltungspflichtigen. Zeitschr. für Transportw. und Straßenbau 1918, S. 75.  
 36) Bundesratsverordnung vom 3. Februar 1910, § 18.

Entfallen nun auf die Triebachse  $\frac{2}{3}$  des Wagengewichtes, so müßte bei einem Gesamtgewicht von 9000 kg und einem Raddurchmesser von 1 m die Reifenbreite

$$\frac{3000}{150 \sqrt{1}} = 20 \text{ cm}$$

betragen, vorausgesetzt, daß die Belastung je cm Reifenbreite zu  $150 \sqrt{d}$  kg angenommen wird. Aus verschiedenen Gründen, die später angeführt werden sollen, ordnet man in solchen Fällen besser Doppeltriebräder an.

Nach Beobachtungen des Verfassers kann man für die obigen Wagenarten bei normalen Reifenbreiten in dem Augenblick des Aufstoßens für die Längsachse  $l$  bzw. für die Querachse  $b$  der Berührungselipse des Triebrades mit einer Steinschlagbahn folgende Werte annehmen:

Nr.	$l$ in cm	$b$ in cm
1	30	10
2	20	15
3	15	2 · 12

Nach der Formel  $\max \sigma_d = \frac{\nu \cdot 8 P}{b \cdot l \cdot \pi}$  erhält man dann die größten dynamischen Druckspannungen bei den drei Wagenarten zu 6,1, 27,1 und 63,8 kg/cm<sup>2</sup>.

Nach Versuchen von Dr. Boehme<sup>37)</sup> bestehen für verschiedene Gesteinsarten folgende Werte für die Druckfestigkeit:

Gesteinsart	Mittlere Festigkeit in kg/qcm	Wasser- aufnahme in vH.	Mittlere Festigkeit in durch- näßtem Zustande in kg/qcm	Abnutz- barkeit in vH.
Basalt . . . . .	3111	0,41	2800	7,3
Porphyr . . . . .	2120	0,76	2035	6,8
Grauwacke . . . . .	1857	0,73	1790	10,8
Granit . . . . .	1834	0,62	1770	8,3
Kalkstein . . . . .	1000	2,44	800	36,0
Sandstein . . . . .	761	5,93	690	61,7

Man darf aber nicht übersehen, daß obige Werte durch Versuche mit regelmäßig gestalteten Würfeln mit geschliffenen Druckflächen gefunden worden sind. Für die kleinen unregelmäßigen Schotterstücke sind diese Werte erfahrungsgemäß viel zu hoch. Geeigneter für den vorliegenden Fall sind die von Bokelberg angestellten Versuche, die mit unregelmäßig gestalteten Steinstückchen ausgeführt sind, und deren Größe der des Straßenschotters entspricht.

Rechnet man die von Bokelberg<sup>38)</sup> gefundenen zulässigen mittleren Festigkeitswerte in kg/cm<sup>2</sup> um, so ergibt sich für

Quarzfels . . . . .	123 kg/cm <sup>2</sup>
Basalt . . . . .	96 "
Granit . . . . .	88 "
Grauwacke . . . . .	70 "
Kalkstein . . . . .	64 "
Kohlensandstein . . . . .	53 "
Klinker . . . . .	47 "
weichen Sandstein . . . . .	21 "
gewöhnliche Ziegelbrocken . . . . .	12 "

37) Zentralblatt der Bauverwaltung 1914, S. 81.  
 38) Nessenius, Handbuch d. Baukunde, Abt. III, Heft 4, S. 128.

Durch den Einfluß des Bindemittels der Fahrbahndecke werden diese Festigkeitswerte, besonders die der weicheren Gesteinsarten nicht unwesentlich erhöht, vor allen Dingen wenn dieses nicht nur aus Sand, sondern aus bituminösen oder ähnlichen Stoffen besteht. Vergleicht man obige Festigkeitswerte mit den Beanspruchungen durch die Triebräder der Kraftwagen, so ist ersichtlich, daß gewöhnliche Personenkraftwagen die Landstraßen durch die Druckspannungen nicht zerstören können. Den Einwirkungen von mittelschweren Kraftfahrzeugen sind Ziegelbrocken und Sandstein nicht gewachsen, aber solche Baustoffe wird man für die Fahrbahn der Landstraßen auch nicht anwenden; also auch diese Wagen sind in bezug auf die Normalkräfte ungefährlich. Beachtenswert sind aber nun die schweren Lastkraftwagen wegen der hohen Druckspannungen, die sie hervorrufen ( $63,8 \text{ kg/cm}^2$ ).

Selbst Klinkerbahnen haben hier keine genügende Druckfestigkeit, wie die Festigkeitstabelle zeigt. Ein Beispiel aus der Praxis bestätigt dieses. In der Abhandlung von Landesbaurat Nessenius-Hannover auf die schon in der Fußnote 35 auf S. 163 hingewiesen ist, heißt es: „Die Straße von Sande nach Neustadt-Gödens im Kreise Wittmund ist auf 1,8 km Länge mit Kopfsteinpflaster und einer Klinkernebenbahn befestigt. In die letztere hat ein eisenbereiftes Lastautomobil der Heeresverwaltung ohne Anhängewagen, dessen Eigengewicht auf 4,5 t und dessen Ladegewicht auf 4 t angegeben wurde, bei einer Fahrgeschwindigkeit von angeblich nicht mehr als 10 km/St. schon in etwa vier Wochen tiefe Gleise eingefahren. In diesen waren so viele Klinker durchgebrochen oder mehr oder weniger zerdrückt, daß das zuständige Landesbauamt Aurich den Schaden für 1 km Straßenlänge auf 520 Mk. schätzt. Eine Dauer dieser Transporte von wenigen Monaten würde zweifellos zur vollständigen Zerstörung der Nebenbahn geführt haben.“ Hieraus geht deutlich hervor, wie schnell eine Fahrbahn, die für den gewöhnlichen Verkehr vorzüglich geeignet ist, durch Lastkraftwagen zerstört werden kann, besonders wenn diese noch dazu mit Eisenreifen versehen sind.

Das Verbot der Eisenbereifung<sup>39)</sup> hat man leider nicht aufrecht erhalten können, da bald nach Kriegsbeginn Mangel an Gummi eintrat, der um so empfindlicher wurde, als brauchbare elastische Ersatzstoffe trotz eifriger Bemühens nicht gefunden werden konnten. Deshalb mußte die Bundesratsverordnung vom 22. Dezember 1915 die Verwaltungsbehörden ermächtigen, auf Antrag der Besitzer von Lastkraftwagen die Eisenbereifung wieder zuzulassen.

Diese Aufhebung des Verbotes der Eisenreifen war infolge der durch den Krieg geschaffenen Verhältnisse natürlich unvermeidlich und wird in reichem Maße ausgenutzt. Es zeigen sich daher auch wieder die mannigfachen, schweren Übelstände für die Fahrbahndecken, die das Verbot der Eisenreifen durch die Bundesratsverordnung vom 21. Juni 1913 zu beseitigen suchte. Sicher werden nach Beendigung des Krieges noch viele Jahre vergehen, bis eine genügende Menge Gummi im Lande sein wird, um jenes Verbot wieder in Kraft treten zu lassen, und so müssen wir uns vorläufig hiermit abfinden. Aber trotzdem sollte man nicht die Hände

müßig in den Schoß legen und zusehen, wie die Steinbahnen unaufhörlich zerstört werden; sondern man wird wenigstens Vorkehrungen treffen, damit diese Zerstörung innerhalb gewisser Grenzen bleibt. Eine plötzliche Verstärkung der Fahrbahnbefestigung unserer Landstraßen ist natürlich nicht möglich. Eine Herabsetzung des Höchstgewichts für Lastkraftwagen mit Eisenbereifung ist abgesehen von dem auf S. 163 gemachten Vorschlag ebenfalls nicht angängig, denn die gegenwärtig vorhandenen, schwer gebauten Lastwagen müßten erst verbraucht werden, und außerdem würde die Kraftwagenindustrie gegen eine weitere Beschränkung des Gewichts energischen Widerspruch erheben. Es bleibt also nur noch eins übrig: die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Lastkraftwagen herabzusetzen. Und hier möchte ich auf den sehr beachtenswerten Vorschlag von Nessenius<sup>40)</sup> hinweisen, der darauf hinausgeht, die Höchstgeschwindigkeit für alle eisenbereiften Lastkraftfahrzeuge, gleichviel, ob ihr Gesamtgewicht 5,5 t übersteigt oder nicht, außerhalb geschlossener Ortsteile auf 10 km/St. festzusetzen. Hauptsächlich sind es ja die Stoßwirkungen, die so verheerend für die Steinbahnen sind, und diese wachsen bekanntlich nach der Formel

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{G \cdot v}{2g},$$

also mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Nach den gegenwärtig gültigen Bestimmungen dürfen eisenbereifte Lastkraftwagen außerhalb geschlossener Ortschaften eine Fahrgeschwindigkeit von 12 bzw. 15 km/St. haben, je nachdem ihr Gewicht 5,5 t übersteigt oder nicht. Durch eine Herabsetzung der Fahrgeschwindigkeit auf 10 km/St. würden die gefürchteten Stoßwirkungen sich zu den jetzigen verhalten wie

$$\frac{10^2}{12^2} = \frac{25}{36}, \text{ bzw. } \frac{10^2}{15^2} = \frac{4}{9}.$$

Eine wesentliche Milderung wäre also erreicht und würde von allen Straßenunterhaltungspflichtigen mit großer Genugtuung begrüßt werden.

Eine ganz vernichtende Einwirkung auf die Fahrbahndecke haben die Eisenreifen der Lastkraftwagen, wenn sie nicht glatt, sondern, was meistens der Fall ist, mit Rippen oder dergl. versehen sind, denn nunmehr verteilt sich der Raddruck nicht mehr über eine verhältnismäßig große Berührungsellipse, sondern die hervorstehende Rippe muß die gesamte Last übertragen. Dadurch wird der spezifische Raddruck natürlich zu groß, die Rippe drückt sich in die Steindecke ein, und damit ist der Anfang zur allgemeinen Zerstörung der Fahrbahn gegeben. Wenn auch diese Riefelung zur Erhöhung der nötigen Reibung zwischen Triebad und Fahrbahn für gewöhnlich nicht ganz zu vermeiden ist, so sollte doch mehr als bisher darauf geachtet werden, daß die Rippen nicht zu sehr hervortreten, daß ihre Stärke also auf ein Mindestmaß beschränkt wird.

Zur Verminderung des spezifischen Raddruckes wird oft eine Felgenverbreiterung vorgeschlagen. Es ist augenscheinlich, daß eine breite Felge auf die Straßenoberfläche eine größere Last übertragen kann, ohne daß die zulässige Druckspannung überschritten wird, als eine schmalere. Aber es darf nicht übersehen werden, daß der spezifische Druck, der auf die Straße übertragen wird, bei großen Lasten und breiten

39) Bundesratsverordnung vom 21. Juni 1913.

40) Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1918, S. 78.

Felgen größer ist als bei kleineren Lasten und entsprechend schmälere Felgen. Das gilt sowohl für die Fahrbahndecke, als auch besonders für den Unterbau.<sup>41)</sup> Zur Beförderung des Wasserabflusses sind die Straßendämme seitlich geneigt. Ist diese Gefälllinie nun nach einem Kreise oder einer anderen Kurve ausgebildet, so leuchtet es ohne weiteres ein, daß es für die Räder unmöglich ist, in ihrer vollen Breite die Straßendecke zu berühren. Während also an der einen Seite des Reifens nur eine sehr geringe Belastung vorhanden ist, wird die andere Seite überlastet und schneidet infolgedessen in die Fahrbahndecke ein. Sind die Räder noch dazu mit Eisenreifen versehen, so wird dieses Einschneiden natürlich sehr begünstigt, aber selbst Vollgummireifen vermögen in dieser Weise schädlich einzuwirken. Daß auch sehr breite Gummireifen mit Preßluft durch ihre Scherbeanspruchung bedenklich sind, wird später noch näher dargelegt werden.

Ferner kommt es oft vor, daß lose Steine oder dergl. auf der Fahrbahn liegen; entweder sind sie aus der Straßendecke herausgerissen oder von spielenden Kindern dahingeworfen worden. Trifft nun ein Rad mit schmaler Felge auf einen solchen Stein, so wird dieser wahrscheinlich zur Seite gedrückt werden, bei einem Rade mit breiter Felge ist hingegen die Wahrscheinlichkeit viel größer, daß es samt der darauf ruhenden Last über den Stein hinwegrollt. Für einen Augenblick ruht nun die gesamte Radlast auf dieser kleinen Fläche, die zulässige spezifische Druckspannung wird weit überschritten, die Fahrbahn also beschädigt.

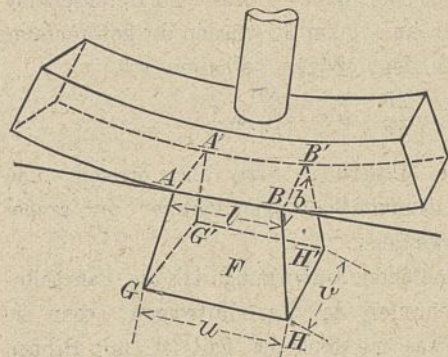


Abb. 30.

Der Einfachheit halber möge die Berührungsfläche des Rades mit der Fahrbahn hier zu einem Rechteck  $AA'B'B$  angenommen werden (Abb. 30).<sup>42)</sup> Der Raddruck  $P$  wird dann durch die abgestumpfte Pyramide  $AA'B'BGG'H'H$  auf den Unterbau übertragen. Die Druckspannung auf den Unterbau

$$\text{ist also } \sigma_d = \frac{P}{F} = \frac{P}{u \cdot v}.$$

Betrachtet man nun in derselben Weise ein doppelt so breites Rad und ein Zwillingrad (Abb. 31), das man nach den gegenwärtig bestehenden Bestimmungen mit  $2P$  belasten darf, so verhält sich die ursprüngliche Druckfläche auf dem Unterbau zu der entstehenden wie  $\frac{u \cdot v}{u(v+b)} = \frac{v}{v+b}$  und nicht etwa wie  $\frac{1}{2}$ , wie man im ersten Augenblick glauben möchte.

Hieraus erkennt man, daß mäßig breite Felgen im allgemeinen von Vorteil sind, daß man aber die Radlast nicht

41) Steffelaar und Janson, Niederlande, Erfahrungen über den Einfluß der Radfelgenbreite der Fahrzeuge auf die mehr oder weniger schnelle Zerstörung der Decke. Bericht Nr. 61 vom 2. Intern. Straßenkongreß.

42) Steffelaar und Janson a. a. O. S. 8.

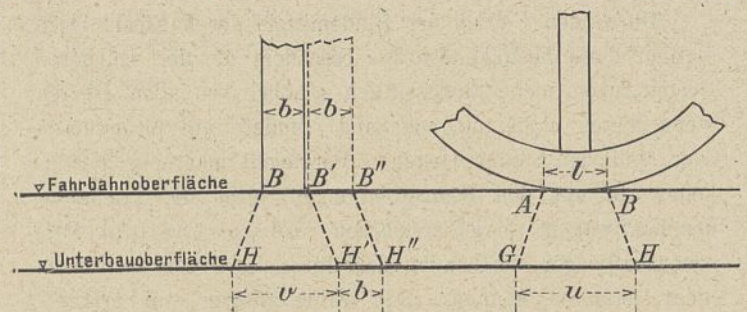


Abb. 31.

proportional der Felgenbreite vermehren darf. Dieses gilt auch für die Doppeltriebräder der schweren Lastkraftwagen und sollte mehr berücksichtigt werden. Die von den Wagenbesitzern aufgestellte Behauptung, daß die Zugkraft bei breiten Felgen — einige behaupten auch das Gegenteil — größer ist als bei schmalen, ist unwesentlich.

Morin<sup>43)</sup> und Dupuit<sup>44)</sup> haben festgestellt, daß die Zugkraft auf feste Schotterstraßen fast unabhängig von der Breite der Felgen ist. Dieses haben auch die Versuche des „Touring-Club“ der Niederlande neuerdings bestätigt.<sup>45)</sup>

β) Scherkräfte. Befindet sich ein Rad auf einer vollkommen glatten, ebenen Fläche, und erteilt man ihm einen Stoß, der parallel zur Stützfläche gerichtet ist, so gleitet das Rad vorwärts ohne zu rollen. In Wirklichkeit gibt es aber nun keine völlig ideale, glatte Fläche, sondern es herrscht zwischen Rad und Berührungsfläche stets eine mehr oder weniger starke Reibung. Die Räder eines gewöhnlichen Fuhrwerks werden also auf der Fahrbahn rollen, nehmen aber den Reibungsbeiwert  $\mu$  nur soweit in Anspruch, als zur Überwindung der Achsenreibung erforderlich ist. Sie verursachen also nur ein sehr geringes Abschleifen der Fahrbahndecke. Die wagrecht nach vorn gerichtete Scherkraft setzt sich nun mit dem lotrecht gerichteten Raddruck zu einer Resultierenden zusammen, die schräg nach vorne gerichtet ist. Das gezogene Rad sucht also die Fahrbahn nach vorn zu schieben. Man sieht dieses deutlich bei der Pferdewalze, wo sich vor der Walze stets eine wellenförmige Anhäufung des Schottermaterials bildet.

Ganz anders verhält sich das ziehende Rad. Dieses muß den Reibungsbeiwert sehr stark in Anspruch nehmen, um überhaupt eine Vorwärtsbewegung zustande zu bringen. Und in dem Augenblick, wo das Rad anfängt zu gleiten, wird jener sogar vollkommen ausgenutzt. Hieraus erkennt man schon, daß die Fahrbahndecke in weit stärkerem Maße von dem ziehenden als von dem gezogenen Rad abgeschliffen wird. Die auftretende Scherkraft ist beim Triebtrad naturgemäß nach hinten gerichtet. Man kann dieses sehr gut auf Straßen wahrnehmen, die mit feuchtem Staub oder ballendem Schnee bedeckt sind. In den Radspuren der Lastkraftwagen findet man in regelmäßigen Abständen von 5 bis 10 cm kleine, nach hinten gebogene Querrisse. Ferner kann man besonders bei Asphaltbahnen, auf denen ein starker Kraftwagenverkehr herrscht, eine Verschiebung der Fahrbahnoberfläche beobachten, die aus der nach hinten gerichteten Schubwirkung der Triebräder entsteht. Diese nach hinten gerichtete Schubkraft ergibt

43) Morin, Expériences sur le tirage des voitures. 1839.

44) Dupuit, Essais et expériences sur le tirage des voitures.

45) Steffelaar und Janson a. a. O.

mit dem senkrecht gerichteten Triebraddruck eine schräg nach hinten gerichtete Resultierende. Die Wirkung dieser Resultierenden auf die Fahrbahn veranschaulicht Prof. Châburn in Nebraska<sup>46)</sup> an einem Blatt Papier, das er auf den Tisch legt, an einem Ende belastet und am anderen Ende durch einen schräg gehaltenen Bleistift verschiebt (Abb. 32). In ähnlicher Weise,

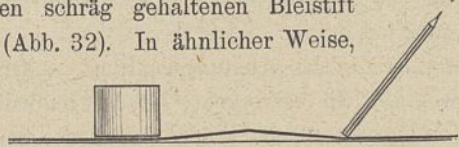


Abb. 32.

wie sich hier das Papier emporhebt, wird es in Wirklichkeit die Fahrbahndecke unter dem Einfluß des Triebrades tun.

Unter idealen Verhältnissen beschreiben die Punkte des Radumfangs beim Rollen gemeine Zykloiden. In Wirklichkeit findet aber nun neben der Roll- auch eine kleine Gleitbewegung statt, so daß die Radlinie für das gezogene und das ziehende Rad die in Abb. 33 und 34 dargestellte Form annimmt.<sup>47)</sup>

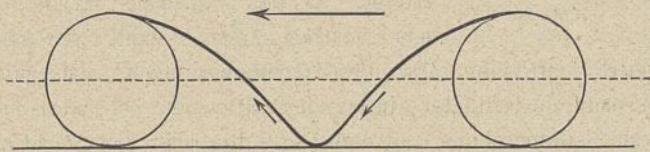


Abb. 33.

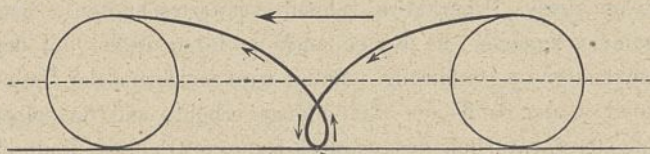


Abb. 34.

Aus Abb. 34 geht deutlich die schürfende, scharrende oder wühlende Wirkung der Triebräder hervor. Dieses Schleifen wird nun um so stärker werden, je größer die Fahrgeschwindigkeit wird. Das haben auch Versuche gezeigt, die 1838 von Morin<sup>48)</sup> ausgeführt worden sind. Er fand nämlich, daß der Widerstand der rollenden Reibung mit zunehmender Geschwindigkeit wächst und damit auch die erforderliche Tangentialkraft. Dieses gilt im besonderen für die hier betrachteten Steinschlagbahnen der Landstraßen, weil auf ihnen die Stöße infolge von kleinen Unebenheiten häufiger auftreten. Ist aber das Triebrad gezwungen, ein Hindernis zu überspringen, so schwebt es für einen Augenblick in der Luft. Da nun während dessen die Fahrbahnreibung aufgehoben ist, so steigert sich die Umfangsgeschwindigkeit des Rades ganz beträchtlich, und mit dieser vermehrten Umfangsgeschwindigkeit stößt es dann plötzlich wieder auf die Steinbahn auf. Natürlich ist die Fahrbahnreibung jetzt zu gering. Das Rad schleudert, die Straße wirkt als Bremse und muß die überschüssige Triebkraft vernichten. Hieraus ist ersichtlich, wie wichtig es für den Bestand der Straßen ist, daß die Fahrbahnoberfläche möglichst eben ist.

46) Zeitschrift für Straßenkongresse Nr. 12, S. 878.

47) Gravenhorst, Das gezogene und das ziehende Rad. Wiesbaden 1906.

48) Morin, Expériences sur le tirage des voitures. 1839.

Aber andererseits darf sie nun auch nicht zu glatt sein, denn das würde ja das Gleiten der Räder begünstigen. Um die Räder vor dem Schleudern zu schützen, sind sie meistens mit Gleitschützern versehen. Diese bestehen für gewöhnlich aus einem Band von Chromleder, das schachbrettartig mit genieteten Eisenstiften besetzt ist. Diese haben in der Regel einen Durchmesser von 12 bis 15 mm und ragen 8 bis 10 mm hervor<sup>49)</sup>. Daß Gleitschützer ein notwendiges Übel sind, haben Versuche mit Kilometerzählern gezeigt<sup>50)</sup>. Bei glatter Bereifung war nämlich die angezeigte Entfernung von einer Stadt zur andern größer als bei Reifen mit Gleitschutz. Bei glatten Reifen schleifen die Räder also stärker und nutzen die Fahrbahn mehr ab. Außerdem sind sie vom Standpunkt der Sicherheit der Reisenden bei schlüpfrigen Wegen unentbehrlich. Sie dürfen aber nicht, wie oben angegeben, 8 bis 10 mm hervorstehen, denn dann wirken sie wie Pickelspitzen, die mit großer Wucht auf die Fahrbahndecke aufschlagen, in diese eindringen, die Steine ausheben oder sie zerbrechen. Man sollte die Gleitschützer nicht mehr als 4 bis 5 mm hervorstehen lassen, dann sind die Vorteile, die sie bieten, entschieden größer als ihre Nachteile.

Besonders groß sind die Scherkräfte bei Geschwindigkeitsänderungen. Bei den gewöhnlichen Landfuhrwerken geschieht das Anfahren meistens ziemlich ruhig. Ganz anders bei den Kraftfahrzeugen. Beim Einschalten des Motors erfahren die Triebräder sofort eine hohe Drehungsgeschwindigkeit, was natürlich eine starke Beanspruchung und ein erhebliches Abschleifen der Schotterhaut verursacht, zumal bedeutend höhere Reibungswiderstände beim Anfahren zu überwinden sind, als später bei der Erhaltung der gleichmäßigen Geschwindigkeit. Es ist ja auch sehr einleuchtend, daß die Reibung im Zustand der Ruhe größer ist als während der Bewegung. Das Ineinandergreifen, das Haften der Räder an der Fahrbahn ist natürlich inniger, wenn sie längere Zeit an einer Stelle geruht haben. Jedoch nicht nur beim Anfahren, sondern ganz allgemein bei jeder Geschwindigkeitsänderung tritt eine Verstärkung der Tangentialkräfte auf, und daß diese gar nicht zu vernachlässigen ist, kann man durch eine einfache Rechnung leicht feststellen. Nimmt man an, daß ein gewöhnlicher Personenkraftwagen mit einem Gewicht  $P$  von der Geschwindigkeit  $v_0$  auf die Geschwindigkeit  $v_1$  gebracht werden soll nach einer Fahrstrecke  $l$ , so muß die Bewegungsenergie des Wagens von  $\frac{P \cdot v_0^2}{2g}$  auf  $\frac{P \cdot v_1^2}{2g}$  gebracht werden. Die zu dieser Beschleunigung erforderliche Arbeit ist also  $\frac{P \cdot v_1^2}{2g} - \frac{P \cdot v_0^2}{2g} = \frac{P}{2g} (v_1^2 - v_0^2)$ .

Da diese Arbeit nun von einer Zusatzkraft  $Z$  auf der Strecke  $l$  geleistet werden muß, so ist  $Z \cdot l = \frac{P}{2g} (v_1^2 - v_0^2)$  oder  $Z = \frac{P}{2gl} (v_1^2 - v_0^2)$ . Diese Kraft  $Z$  muß also zu derjenigen hinzutreten, die zur bloßen Überwindung der Bewegung bei gleichförmiger Geschwindigkeit  $v_1$  erforderlich ist.

Für den Fall des Anfahrens ist  $v_0 = 0$ ; also  $Z = \frac{P \cdot v_1^2}{2gl}$ .

49) Annales des ponts et chaussées, Jahrg. 1907, Heft 4.

50) J. Hansez-Brüssel, Bericht Nr. 37 vom 2. Internationalen Straßenkongreß.

Ist nun z. B.  $P = 1800$  kg,  $g = 9,81$  m/Sek.<sup>2</sup>,  
 $v_l = 20$  km/St. =  $5,55$  m/Sek.,  $l = 20$  m,  
 so wird die Beschleunigungskraft

$$Z = \frac{1800 \cdot 5,55^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 20} = 141 \text{ kg.}$$

Bei einer gewöhnlichen Landstraße mit einem Bewegungswiderstandsbeiwert  $\frac{1}{30}$  ist die zur Erhaltung der gleichförmigen Bewegung erforderliche Zugkraft

$$Z_0 = \mu N = \frac{1}{30} \cdot 1800 = 60 \text{ kg.}$$

Die Kraft beim Anfahren und damit auch die Scherkraft am Triebbradumfang ist also fast  $2\frac{1}{2}$  mal so groß als die gewöhnliche Zug- bzw. Scherkraft. Zum Vergleich sei noch erwähnt, daß Petot<sup>51)</sup> den Druck, den das Pferd mit einem seiner Hufe beim Ziehen nach hinten ausübt, auf höchstens 60 kg schätzt, während die Scherkraft eines Triebrades zuweilen 200 bis 250 kg betragen dürfte. Handelt es sich nun beispielsweise um schwere Lastkraftwagen, die selbst bei gleichförmiger Geschwindigkeit die Fahrbahnreibung stark in Anspruch nehmen, so werden bei zu schnellem Anfahren die Tangentialkräfte größer als die Reibung und die Triebräder schleudern. Dieses sollte unbedingt vermieden werden. Derartige Fahrzeuge müßten mit einer Kupplung versehen werden, die so eingerichtet ist, daß sie die Triebkraft nicht mehr überträgt, wenn diese einen bestimmten Wert übersteigt. Eine praktisch ausgeführte Lösung besteht darin, daß man in irgendeinem Punkte des Radantriebs eine Feder einschaltet, die sofort nachgibt, wenn die Kraft einen Mittelwert übersteigt<sup>52)</sup>.

Dieselben Übelstände, die sich beim plötzlichen Anfahren zeigen, treten vor den Steigungen auf, auch hier werden die Scherkräfte wesentlich erhöht; es ist daher von großer Wichtigkeit, daß die Steigungen nicht zu stark sind, wie schon früher in dem Abschnitt über den Längenschnitt genauer dargelegt worden ist.

Jedoch nicht allein die Fahrbeschleunigung, sondern auch das scharfe Anziehen der Bremsen verursacht erhebliche Beschädigungen der Fahrbahn, besonders wenn es so heftig geschieht, daß das Rad vollständig gesperrt und in einen Hemmschuh umgewandelt wird. In diesem Fall ist die Tangentialkraft gleich der gleitenden Fahrbahnreibung und natürlich nach vorn gerichtet. Beachtenswert ist der Vorschlag von Lumet<sup>53)</sup>, die kinetische Energie des Kraftwagens durch eine Bremskraft, die auf der Bremstrommel wirken soll, zu vernichten, und nicht durch die Reibung zwischen Fahrbahn und Radreifen, da diese für beide Teile gleich verhängnisvoll ist.

Im obigen sind die Scherwirkungen der Triebräder der Kraftwagen ganz allgemein behandelt worden, ohne auf die Art der Bereifung Rücksicht zu nehmen. Bei den Personenkraftwagen besteht diese nun stets aus Gummi mit Preßluft. Es ist daher von Wichtigkeit, deren Einfluß genauer zu untersuchen. Zunächst einen Vorteil der Gummireifen in bezug auf die Scherwirkung. Schon oben ist gezeigt worden,

51) Petot, Prof. à la Faculté des Sciences de Lille, Effets des nouveaux modes de locomotion sur les chaussées, Bericht Nr. 78 des 1. Intern. Straßenkongr. 1908.

52) Lumet, Ingénieur des Arts et Manufactures, Bericht Nr. 59 des 2. Intern. Straßenkongr. 1910.

53) Lumet a. a. O.

wie zerstörend das plötzliche Anfahren auf die Fahrbahn wirkt. Hier dienen die elastischen Reifen als Abschwächungsmittel; denn beim Anfahren dehnen sie sich in der Längsrichtung aus, die Zugkraft und damit auch die Scherkraft greift nicht plötzlich an, sondern wächst allmählich von Null auf den Größtwert und verringert somit die Anfahrbeschleunigung.

Wichtig ist die Querschnittsgestaltung der Gummireifen.

Wie aus Abb. 35 hervorgeht, ist der Radhalbmesser in der Mitte  $M$  der Lauffläche größer als an der Seite  $S$ . Infolgedessen ist natürlich auch die Umfangsgeschwindigkeit bei  $M$  größer als bei  $S$ . Ist der Halbmesser bei  $S$  z. B. um 5 mm kleiner als bei  $M$ , so ist der Radumfang bei  $S$  um  $2 \cdot 5 \cdot \pi = 31,4$  mm kleiner als bei  $M$ ; entweder muß also die Laufdecke bei  $M$  um 31 mm rückwärts, oder der Rand bei  $S$  um dieses Maß vorwärts gleiten. In Wirklichkeit werden wahrscheinlich sowohl die Mitte als auch die Ränder gleiten, so daß zwischen  $M$  und  $S$  eine neutrale Zone besteht, wo kein Gleiten stattfindet. Da diese Gleitbewegungen, also auch die dadurch bedingten Zusatzscherkräfte nun bei jeder einzigen Radumdrehung auftreten, so sollte man diese nicht zu gering einschätzen. Besonders wenn schon Spuren in der Fahrbahn entstanden sind, wird die Abnutzung der Steinbahn infolge dieser Scherkräfte schnell vorwärtsschreiten; denn nunmehr kommen die Reifen auch an ihren Seiten mit den Spurrändern in Berührung. Damit wird wiederum der Unterschied in der Größe der Radumfänge erhöht, und im selben Maß steigt natürlich das dadurch bedingte Gleiten. Dadurch wird eine weitere Vertiefung und Verbreiterung der Spuren hervorgerufen. Ferner geht hieraus hervor, daß Räder, deren Gummireifen runden Querschnitt haben, stärker gleiten müssen als solche mit flachem. Am vollkommensten wären in dieser Hinsicht trapezförmig gestaltete Reifen.

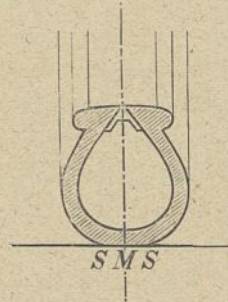


Abb. 35.

Zu dieser Scher- und Gleitwirkung kommt nun noch ein gewisses Saugen hinzu. Die Bereifung klammert sich nämlich unter der Wirkung der Zugkraft an die rauhen Unebenheiten der Straßenoberfläche an. Je schwerer der Wagen ist, um so größer wird die Längsachse der Berührungselipse sein, um so länger also die Dauer der Zusammendrückung des Reifens. Proportional mit dieser Dauer wächst die Stärke der Luftverdrängung und das darauffolgende Ansaugen. Sehr wesentlich ist hierbei die Heftigkeit der Entlastung. Da diese in gleichem Maße wie die Fahrgeschwindigkeit wächst, so ist sie maßgebend für die Stärke der Saugwirkung. Trockener Staub wird durch das Rad zur Seite geblasen, und außerdem kommt unter dem Wagen ein heftiger, verdichteter Luftstrom hervor, der den noch vorhandenen Staub und die abgeschliffenen Fahrbauteilchen erfaßt und mit sich fortreißt. Dieser zusammengepreßte Luftstrom gelangt, sobald er hinten unter dem Wagenkasten hervortritt, in einen stark luftverdünnten Raum, wirbelt nun in die Höhe und erzeugt dadurch die so sehr gefürchteten Staubwolken. Hieraus geht hervor, daß diese Staubwirbel um so heftiger sein werden, je größer die Geschwindigkeit, und je dichter der Wagenkasten sich an der Fahrbahndecke befindet.

Der Luftstrom vermag zusammen mit den Schürf- und Gleitwirkungen der Räder den Staub und Sand aus dem Straßenkörper herauszuziehen. Mr. Bradley-Westminster behauptet sogar, daß die Triebräder imstande sind, das Kreosot aus dem Holzpflaster herauszusaugen und dadurch einen schnellen Verfall desselben herbeizuführen.<sup>54)</sup> Ähnlich wie bei trockener, staubiger Fahrbahn liegen die Verhältnisse bei nasser, schlammiger Fahrbahn. Die Schlammteile werden, so oft ein Rad darüber hinwegrollt, herausgequetscht und herausgeschleudert. Das Wasser dringt immer tiefer in die Fugen ein, der Schlamm spritzt in immer größerem Bogen heraus, und schließlich sind die Zwischenräume vollständig ausgewaschen. Ist jedoch das Bindemittel des Straßenkörpers erst entfernt, so schreitet die weitere Zerstörung rasch vorwärts. Die einzelnen Steine reiben sich infolge der Tangentialkräfte der Triebräder so lange aneinander, bis sie ihre scharfen Ecken und Kanten verlieren, werden dann einer nach dem anderen aus der Straßendecke herausgerissen und schließlich von den Triebrädern wie Geschosse nach hinten geschleudert. Durch diese Schleuderwirkung haben beim Kraftwagenrennen in der Auvergne<sup>55)</sup> die vorderen Fahrzeuge die nachfolgenden außer Fahrt gesetzt und deren Scheinwerfer durch Schleudersteine zertrümmert. Daß eine Gesteinsart mit geringem Einheitsgewicht leichter gelockert und aus der Decke herausgeschleudert werden kann, als schweres Deckmaterial, bedarf wohl keiner näheren Erörterung.

γ) Querkräfte. In den Kurven treten zu den in die Richtung der Fortbewegung fallenden Scher- noch Querkräfte hinzu, die senkrecht zur Radebene stehen. Deren Größe und Wirkung ist schon früher in dem Abschnitt „Krümmungen“ eingehend untersucht worden.

Wie auch schon dort angegeben wurde, berechnet man sie nach der Formel

$$T_r = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R},$$

wobei  $G$  das Wagengewicht,

$v$  die Fahrgeschwindigkeit,

$g$  die Beschleunigung der Schwere und

$R$  die Krümmungshalbmesser der Kurven

bedeutet.

Fährt beispielsweise ein Personenkraftwagen mit einem Gewicht von 1800 kg mit einer Geschwindigkeit von 20 km/St. = 5,6 m/Sek. durch eine Kurve von 30 m Halbmesser, so ergibt sich die Querkraft

$$T_r = \frac{1800 \cdot 5,6^2}{9,81 \cdot 30} = 192 \text{ kg.}$$

Bei einer Geschwindigkeit von 30 km/St. wäre  $T_r = 423$  kg  
 „ „ „ „ 50 „ „ „  $T_r = 1178$  kg  
 usw.

Es handelt sich also um ganz erhebliche Kräfte, und da diese nun mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen, so kommt man sehr bald zu ganz gewaltigen Werten. Wenn diese Querkräfte so groß werden, so besteht natürlich die Gefahr, daß der Wagen aus seiner Bahn herausgeschleudert wird oder wenigstens ins Gleiten gerät. Wie dieses durch Überhöhung der Fahrbahn an der Außenseite und durch

54) Zeitschr. f. Transportw. u. Straßenbau 1905, S. 403.

55) Annales des ponts et chaussées 1907, Heft 4.

Wahl von genügend großen Krümmungshalbmessern vermieden werden kann, ist schon früher rechnerisch und zeichnerisch dargelegt worden. Diese Querkräfte  $T_r$  setzen sich mit den Tangentialkräften  $T_a$  zusammen zu einer Resultierenden  $R$

$$R = \sqrt{T_r^2 + T_a^2}.$$

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß in diesem Fall die zerstörende Wirkung besonders groß sein muß. So ist es also durchaus nicht verwunderlich, daß die Fahrbahndecke vor allen Dingen in den Krümmungen beschädigt wird. Wie man dem durch zweckmäßige Ausgestaltung des Straßenquerschnittes vorbeugen kann, wurde auch schon früher angegeben.

b) Physikalische Einflüsse. Neben den mechanischen Kräften wirken noch physikalische und chemische Einflüsse auf die Fahrbahndecke ein. Diese sollen hier nur kurz behandelt werden, da sie dieselben sind bei allen Straßen, einerlei ob sie von Kraftwagen befahren werden oder nicht. Es ist nur zu beachten, daß sie auf Straßen, die durch regen Kraftwagenverkehr schon beschädigt sind, in ungleich stärkerem Maße einwirken können. Der wichtigste physikalische Einfluß ist das Gefrieren. Die Wasseraufnahme spielt daher eine große Rolle bei der Wahl der Gesteinsart. Gewöhnlich begegnet man aber in dieser Hinsicht ganz falschen Ansichten. Meistens wird das Gestein, das die geringste Wasseraufnahmefähigkeit besitzt für das frostbeständigste gehalten. Das braucht aber durchaus nicht der Fall zu sein. Es kommt lediglich auf den Sättigungsbeiwert an, d. h. auf den Wert, der sich ergibt, wenn die Größe der Wasseraufnahme durch langsames Ansaugenlassen dividiert wird durch die Größe der Wasseraufnahme bei hohem Luftdruck nach vorhergegangener Luftabsaugung.<sup>56)</sup> Das Wasser dehnt sich bekanntlich beim Gefrieren um  $\frac{1}{10}$  seines Volumens aus. Es ist daher ohne weiteres einleuchtend, daß der Frost nur dann schädigend einwirken kann, wenn die Gesteinsporen vorher schon zu  $\frac{9}{10}$  ihres Rauminhaltes mit Wasser gefüllt waren. Ist das nicht der Fall, so ist selbst eine absolut hohe Wasseraufnahme für ein Gestein mit geringer Festigkeit im allgemeinen unbedenklich. Prof. Dr. Hirschwald<sup>57)</sup> an der Technischen Hochschule Berlin stellt daher folgenden Satz auf: „Gesteine, deren Poren nahezu mit Wasser gefüllt sind, zerfriren in allen Fällen, selbst wenn ihre Festigkeit noch so bedeutend ist, während unvollkommen gesättigte Gesteine auch bei sehr geringer Festigkeit der Frostwirkung widerstehen“. Hirschwald führt als Beweis die vulkanischen Tuffe an, die trotz starker Porosität und sehr geringer Festigkeit sich als durchaus frostbeständig erweisen. Also erst wenn der Sättigungsbeiwert größer als 0,9 ist, ist ein Gestein frostunbeständig. Allerdings darf nun nicht unbeachtet bleiben, daß die Gesteine im durchnäßten Zustande eine geringere Druckfestigkeit haben als im trockenen. Das geht deutlich aus der Tabelle auf Seite 164 hervor.

c) Chemische Einflüsse. Alles Oberflächenwasser enthält Kohlensäure und vermag daher die Eisen- und Kalkkarbonate der Gesteine aufzulösen. Ebenso wirken die Humus-

56) Prof. A. Hanisch-Wien, Versuche mit Materialien für Schotterstraßen. Bericht Nr. 75 des 3. Intern. Straßenkongr. in London S. 12.

57) Prof. Hirschwald-Charlottenburg, Versuche mit Materialien für Schotterstraßen. Bericht Nr. 74 des 3. Intern. Straßenkongr. S. 9.

säuren, die sich bei der Verwesung von organischen Stoffen bilden, zersetzend auf die Straßenbaustoffe ein. Diese chemischen Einflüsse sind aber im Vergleich zu den physikalischen und namentlich zu den mechanischen Einwirkungen nur gering.

### 2. Anforderungen an die Baustoffe.

Bei der Wahl des Straßenbaustoffes sind nach dem vorhergehenden folgende Eigenschaften desselben von Wichtigkeit:

1. hohe Druckfestigkeit,
2. große Zähigkeit,
3. geringe Abnutzbarkeit,
4. großes Einheitsgewicht,
5. geringe Wasseraufnahmefähigkeit und kleiner Sättigungsbeiwert,
6. gute Wetterbeständigkeit.

Aus einem solchen Gestein und einem geeigneten Bindemittel hat man eine einheitliche, ebene, feste und doch elastische Fahrbahn herzustellen, die ihre Gestalt unter der Einwirkung des Verkehrs beibehält und dabei frei von Staub und Schlamm bleibt und trotzdem nicht zu glatt ist.

### 3. Ausbildung der Fahrbahn.

Eine solche ideale Landstraße kann man jedoch bei dem heutigen Stande der Technik und mit dem verhältnismäßig geringen Mitteln, die den betreffenden Wegebauverbänden zur Verfügung stehen, nicht herstellen. Wie oben gezeigt worden ist, ist die Einwirkung auf die Fahrbahn je nach der Art des Verkehrs gänzlich verschieden. Dieser ist daher bei der Gestaltung der Steindecke zu beachten.

#### a) Steinschlagbahnen.

α) Schotter mit wasserhaltigem Bindemittel. Straßendecken, auf denen nur schwacher Verkehr von gewöhnlichen Personenkraftwagen stattfindet, können, wie oben dargelegt wurde, nicht durch Druck, sondern nur durch Scher- und Schürfwirkungen beschädigt werden. Es genügen für diese daher weichere Gesteinsarten; ja diese sind oft sogar härteren Gesteinen vorzuziehen, wenn nämlich die abgeschliffenen Steinteilchen mit Wasser zusammen ein leicht gutes Bindemittel ergeben. Dieses ist z. B. beim Kalkstein der Fall. So berichtet Sigault, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées<sup>58)</sup>, daß im Sommegebiet eine Straße besteht, die lebhafteren Vergnügungsverkehr mit leichten Kraftwagen hat. Bei ihrer ursprünglichen Befestigungsweise mit hartem Schotter zeigten sich bald beunruhigende Beschädigungen. Diese hörten aber auf, als die harten Baustoffe durch weniger widerstandsfähige, aber mehr bindende Kalksteine ersetzt wurden. In demselben Bericht teilt Sigault mit, daß man im Eurebezirk seit der Entwicklung der Kraftfahrzeuge mit gutem Erfolg dazu übergegangen ist, den Sand als Bindemittel durch Kalksteine zu ersetzen, und daß im Marnegebiet schon seit langer Zeit durch Ausstreuen von Kreide auf die Schotterbahnen mit Erfolg gegen die Beschädigungen angekämpft wird.

β) Oberflächenteerung. Bei lebhaftem Verkehr mit Personenkraftwagen genügen aber die wasserhaltigen Bindemittel nicht mehr; besonders dann nicht, wenn es sich um schnell fahrende Kraftwagen handelt. In diesem Fall werden derartige Schotterbahnen von der Schürf- und Saugwirkung

der Triebräder angegriffen und bei anhaltend trockenem Wetter bilden sich die so gefürchteten Staubwolken. Hier ist nun die Oberflächenteerung am Platze. Bei diesem Verfahren dringt der Teer etwa 2 bis 3 cm tief in die Fahrbahndecke ein, befestigt dadurch die in der durchdrungenen Schicht liegenden Stoffe und bildet so eine undurchdringliche Kruste, die erfolgreich dem Herausziehen der kleinen Stoffteilchen widersteht und das Niederschlagswasser gut ableitet. Bei den Teerstraßen genügt ein ganz geringes Quergefälle (3 vH.). Ja es ist sogar sehr wesentlich, daß man dieses nicht zu stark macht, sonst ist das Befahren derartiger Straßen im Winter oft nicht ungefährlich. Die Teerstraßen haben nämlich den Nachteil, daß sich auf ihnen leicht Glätteis bildet. Selbst wenn die gewöhnlichen Schotterstraßen eisfrei sind, bildet sich auf den Teerstraßen ein feiner, spiegelblanker Eisüberzug<sup>59)</sup>. Wenn die Lufttemperatur nämlich um 0 Grad herumschwankt, und sich dann Nebelschwaden auf die Erdoberfläche herabsenken, so wird diese geringe Menge Feuchtigkeit von den gewöhnlichen Schotterstraßen ohne weiteres aufgesogen. Die Teerstraßen dagegen vermögen kein Wasser aufzusaugen, deren Oberfläche wird also naß, und wie sich in ähnlichen Fällen an Bäumen und Sträuchern Rauhreif bildet, entsteht auf den Fahrdämmen ein dünner Eisüberzug. Führt nun die mit Teer behandelte Straße im Tal entlang, so wird sich das für den Kraftwagenverkehr so gefährliche Glätteis, denn hier hilft auch der Gleitschutz nicht, öfter bilden und um so länger anhalten, je geschützter der Weg liegt. Man darf daher nur solche Straßen mit Oberflächenteerung versehen, die eine freie, trockene, besonnte Lage haben. Außerdem darf die Teerung nur bei trockener Witterung auf vollkommen trockener, von Schmutz und Staub gereinigter Fahrbahn erfolgen. Beachtet man dieses, so kann man sich der Oberflächenteerung selbst bei stärkerem Verkehr technisch und wirtschaftlich mit Erfolg bedienen. Natürlich hat dieses Staubbekämpfungsverfahren keine unbegrenzte Dauer, ja es erfüllt nur dann seinen Zweck, wenn die Fahrbahn gut unterhalten wird, und in regelmäßigen Zeitabständen neue Teerauftragungen erfolgen.<sup>60)</sup> Geschieht das, so vermag die Oberflächenteerung die Dauer der Decken um 25 bis 50 vH. zu erhöhen.<sup>61)</sup> Unter normalen Verhältnissen betragen die Kosten für 1 qm Fahrbahn<sup>62)</sup> beim erstmaligen Überzug bei Handbetrieb im Durchschnitt 19 Pf., bei Maschinenbetrieb 15 Pf., die folgenden Teerungen kosten im allgemeinen nur die Hälfte.

Wo man hier und da schlechte Erfahrungen mit der Oberflächenteerung gemacht hat, dürften diese entweder auf die unzweckmäßige Ausführung des Anstriches oder auf den schlechten Zustand der Fahrbahn vor der Auftragung zurückzuführen sein. Man darf von der dünnen Teerschicht natürlich nicht Wunderdinge erwarten; wenn der Unterbau mangelhaft und die Decke vom Verkehr schon wund ist, kann man

59) „Der Straßenbau“, 3. Jahrgang, Nr. 3, S. 65.

60) Goudronnage des chaussées dans le Département de Seine-et-Marne. Par Heude, Sigault, Bory, Imbs. Annales des ponts et chaussées 1903, Mém. 2. Ferner Loewe, Bekämpfung des Straßenstaubes. Wiesbaden 1910.

61) Wender, Mayer, Gavrian und Frouard. Bericht Nr. 21 des 3. Intern. Straßenkongr. in London.

62) Franze u. Sperber, Bericht über die Oberflächenteerung in 43 deutschen Städten. Techn. Gemeindeblatt 1909, S. 261.

58) 3. Intern. Straßenkongr. in London. Bericht Nr. 87, S. 3.



mit der Oberflächenteerung natürlich nichts erreichen. Äußerlich macht eine so behandelte Fahrbahn anfangs allerdings einen günstigen Eindruck. Im Innern dagegen wurmt es weiter, denn die einzelnen Steinchen sind nicht fest miteinander verkittet, und unter der Einwirkung des Verkehrs reiben sie ständig gegeneinander. Zunächst werden die Kanten und Ecken abgeschliffen, die Steinstücke nehmen eine abgerundete Form an. Bald verlieren sie vollkommen ihren Halt, und unter den Stoßwirkungen der Kraftwagentriebräder werden sie nun schnell zermalmt. Es bilden sich zunächst durch Versackungen einzelne Schlaglöcher, und in ganz kurzer Zeit zerfällt dann die ganze Fahrbahn. Die schlechte Beschaffenheit der geteerten Straßen ist auch nach der Ansicht von Dr. Guglielminetti<sup>63)</sup>, einer der bedeutendsten Bekämpfer des Straßenstaubes, die Ursache für den schnellen Verfall des Straßenkörpers. Die Ingenieure, sagt er, die bei dem immer reger und schwerer werdenden Kraftwagenverkehr, von den Straßenanwohnern mit „Staubbeschwerden“ überhäuft würden, versuchten, da es an den nötigen Geldmitteln mangelte, durch die verhältnismäßig billige Oberflächenteerung Abhilfe zu schaffen, natürlich ohne Erfolg. Nur auf Straßen, die vermöge ihrer Natur und der Stärke des Verkehrs geschottert bleiben können, d. h. bei denen eine Schotterung wenigstens drei Jahre oder noch länger aushält, werden die richtig ausgeführten Oberflächenteerungen gute Resultate erzielen, und zwar nicht nur in hygienischer, sondern auch in wirtschaftlicher Beziehung. In Deutschland sind nach Angabe vom Baurat Henning-Oberlahnstein<sup>64)</sup> etwa 400 km mit Oberflächenteerung versehen, hauptsächlich rheinische Provinzialstraßen und Staatsstraßen in Bayern.

γ) Innenteerung. Während man die Oberflächenteerung sowohl bei gut unterhaltenen alten Straßen als auch bei neu hergestellten Straßendecken nach deren vollständigen Befestigung und Austrocknung vornehmen kann, kann die Innenteerung nur bei neu angelegten Dämmen angewandt werden. Diese Art der Teerung wird hauptsächlich in England verwandt, während die Oberflächenteerung für Frankreich eigentümlich ist. Bei der Innenteerung unterscheidet man bekanntlich zwei Verfahren: das Tränkungs- und das Mischverfahren, bei diesem erfolgt der Zusatz des Bindemittels vor, bei jenem nach dem Einbau. Der Zweck der Innenteerung ist nicht nur die Herstellung einer festen, undurchlässigen Oberfläche wie bei der Oberflächenteerung, sondern es soll eine feste Verkittung der einzelnen Schotterstücke bewirkt werden, damit diese unter der Einwirkung des Verkehrs sich nicht verschieben können, und damit ferner der Druck auf eine größere Fläche verteilt wird. Solche Fahrdämme sind also am Platze, wenn es sich um mittelschweren, regen Kraftwagenverkehr handelt. Dementsprechend hat man auch die Wahl des Schottergesteins zu treffen. Die Erfahrung lehrt, daß die besten Ergebnisse erzielt werden mit möglichst würfelförmigem, zähem Hartgestein, dessen Bruchflächen rau und körnig sind. Schotter mit dichter, feinkörniger Struktur ist dagegen nicht geeignet, weil die Teermasse an diesem nicht gut haftet. Mit jenem Schottergestein läßt sich bei sachgemäßer Ausführungsweise eine in technischer, wirtschaftlicher und hygienischer Hinsicht befriedigende Fahrbahn her-

stellen. Die Umhüllung der einzelnen Steine ist bei dem Mischverfahren natürlich sicherer als bei dem Tränkungsverfahren. Die Teerstraßen nach dem Tränkungsverfahren sind um etwa 1 Mark, die nach dem Mischverfahren um 2 Mark je qm teurer als die gewöhnliche Schotterstraße.<sup>65)</sup> Nicht zu unterschätzen ist ferner der hygienische Wert der Teerstraßen. Bei diesbezüglichen Versuchen fand man in 1 Liter Luft über der Straßenfläche an lebenden Keimen<sup>66)</sup>:

	Sonne	Schatten
1. bei geschotterten Straßen in normalem Zustande	7	86
2. „ „ „ „ geteertem „	5	6

Im Schatten waren bei der gewöhnlichen Schotterstraße mehr als 14 mal soviel Keime als bei der Teerstraßen.

Auf die verschiedenen Ausführungsarten der Innenteerung soll hier nicht näher eingegangen werden (vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung 1916, S. 605). Sie haben alle bis auf eine den Übelstand, daß sie nur bei vollkommen trockener Witterung erfolgen können. Vom Wetter unabhängig ist bisher nur das Kitionverfahren, bei dem ein inniges Gemisch von  $\frac{2}{3}$  Teer und  $\frac{1}{3}$  fettem Ton mit Wasser im Verhältnis 1:1 verwandt wird. Dieses Gemisch, das zunächst in Wasser löslich ist, wird nach dem Eintrocknen vom Wasser unangreifbar. Wegen seiner Einfachheit in der Ausführung hat sich das Verfahren im In- und Ausland rasch verbreitet. Nach Angaben der Firma betragen die Mehrkosten gegenüber einer gewöhnlichen Chaussierung 20 vH. (35 bis 40 Pf. auf 1 qm), während die Lebensdauer der Fahrbahndecke etwa um 50 vH. erhöht wird. Alle diejenigen Verfahren dagegen, die eine umständliche und schwierige Herstellungsweise verlangen, werden zu teuer, um noch wirtschaftlich zu sein. Sind die Kosten gegenüber einer gewöhnlichen Schotterdecke größer, als etwa 2 M/qm, so sollte man lieber das von Gravenhorst erfundene Kleinpflaster wählen.

#### b) Pflasterbahnen.

a) Kleinpflaster. Kleinpflaster ist besonders für mittelschweren bis schweren Verkehr zu empfehlen. Teerstraßen werden durch Lastkraftwagen nämlich sehr schnell zerstört, denn die kleinen Schottersteine vermögen nicht den hohen Druckspannungen zu widerstehen (vgl. S. 163). Und sehr groben Steinschlag anzuwenden, empfiehlt sich auch nicht. Eine solche Decke nutzt sich zwar weniger ab, zeigt aber schon bald Unebenheiten, denn die größeren Schotterstücke ragen aus der Fahrbahndecke hervor, während die kleineren danebenliegenden zerdrückt worden sind.<sup>67)</sup> Deshalb versagen die bituminösen Schotterdämme auch bei starkem Truppenverkehr, besonders, wenn es sich um Kavallerie oder Artillerie handelt.<sup>68)</sup> Chaussees, die als Heeresstraße verwandt werden, sollte man daher stets pflastern. Kleinpflaster kann bei schwerem Verkehr natürlich nur dann von Vorteil sein, wenn es aus festem, zähem Gestein (Basalt, Granit u. dgl.) besteht und auf einem festen Unterbau ruht. Die

65) Zusammenstellung der von den größeren Städten Deutschlands gesammelten Erfahrungen mit Teermakadam-Straßendecken. Zeitschr. für Transportw. u. Straßenbau 1912, Nr. 25–34 u. No. 36; ferner Finanz- und Baurat Pietzsch-Chemnitz, Bericht Nr. 85 vom 3. Intern. Straßenkongr. in London S. 20.

66) Annales des ponts et chaussées de Belgique. Oktober 1914.

67) Krüger u. Gravenhorst, Das Kleinpflaster, 1910.

68) Dr. Ing. Haller, Der derzeitige Stand der Staubbekämpfung Seite 122.

63) 3. Intern. Straßenkongr. in London. Bericht Nr. 90, S. 5.  
64) Zeitschr. für Transportw. und Straßenbau 1917, S. 130.

Abmessungen der einzelnen Steine muß man nach der Festigkeit und Abnutzbarkeit der Gesteinsarten und nach der Schwere und Größe des Verkehrs wählen. In der Regel sollte nach Gravenhorst den Steinen eine Seitenlänge von etwa 8 cm gegeben, und als elastische Zwischenlage nicht zu grober Kies verwendet werden. Als Unterbau kann man die alte Steinschlagbahn sehr wohl benutzen, wenn diese vorher sorgfältig hergerichtet wird.

In der Praxis hat sich das Kleinpflaster sehr gut bewährt. Die Urteile in den Fragebogen, die von dem Verlag der „Wasser- und Wegebauzeitschrift“ an etwa 200 Straßenbaubehörden versandt wurden, über die Bewährung des Kleinpflasters lauten im allgemeinen recht günstig.<sup>69)</sup> Das Pflaster kostet nach den dortigen Angaben im Mittel ohne Unterbau rund 5 M/qm, ist also etwa dreimal so teuer wie eine gewöhnliche Chaussierung; verursacht aber sehr geringe Unterhaltungskosten und hat eine lange Lebensdauer, etwa achtmal so lange als gewöhnliche Schotterbahnen.

β) Großpflaster. Bei sehr schwerem Verkehr genügt schließlich auch nicht mehr Kleinpflaster, da muß man schon das teure Großpflaster wählen und für einen entsprechend starken Unterbau Sorge tragen. Die Druckfestigkeit eines Gesteines nimmt bekanntlich mit der Größe seines Rauminhaltes zu. Damit die Fahrbahn nun ein möglichst zusammenhängendes Ganzes bildet und so besser den Schub- und Stoßkräften der Räder zu widerstehen vermag, ist es oft vorteilhaft, die Fugenausfüllung mit einem bituminösen Stoff zu bewerkstelligen. Die Kraftwagen sind ja besonders dazu geeignet, die Steine loszurütteln; denn während diese von den Vorderrädern zunächst einen Schub nach vorn erleiden, werden sie im nächsten Augenblick von den hinteren Triebrädern heftig nach hinten gestoßen. Bei jedem Kraftwagen spielt sich dieser Vorgang von neuem ab. Daher ist es leicht verständlich, daß der Verband sich allmählich lockert, wenn die Fugenausfüllung nur aus Sand besteht, zumal dieser selbst schon durch die Saug- oder Schleuderwirkung der ziehenden Räder herausgerissen wird. Wenn aber erst keine genügende Fugendichtung vorhanden ist, so werden die Pflastersteine wie Geschosse gegeneinander geschleudert, und infolge dieses „Bombardements“ schreitet der Verfall sehr rasch vorwärts. Zur Ausfüllung der Fugen sollte man daher bei starkem Kraftwagenverkehr ein zähes, wasserundurchlässiges, bituminöses Bindemittel wählen, das im Sommer bei Sonnenbestrahlung nicht weich wird, und im Winter bei strengem Frost noch so viel Elastizität besitzt, um unter der Einwirkung der Räder nicht zu zerbröckeln.

γ) Andere Befestigungsarten. Neben dem Pflaster aus natürlichem Gestein wird noch eine große Fülle von den verschiedensten künstlichen Pflastersteinen von den Fabriken zur Landstraßenbefestigung angepriesen. Wenn sie auch vereinzelt Vorzüge gegenüber manchem Natursteinpflaster aufweisen, so ist ihre Anwendungsmöglichkeit wegen der meist sehr hohen Preise beschränkt: sie kommen für den Landstraßenbau eigentlich nur in Frage in Gegenden, wo natürliche Pflastersteine schwer zu beschaffen sind, und wo es sich um die Befestigung verhältnismäßig kurzer Wegstrecken handelt.

69) Krüger u. Gravenhorst, Das Kleinpflaster, 1910. Anhang 1.

Da es sich bei den Landstraßen nun immer um große Strecken handelt und die zur Verfügung stehenden Geldmittel im allgemeinen knapp sind, so hat man den Versuch gemacht, an Stelle der ganzen Fahrbahn nur zwei oder vier Spurstreifen zu befestigen. Man hat eiserne Gleise eingebaut, entweder in Schienen- oder Kastenform. Will man nun erreichen, daß die Räder der Wagen trotz ihrer verschiedenen Spurweite nicht immer von den Schienen hinunterlaufen, so müssen diese recht breit sein, dadurch werden sie aber teuer und unwirtschaftlich. Deshalb ging man dazu über, eine oder zwei Führungsrippen anzuordnen. Sollen diese aber ihren Zweck erfüllen, so müssen sie ziemlich hoch sein (12—14 mm). Dann bilden sie aber ein Hindernis für das Ein- und Ausfahren der Wagen, das um so lästiger wird, je größer die Geschwindigkeit und je höher die beförderte Last ist. Für Straßen, auf denen schnellfahrende Kraftwagen verkehren, sind sie also völlig unbrauchbar; denn die Führungsrippe schneidet in die Gummireifen ein und bewirkt schnellen deren Zerstörung. Daher ist man bei Landstraßen mit Kraftwagenverkehr auf rippenlose Gleise, hauptsächlich Betonstreifen zurückgekommen. So schlägt z. B. der Oberbauinspektor a. D. Maistre in München<sup>70)</sup> die Verwendung von Betonplatten von 1,20 m Länge, 60 cm Breite und 20 cm Höhe vor, die zur Vermeidung zu rascher Abnutzung an den Kanten durch ein Eisenblech geschützt sind.

Nach Ansicht des Verfassers sind sämtliche Gleisarten in Landstraßen zu verwerfen. Denn sie sind Fremdkörper im Fahrdamm, der Anschluß der Gleise an die Straßenbefestigung ist infolge der Einwirkung der mechanischen, physikalischen und chemischen Kräfte stets ein wunder Punkt. Das zeigen zur Genüge die Straßenbahngleise in den städtischen Straßen. Sobald erst ein geringer Höhenunterschied zwischen Gleis und Fahrbahn vorhanden ist, so treffen die Räder, die das Gleis verlassen, mit einem Stoß auf die unmittelbar daneben liegende Fahrbahnoberfläche. Bald finden die Räder außerhalb der Gleise eine Führung, gleiten nunmehr an dem Gleisstreifen entlang und zerdrücken und zermalmen die Fahrbahn.

Ein Beispiel, das der Ingenieur des Magistrats von Mailand Cattaneo<sup>71)</sup> auf dem 3. Internationalen Straßenkongreß in London hierfür anführt, ist sehr bezeichnend. Auf einer Straße mit Kraftwagenverkehr hatte man im Jahre 1910 auf jeder Seite der Straßenachse zwei Fahrstreifen aus Zementbeton angelegt. „Es war kein Jahr seit der Herstellung verflossen, als die Betonstreifen beseitigt werden mußten, weil der Verkehr vier Gleise längs deren Rändern ausgefahren hatte.“

Nicht nach der Auffindung irgendeines mehr oder weniger kostspieligen Landstraßengleises sollte man streben, sondern vielmehr nach der Ausbildung einer möglichst einfachen, einheitlichen und innig zusammengekitteten Fahrbahndecke, die unter der Einwirkung der Kraftwagen im Sommer keine Staubwolken emporwirbelt und im Winter keine Schlammfontänen erzeugt. Wenn die heutige Technik auch keine solche vollkommene Fahrbahndecke kennt, so kann man dem Ideale in technischer, wirtschaftlicher und hygienischer Hinsicht durch sinngemäße Anwendung der oben

70) Zeitschr. für Transportw. und Straßenbau 1912, S. 830; 1913, S. 352.

71) 3. Intern. Straßenkongr. in London. Bericht Nr. 89, S. 15.

angeführten Arten von Fahrbahndecken doch nahe kommen. Vor allen Dingen hat man auf die Dichte, Geschwindigkeit und Schwere des Kraftwagenverkehrs zu achten und dementsprechend die Wahl der Fahrbahnausbildung zu treffen. Man kommt dann zu der nachstehenden Zusammenstellung:

Fahrbahn	Kraftwagenverkehr			
	Dichte	Geschwindigkeit	Schwere	Bem.
Gewöhnlicher Schotter	gering	mäßig	leicht	} freie sonnige Lage
Schotter mit Oberflächenteerung	mittel	schnell	leicht	
Schotter mit Innenteerung	dicht	sehr schnell	leicht bis mittelschwer	
Kleinpflaster	sehr dicht	sehr schnell	mittelschwer bis schwer	
Großpflaster	sehr dicht	mäßig	sehr schwer	

#### Schlußwort.

Bevor die hier nur kurz angedeuteten Vorschläge zur Ausführung gelangen werden, dürfte noch viel Wasser zu Meere eilen. Jahre, sogar Jahrzehnte lang werden die leichten, schnell dahinsausenden Kraftwagen ihre Staubwolken in die Luft emporwirbeln, und die schweren Lastkraftwagen die Fahrbahndecken aufreißen. Ja, man muß darauf gefaßt sein, daß sich die Übelstände nach Beendigung des Krieges noch gewaltig verstärken werden. Die Entwicklung des Kraftverkehrs kann unmöglich dadurch aufgehalten werden, daß keine geeigneten Straßen zur Verfügung stehen. Wie schnell sie fortschreitet, geht deutlich aus der Statistik über die Anzahl der Kraftwagen hervor.<sup>72)</sup> Hiernach waren im Deutschen Reiche vorhanden:

Am 1. Januar des Jahres	Personenkraftwagen	Lastkraftwagen	Kraftwagen im ganzen
1907	25 815	1211	27 026
1908	34 224	1778	36 022
1909	39 475	2252	41 727
1910	46 922	3019	49 941
1911	53 478	4327	57 805
1912	63 162	6844	70 006
1913	70 085	7704	77 789
1914	83 333	9739	93 072

Von 1907 bis 1914, also in 7 Jahren, hat sich die Anzahl der Personenkraftwagen mehr als verdreifacht, die Anzahl der Lastkraftwagen sogar mehr als verachtfacht. Während der Kriegsjahre ist keine Statistik veröffentlicht worden. Die Zahl der Personenkraftwagen hat sich in dieser Zeit wahrscheinlich nur unwesentlich erhöht, dagegen wird die Anzahl der für die Fahrbahndecke besonders schädlichen Lastkraftwagen bedeutend gestiegen sein. Die meisten dieser Fahrzeuge werden nun nach dem Kriege aus Feindesland zurückkehren und unsere heimischen Straßen beleben, außerdem wird die Zunahme der Kraftwagen nach dem Frieden höchstwahrscheinlich noch viel schneller stattfinden; ja, der Mangel an Zugtieren wird sogar zum Bau weiterer Kraftwagen zwingen. Diese Flut wird sich dann über die während des Krieges nur sehr notdürftig unterhaltenen Land-

straßen ergießen. Was die Folge hiervon sein wird, kann sich jeder leicht selbst ausmalen. Pflicht der Straßenbauverwaltungen ist es also, für eine bessere Ausgestaltung der Landstraßen mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr ohne zu langes Zaudern Fürsorge zu treffen.

Worin diese Fürsorge nach den vorhergehenden Untersuchungen bestehen muß, soll zum Schluß noch einmal kurz zusammengefaßt werden:

Während des Krieges und auch während der darauf folgenden Übergangszeit kann an eine durchgreifende Umgestaltung unserer Landstraßen, vor allem bezüglich der Fahrbahnbefestigung nicht gedacht werden. Aber man kann sie vor der vollkommenen Vernichtung während dieser Zeit schützen durch Erlass von schärferen Polizeiverordnungen. Vor allen Dingen muß man anstreben, daß die Fahrgeschwindigkeit der schweren Lastkraftwagen, wenn nicht für alle, so doch wenigstens für die mit Eisenbereifung von 12 oder 15 km/St. auf 10 km/St. herabgesetzt wird (siehe S. 166). Sollte diese Maßnahme auf unüberwindlichen Widerstand stoßen, so sollte man wenigstens dafür sorgen, daß die jetzt vorgeschriebenen Geschwindigkeiten von 12 und 15 km/St. von den Wagenlenkern auch wirklich innegehalten werden, und daß, wo dieses nicht geschieht, mit voller Strenge seitens der Polizei eingeschritten wird; denn die Kraftwagenführer scheinen leider während der Kriegszeit die diesbezüglichen Verordnungen vergessen zu haben.

Ferner müßte eine Riefelung der Eisenreifen verboten oder wenigstens die Höchststärke der Rippen auf 3 mm festgesetzt werden. Die Rippen dürfen ferner nicht zu schmal und nicht parallel den Achsen sein, weil sie sonst zu sehr in die Fahrbahn einschneiden. Ebenso dürfen die Gleitschützer bei den Gummireifen nicht 10 mm oder gar noch mehr hervorragen, wie man es manchmal sieht, sondern höchstens 4—5 mm (vgl. S. 170). Sobald wieder genügend Gummi im Lande ist, muß das durch Bundesratsverordnung vom 22. Dezember 1915 aufgehobene Verbot der Eisenbereifung wieder in Kraft treten.

Auch auf das Innehalten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit seitens der oft mit einer unglaublichen Fahrt dahinsausenden Personenkraftwagen sollte mehr geachtet werden. Diese bilden allerdings weniger eine Gefahr für die Fahrbahndecke als für den übrigen Verkehr; ganz abgesehen von den lästigen Staubwolken und Schlammfontänen, die sie erzeugen.

Diese scharfen Polizeiverordnungen hinsichtlich der Höchstgeschwindigkeit sind bis zu einer gewissen Grenze allerdings nur ein Notbehelf für die Kriegs- und Übergangszeit. Sobald wieder geordnete Friedensverhältnisse eingetreten sind, muß zu einer Verbesserung wenigstens der wichtigsten Überlandstraßen geschritten werden. Denn der Personen- und Lastkraftwagenverkehr, der im Laufe der Zeit eine immer größere Rolle bei der Unterstützung und Entlastung des Eisenbahnverkehrs spielen wird, darf durch zu harte Verordnungen in bezug auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf die Dauer nicht gefesselt werden. Die bestehenden Landstraßen müssen weiter ausgebaut und reine Kraftwagenstraßen müssen angelegt werden nach den oben dargelegten Anforderungen, die der besseren Übersicht halber hier noch einmal tabellarisch zusammengestellt werden sollen.

72) „Der Motorwagen“. Jahrgang 1913, S. 351.

	Landstraßen mit gemischtem Verkehr	Reine Kraftwagenstraßen
Linienführung	Schlanke Linienführung. Rechtwinkliges Überqueren der Eisenbahnschienen nicht erforderlich, wenn dadurch zu scharfe Krümmungen entstehen.	Schlanke Linienführung unter Umgehung von Gelände- u. Verkehrsschwierigkeiten. Vermeidung aller Kreuzungen in Straßenhöhe. Vermeidung von beweglichen Brücken. Abschluß jedes sonstigen Verkehrs durch Einfriedigung des Straßengeländes und möglichste Vermeidung von Anschlußwegen. Bau von Umgehungsstraßen bei Ortschaften.
Längenschnitt	Schwache Längsneigungen $1:n \leq 1:30$ besser $1:n \leq 1:50$ Beseitigung von Mulden und Höcker.	Äußerst schwache Neigungen $1:n \leq 1:50$ besser $1:n \leq 1:100$ Bei Gefällwechsel Einschaltung von Ausrundungskurven mit $\rho \geq 500$ m. Keine Quermulden und Buckel.
Krümmungen	Flache und übersichtliche Krümmungen im gebirgigen Gelände $R \geq 50$ m im ebenen Gelände $R \geq 100$ m einseitiges Quergefälle in der Krümmung. Einschaltung von Übergangskrümmungen zur Überleitung von der Geraden in den Kreisbogen. In Krümmungen unter 100 m Halbmesser Verbreiterung der Innenseite der Straße.	Möglichst flache und übersichtliche Krümmungen $R \geq 500$ m einseitiges, nach der Außenseite stärker werdendes Quergefälle. Einschaltung von Übergangskrümmungen 1. zur Überleitung von der Geraden in den Kreisbogen, 2. zur Überleitung von dem dachförmigen Querschnitt in die einseitig geneigte Krümmung.
Querschnitt	Verbreiterung der bestehenden Landstraßen, im besonderen der befestigten Fahrbahn, entweder einseitig, oder beiderseitig, oder völlige Trennung der Kraftwagenbahn von dem übrigen Verkehr. Die befestigte Fahrbahnbreite muß betragen:	

	Landstraßen	Kraftwagenstraßen
Querschnitt	$B \geq 5,40$ m, wenn keine erhöhten Fußwege, $B \geq 6,0$ m bei erhöhten Fußwegen, $B \geq 8,0$ m bei sehr regem Schnellverkehr. Querschnitt dachförmig, nicht kreis- oder parabelförmig Quergefälle 4 bis 6 vH. je nach der Art der Fahrbahnbefestigung.	Fahrbahnbreite muß sein: $B \geq 8,0$ m, keine erhöhten Bordsteine einbauen. Querschnitt dach- oder pultförmig, nicht kreis- oder parabelförmig. Quergefälle 3 vH.
Fahrbahn-decke	Anforderungen an die Baustoffe: Hohe Druckfestigkeit, große Zähigkeit, geringe Abnutzbarkeit, großes Einheitsgewicht, geringe Wasseraufnahmefähigkeit, kleiner Sättigungsbeiwert und gute Wetterbeständigkeit. Möglichst einfache, einheitliche und innig zusammengekittete Fahrbahndecke. Sämtliche Gleisarten in der Landstraße sind zu vermeiden.  Für leichten u. nicht zu schnellen Verkehr: Steinschlagbahnen m. wasserhaltigem Bindemittel.  Für leichten und schnellen Verkehr: Schotter und Oberflächenteerung.  Für leichten bis mittelschweren und sehr schnellen Verkehr: Schotter mit Innenteerung.  Für mittelschweren bis schweren und sehr schnellen Verkehr: Kleinpflaster, Stampfasphalt, Beton oder Beton mit Drahteinlage.  Für Verkehr mit sehr schweren Lastkraftwagen: Großpflaster mit bituminösem Bindemittel (Asphaltpflaster) und starker Unterbau wie bei städt. Hauptverkehrsstraßen.	

Daß nach den oben gemachten Vorschlägen bei der Anlage von Überlandstraßen zum Teil schon verfahren ist, soll zum Schluß noch durch den Hinweis auf einige ausgeführte oder geplante Beispiele gezeigt werden.

Land	Ort und Name der Straße	Art des Verkehrs	Fahrbahnbreite	Art der Befestigung	Veröffentlichungen
Deutschland	Die Ausfallstraße Berlin-Wannsee	leicht	Doppel-fahrbahn je 8 m	zur Hauptsache Schotter mit Oberflächenteerung	Zeitschrift für Transportwesen u. Straßenbau 1915, S. 178. — Wasser- u. Wegebau, Zeitschrift 1916, Nr. 1 u. 2.
	Bismarckstraße und Kaiserdamm in Charlottenburg	mittelschwer	11 m	Stampfasphalt (teilweise Holzpflaster)	Bredtschneider und Kunitz, Bericht Nr. 46 zum 3. Internat. Straßenkongreß 1913, S. 7.
	Döberitzer Heeresstraße (Fortsetzung der Bismarckstraße)	schwer	10 m	Granitkleinpflaster	—
Belgien	Avenue de Tervueren bei Brüssel	leicht bis mittelschwer	11 m	Teermakadam	Wattmann, Zeitschr. „Der Straßenbau“ 1911, Nr. 36, S. 909.
	Route Royale zwischen Ostende und Blankenberghe	leicht bis mittelschwer	7 m	Teermakadam	—
	Brüsseler Waldstraße im Forêt de Soignes	leicht	4 m (zu schmal)	geteerter Steingrus	—
Frankreich	Die Straße Lille-Roubaix-Tourcoing (25 km lang)	leicht	9 m	Teermakadam	Stoclet, Bericht Nr. 6 zum 3. Intern. Straßenkongreß in London 1913, S. 20 ff.
	Die Ausfallstraße von Paris nach Lille (geplant) (Je eine Fahrbahn für langsamen und schnellen Verkehr)	leicht bis mittelschwer	Doppel-fahrbahn je 6 m	—	Stoclet, wie vor, S. 24. Zeitschr. „Der Straßenbau“ 1911, Nr. 36.

Land	Ort und Name der Straße	Art des Verkehrs	Fahrbahnbreite	Art der Befestigung	Veröffentlichungen
England	Die Ausfallstraße London-Brentfort-Windsor (geplant)	—	—	—	Zeitschrift für Transportwesen u. Straßenbau 1912, Nr. 29, S. 688. 2. Jahresbericht des engl. Road Board-London 1912.
Amerika	Die Parkstraße bei Chattonooga	leicht	6 m	Teermakadam mit Betonunterbau	Joanni, Zeitschrift für Transportwesen u. Straßenbau 1913, Nr. 20, S. 462.
	Die Überführungsstraße bei Mineola auf Long-Island (15 km lang)	leicht	6,7 m	Zementbeton mit Drahteinlage	Zeitschrift für Transportwesen u. Straßenbau, Jahrg. 1908, S. 715.

#### Quellenangabe.

##### A. Selbständige Werke.

Castigliano, Theorie des Gleichgewichts elastischer Systeme. 1886.  
Dupuit, Essais et expérience sur le tirage des voitures.  
Gravenhorst, Das gezogene und das ziehende Rad.  
Handbuch der Ingenieurwissenschaften.  
Haller, Der derzeitige Stand der Staubbekämpfung auf Straßen. (Dissertation.)  
Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch.  
Krüger u. Gravenhorst, Das Kleinpflaster. Stade 1910.  
Loewe, Die Bekämpfung des Straßenstaubes. Wiesbaden 1910.  
Morin, Expériences sur le tirage des voitures. 1839.  
Nessenius, Handbuch der Baukunde.  
Pohle, Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert. Leipzig 1908.

Saller, Stoßwirkungen an Tragwerken und am Oberbau im Eisenbahnbetriebe. Wiesbaden 1910.

##### B. Zeitschriften und Berichte.

Annales des ponts et chaussées.  
Berichte der Internationalen Straßenkongresse in Paris, Brüssel und London.  
Der Motorwagen.  
Der Straßenbau.  
Kriegstechnische Zeitschrift.  
Technisches Gemeindeblatt.  
Zeitschrift des Mitteleuropäischen Motorwagen-Vereins.  
Zeitschrift des Internat. ständigen Verbandes der Straßenkongresse.  
Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau.

## Der elastische stabförmige Träger von beliebiger Gestaltung.

Für das statische Verhalten eines stabförmigen Trägers maßgebend sind die Gestalt der Stabachse, die Gestalt der Stabquerschnitte und die Stellung der Querschnitte zur Stabachse.

Die Stabachse kann gerade, einfach gekrümmt oder doppelt gekrümmt sein. Für jeden Punkt der Stabachse kommen drei „Grundrichtungen“ in Betracht: die Richtung der „Tangente“, die Richtung der „Hauptnormalen“, auf welcher der Krümmungsmittelpunkt liegt, und die Richtung der auf letzterer senkrecht stehenden „Binormalen“. Die durch je zwei Grundrichtungen gelegten „Grundebenen“ sind: die „Querebene“ (Normalebene), durch Hauptnormale und Binormale; die „Schmiegungebene“, durch Tangente und Hauptnormale; die „Rückenebene“ (rektifizierende Ebene) durch Tangente und Binormale. Bei einfach gekrümmter Achse fallen sämtliche Schmiegungebenen in eine Ebene, in die „Stabebene“ zusammen. Alle Binormalen stehen senkrecht auf dieser Ebene; sie bilden eine Zylinderfläche (Tonnenfläche), deren Leitlinie die Stabachse ist. Bei gerader Stabachse kann jede beliebige durch sie gelegte Ebene als Stabebene und die darauf senkrecht stehende als Rückenebene angesehen werden.

Bezüglich der Gestalt der Querschnitte, in welcher Form und Größe einbegriffen sind, kommen hier hauptsächlich in Betracht die Größe des Flächeninhalts  $F$  und die Größe der beiden Hauptträgheitsmomente  $J_1$  und  $J_2$  um die beiden Hauptachsen des Querschnitts.

Die Querschnitte stehen senkrecht auf der Stabachse; sie fallen in die Normalebene der Stabachse. Fallen die Querschnittshauptachsen mit Hauptnormale und Binormale zusammen, dann ist der Querschnitt recht gerichtet, er ist

„standrecht“; andernfalls ist er „verdrillt“. Der Winkel, um den die beiden Achskreuze gegeneinander gedreht sind, ist der „Drillwinkel“  $\mathfrak{D}$ , dessen Größe sich im allgemeinen von Querschnitt zu Querschnitt ändert. Das gerade Tonnengewölbe kann als ein standrechter Stab mit einfach gekrümmter Achse angesehen werden; das konische Gewölbe als ein verdrillter Stab mit einfach gekrümmter Achse.

Die Berechnung des verdrillten geradachsigen Stabs ist theoretisch einfacher Art; sie soll als Einleitung zur Behandlung der allgemeinen Aufgabe, des doppelt gekrümmten Stabs, vorausgeschickt werden.

#### Der geradachsige, verdrillte Stab.

Es wird zunächst Biegungsbeanspruchung vorausgesetzt: Die Richtungen der Lasten  $P$  schneiden die Stabachse und stehen senkrecht auf ihr. Der Ursprung des rechtwinkligen Koordinatensystems wird in den linken Endpunkt des Stabs gelegt, die  $X$ -Achse in die Richtung des Stabs (wagerecht), die  $Y$ -Achse lotrecht, die  $Z$ -Achse wagerecht (Abb. 1).

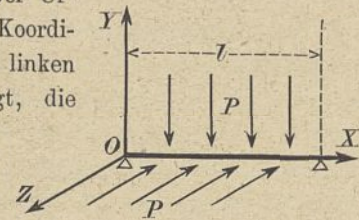


Abb. 1.

Das auf einen beliebigen Querschnitt  $x$  wirkende, gesamte äußere Kraftmoment sei  $M$ , seine beiden um die  $Y$ -Achse und  $Z$ -Achse drehenden Komponenten  $M_y$  und  $M_x$ , seine beiden um die Hauptachsen I und II des Querschnitts drehenden Momente  $M_1$  und  $M_2$ . Zwischen den zwei Komponentenpaaren bestehen die Beziehungen

$M_1 = M_y \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_1$  und  $M_2 = M_y \cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2$ ,  
wenn  $\beta_1$  u.  $\gamma_1$  die Winkel der Achse I mit den Achsen Y u. Z,  
und  $\beta_2$  „  $\gamma_2$  „ „ „ II „ „ „ Y „ Z  
bezeichnen.

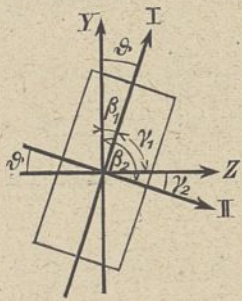


Abb. 2.

In dem in Abb. 2 dargestellten Normalfall ist

$\beta_1 = D$  und  $\cos \beta_1 = \cos D$ ;  
 $\gamma_1 = 90^\circ - D$  und  $\cos \gamma_1 = \sin D$ ;  
 $\beta_2 = 90^\circ + D$  und  $\cos \beta_2 = -\sin D$ ;  
 $\gamma_2 = D$  und  $\cos \gamma_2 = \cos D$ ;  
 $D = \text{Drillwinkel.}$

Den Momenten  $M_1$  und  $M_2$  entsprechen Elementardrehungen um die Achsen I und II von

$$\mu_1 dx = \frac{M_1 dx}{E J_1} = \frac{(M_y \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_1) dx}{E J_1} = (M_y \cos \beta_1 i_1 + M_x \cos \gamma_1 i_1) dx;$$

$$\mu_2 dx = \frac{M_2 dx}{E J_2} = \frac{M_y (\cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2) dx}{E J_2} = (M_y \cos \beta_2 i_2 + M_x \cos \gamma_2 i_2) dx,$$

wo  $\frac{1}{E J_1} = i_1$  und  $\frac{1}{E J_2} = i_2$  gesetzt wurde. Projiziert man diese Drehungen auf die Y- und Z-Achse, so erhält man die Elementardrehungen um die Koordinatenrichtungen

$$\mu_y dx = (\mu_1 \cos \beta_1 + \mu_2 \cos \beta_2) dx$$

$$\text{und } \mu_x dx = (\mu_1 \cos \gamma_1 + \mu_2 \cos \gamma_2) dx.$$

Die Gesamtdrehungen der beiden Endquerschnitte gegeneinander sind nun

$$1) \left\{ \begin{aligned} x_y &= \int_0^l \mu_y dx = f(\mu_1 \cos \beta_1 + \mu_2 \cos \beta_2) dx = f(M_y \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_1) \cos \beta_1 i_1 dx + (M_y \cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2) \cos \beta_2 i_2 dx; \\ x_x &= \int_0^l \mu_x dx = f(\mu_1 \cos \gamma_1 + \mu_2 \cos \gamma_2) dx = f(M_y \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_1) \cos \gamma_1 i_1 dx + M_y (\cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2) \cos \gamma_2 i_2 dx. \end{aligned} \right.$$

Bei festgehaltenem rechtseitigem Stabteil verschiebt sich das linke Stabende

infolge der Elementardrehung  $\mu_y dx$  in der Richtung der positiven Z-Achse um  $\delta_x = -\mu_y x dx$ ,

„ „ „ „  $\mu_x dx$  „ „ „ „ „ „ „ „ „ Y- „ „ „  $\delta_y = \mu_x x dx$ .

Die Gesamtverschiebungen gegenüber der rechtsseitigen Endtangente sind

$$2) \left\{ \begin{aligned} \delta_y &= f d \delta_y = f \mu_x x dx = f(M_x \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_2) \cos \gamma_1 i_1 x dx + (M_y \cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2) \cos \gamma_2 i_2 x dx \\ &= f M_x (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) x dx + f M_y (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx; \\ -\delta_x &= -f d \delta_x = f \mu_y x dx = f(M_y \cos \beta_1 + M_x \cos \gamma_1) \cos \beta_1 i_1 x dx + (M_y \cos \beta_2 + M_x \cos \gamma_2) \cos \beta_2 i_2 x dx \\ &= f M_x (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) x dx + f M_y (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx. \end{aligned} \right.$$

Der Einfluß der Querkkräfte bzw. der Schubspannungen auf die Verschiebungen  $\delta$  ist im allgemeinen verhältnismäßig gering und kann vernachlässigt werden.

Der Stab sei beiderseits fest eingespannt; er ist in diesem Fall vierfach statisch unbestimmt. Als Unbekannte seien die vier Einspannungsmomente  $W_y'$   $W_x'$  am linken Lager, und  $W_y''$   $W_x''$  am rechten Lager eingeführt. Man kann dann setzen

$$M_y = \mathfrak{M}_y + W_y' \frac{l-x}{l} + W_y'' \frac{x}{l} = \mathfrak{M}_y + W_y' \xi' + W_y'' \xi''$$

$$\text{und } M_x = \mathfrak{M}_x + W_x' \xi' + W_x'' \xi''.$$

Hierin bezeichnen  $\mathfrak{M}_y$  und  $\mathfrak{M}_x$  die Momente bei freier Lagerung des Stabs,  $\xi'$  und  $\xi''$  die Verhältnisse  $x:l$  und  $(l-x):l$ .

Nach Einsetzen der Werte von  $M_y$  und  $M_x$  in die Gleichungen 1 und 2 erhält man

$$3) \left\{ \begin{aligned} x_y &= f \mathfrak{M}_y (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) dx + \mathfrak{M}_x (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx + W_y' f \xi'' (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) dx \\ &\quad + W_y'' f \xi' (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) dx + W_x' f \xi'' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx + W_x'' f \xi' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx; \\ x_x &= f \mathfrak{M}_y (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx + \mathfrak{M}_x (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) dx + W_y' f \xi'' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx \\ &\quad + W_y'' f \xi' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx + W_x' f \xi'' (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) dx + W_x'' f \xi' (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) dx; \end{aligned} \right.$$

$$4) \left\{ \begin{aligned} \delta_y &= f \mathfrak{M}_y (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx + \mathfrak{M}_x (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) x dx + W_y' f \xi'' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx \\ &\quad + W_y'' f \xi' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx + W_x' f \xi'' (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) x dx + W_x'' f \xi' (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) x dx; \\ -\delta_x &= f \mathfrak{M}_y (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) x dx + \mathfrak{M}_x (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx + W_y' f \xi'' (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) x dx \\ &\quad + W_y'' f \xi' (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) x dx + W_x' f \xi'' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx + W_x'' f \xi' (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) dx. \end{aligned} \right.$$

Die vorstehenden vier Gleichungen lösen die Aufgabe; sie gestatten die vier unbekanntene Einspannungsmomente  $M_y'$   $M_y''$   $M_x'$   $M_x''$  zu bestimmen, wenn die Lageränderungen  $\tau$  und  $\delta$  bekannt sind. Beim vollkommen fest eingespannten Stab sind dieselben gleich Null, und demgemäß sind in vorstehenden Gleichungen die linken Seiten gleich Null zu setzen. Für konstanten Drillwinkel vereinfacht sich die Rechnung ganz wesentlich, indem alle Winkelfunktionen konstante Werte annehmen und vor die Integrale treten.

Gegen Verwindungsbeanspruchung, wo die Lasten  $P$  die Stabachse nicht schneiden, verhält sich der verdrehte Stab in der gleichen Weise wie der standrechte. Desgleichen gegen einfache Zugbeanspruchung oder Druckbeanspruchung, wo die Lasten  $P$  in der Richtung der Stabachse wirken.

Dagegen ist ein Unterschied bezüglich der Knickbeanspruchung bzw. des Knickwiderstands vorhanden.

Die Knickkraft  $S_0$  kann wie beim standrechten Stab annähernd gesetzt werden  $S_0 = \frac{\mathfrak{M}_m}{\delta}$  (vgl. Zeitschrift des Österr. Arch.- u. Ing.-Vereins 1893 und 1909), wo  $\mathfrak{M}_m$  das Moment und  $\delta$  die Durchbiegung in Stabmitte unter einer passend angenommenen (am einfachsten einer gleichmäßigen) Querbelaugung bezeichnen. Die Belastungsebene, für die sich ein Größtwert von  $\delta$  und dementsprechend ein Kleinstwert von  $S_0$  ergibt, ist durch Probieren zu ermitteln.  $\delta$  ist jeweils  $= \sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2}$ .

Nach Abb. 3 ist für den normalen Fall eines symmetrisch gebildeten Stabs (analog den Gleichungen 4)

$$5) \begin{cases} \delta_y = \int_0^l \mu_x x dx = \int_0^l \mathcal{M}_y (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2) x dx \\ \quad + \mathcal{M}_x (\cos^2 \gamma_1 i_1 + \cos^2 \gamma_2 i_2) x dx; \\ -\delta_x = \int_0^l \mu_y x dx = \int_0^l \mathcal{M}_y (\cos^2 \beta_1 i_1 + \cos^2 \beta_2 i_2) x dx \\ \quad + \mathcal{M}_x (\cos \beta_1 \cos \gamma_1 i_1 + \cos \beta_2 \cos \gamma_2 i_2) x dx. \end{cases}$$

Bei einem Stab konstanten Querschnitts mit mehrmaliger voller Verdrillung (nach Art eines Ransom-Eisens) ergibt sich

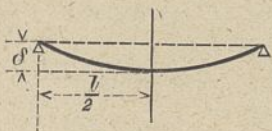


Abb. 3.

für alle Querbelastungsebenen annähernd das gleiche  $\delta$ , das einem mittleren Drillwinkel  $\mathfrak{D} = 45^\circ$  entspricht. Zerlegt man die Querbelastung bzw. die entsprechenden Momente  $\mathcal{M}$  nach den Richtungen zweier gedachten, unter  $45^\circ$  geneigten Haupt-

ebenen, so wird  $\mathcal{M}_1 = \mathcal{M}_2 = \mathcal{M} : \sqrt{2}$ . Die zugehörigen Durchbiegungen sind  $\delta_1 = C \mathcal{M}_1 : E J_1 = C \mathcal{M}_1 i_1 = \sqrt{0,5} C \mathcal{M}_m i_1$  und  $\delta_2 = \sqrt{0,5} C \mathcal{M}_m i_2$ .

Der Beiwert  $C$  ist bei gleichförmiger Querbelastung  $= \frac{5}{48} l^2$ ; der genaue Wert, der zur Eulerschen Formel führt, ist  $C = l^2 : \pi^2$ . Man hat nun

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2} = \sqrt{0,5} C \mathcal{M}_m \sqrt{i_1^2 + i_2^2};$$

$$S_0 = \mathcal{M}_m \cdot \delta = \sqrt{2} : \sqrt{i_1^2 + i_2^2} \cdot C = \sqrt{2} \frac{\pi^2}{l^2} : \sqrt{i_1^2 + i_2^2} = \frac{\pi^2 E J_1 J_2}{l^2 \sqrt{J_1^2 + J_2^2}} \cdot \sqrt{2}.$$

Für einen nicht verdrillten, standrechten Stab ist die Knickkraft, wenn  $J_2 < J_1$ ,  $S_s = \frac{\pi^2 E J_2}{l^2}$ . Dies in vorstehende Gleichung eingesetzt, gibt

$$6) \quad S_0 = S_s \frac{\sqrt{2} J_1}{\sqrt{J_1^2 + J_2^2}} = \frac{S_s \sqrt{2}}{\sqrt{1 + j^2}},$$

wobei  $j = J_2 : J_1$ . Bei einem Blechstreifen, dessen Breite mehr als das Dreifache seiner Dicke beträgt, kann  $j^2$  ohne weiteres gegen 1 vernachlässigt werden; man hat hierfür  $S_0 = S_s \sqrt{2} = 1,41 S_s$ , d. h. die Knickfestigkeit eines Blechstreifens kann durch Verdrillung auf das 1,41fache erhöht werden. Durch Verdrillung wird die sonst nutzlose große Steifigkeit in der Breitenrichtung zu einem Teil für den Knickwiderstand verwertet.

**Der krummsiege Stab, mit und ohne Verdrillung.**

In der Zeitschrift für Bauwesen 1909 ist das elastische Tonnengewölbe als räumlicher, einfach gekrümmter standrechter Stab eingehend behandelt worden. Das gleiche Verfahren soll im folgenden auf den allgemeinen Fall, auf den doppelt gekrümmten Stab mit und ohne Verdrillung angewendet werden.<sup>1)</sup>

Der an den Lagern eingespannte Stab ist ein 6fach statisch unbestimmtes System. Zur Bestimmung der 6 unbekanntenen Lagerwiderstände dienen die durch die Natur der Aufgabe gegebenen 6 Formbedingungen: es müssen die gegenseitigen Verschiebungen und Drehungen der beiden Lagerquerschnitte (Endquerschnitte) bezüglich der 3 Raumachsen gleich den im besondern Fall vorgeschriebenen Werten (bei vollkommener Einspannung gleich Null) sein. Bei Aufstellung dieser 6 Formänderungsgleichungen kann man von irgend einem beliebigen der unendlich vielen möglichen Gleichge-

1) Auf einem andern Weg, mit Hilfe des Satzes von der kleinsten Formänderungsarbeit, ist die Aufgabe von Marcus in der Zeitschr. f. Bauw. 1914 behandelt worden, „Abriß einer allgemeinen Theorie des eingespannten Trägers mit räumlich gewundener Mittellinie“.

wichtszustände des Systems ausgehen und dabei 6 der Lagerwiderstände beliebig, in einer für die weitere Entwicklung passend scheinenden Größe annehmen (Ausgangszustand). Die Unbekannten stellen dann die Unterschiede zwischen den wirklichen und den vorläufig angenommenen Widerständen oder Funktionen derselben dar.

Für die folgenden Untersuchungen wird der Ursprung des rechtwinkligen Koordinatensystems in den Achspunkt des linken Endquerschnitts gelegt, die Y-Achse lotrecht, die X- und Z-Achse wagerecht (Abb. 4). Die Kräfte sind positiv, wenn sie im Sinn der positiven Achsrichtung (Pfeilrichtung) gerichtet sind; die Momente, wenn sie für ein gegen den Pfeil schauendes Auge im Sinne des Uhrzeigers um die Achse drehen. Die am linken Lager wirkenden Unbekannten sind

ein	in der Richtung der X-Achse wirkende Kraft	$U_x$			
„	„	Y-Achse	„	„	$U_y$
„	„	Z-Achse	„	„	$U_z$
ein	um die X-Achse drehendes Moment	$W_x$			
„	„	Y-Achse	„	„	$W_y$
„	„	Z-Achse	„	„	$W_z$

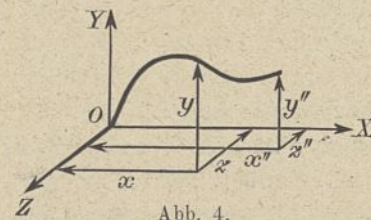


Abb. 4.

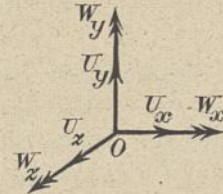


Abb. 5.

In Abbildung 5 sind die Drehmomente je durch 2 Pfeilspitzen an ihrer Drehachse dargestellt. Für irgend einen Querschnitt seien die Koordinaten seines Mittelpunkts  $x y z$ , die Achslänge vom linken Lager aus gerechnet  $s$ , die Winkel der Querschnittshauptachse I mit den 3 Koordinatenachsen  $XYZ: \alpha_1 \beta_1 \gamma_1$ , der Querschnittshauptachse II „ „ „ „ „ „  $\alpha_2 \beta_2 \gamma_2$ , der Achstangente III „ „ „ „ „ „  $\alpha_3 \beta_3 \gamma_3^2$  (siehe Abb. 6).

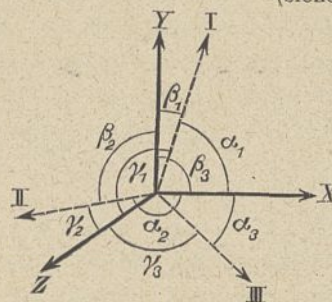


Abb. 6.

Die von links her (vom Koordinatenursprung her) auf den Querschnitt einwirkenden Kräfte lassen sich ersetzen durch 3 Kräfte  $K_1 K_2 K_3$ , parallel den Achsen I II III, und durch 3 Momente  $M_1 M_2 M_3$ , die um diese Achsen drehen. Die Kraft  $K_3$  ist senkrecht zum Querschnitt gerichtet und erzeugt daselbst Normalspannungen; die Kräfte  $K_1$  und  $K_2$  sind quer zur Stabachse gerichtet; sie erzeugen Schubspannungen im Querschnitt. Die Momente  $M_1$  und  $M_2$  erzeugen im Querschnitt Biegungsspannungen, das Moment  $M_3$  Verwindungsspannungen.

Die durch die  $K$  und  $M$  hervorgerufenen Formänderungen eines scheibenförmigen Stabelements von der Dicke  $ds$  sind,

2) Zwischen den neun Winkeln  $\alpha \beta \gamma$  bestehen sechs Beziehungen; drei der Winkel genügen, um auch die sechs übrigen festzulegen. Die Form der Gleichungen wird jedoch einfacher und übersichtlicher, wenn man diese Beziehungen äußerlich nicht zum Ausdruck bringt.

wenn man von dem geringen Einfluß der Stabkrümmung absieht, folgende: Bei Festhaltung seiner linken Grundfläche verschiebt sich die rechte Grundfläche in der Richtung

$$\text{der Achse I um } \epsilon_1 ds = -\frac{K_1 ds}{\zeta GF} = -K_1 f_1 ds,$$

$$\text{„ „ II „ } \epsilon_2 ds = -\frac{K_2 ds}{\zeta GF} = -K_2 f_2 ds,$$

$$\text{„ „ III „ } \epsilon_3 ds = -\frac{K_3 ds}{EF} = -K_3 f_3 ds.$$

Die Drehung der rechten Grundfläche beträgt

$$\text{um die Achse I } \mu_1 ds = -\frac{M_1 ds}{EJ_1} = -M_1 i_1 ds,$$

$$\text{„ „ „ II } \mu_2 ds = -\frac{M_2 ds}{EJ_2} = -M_2 i_2 ds,$$

$$\text{„ „ „ III } \mu_3 ds = -\frac{\varphi M_3 ds}{GJ_3} = -M_3 i_3 ds.$$

Hierin bezeichnet

$F$  die Größe des Querschnitts,

$J_1$  und  $J_2$  die Trägheitsmomente um I und II,

$J_3$  eine Art polaren Trägheitsmoments um die Achse III,

$$= 1 : \frac{3}{8} \left( \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right),$$

$E$  die Elastizitätsziffer,

$G$  die Schubelastizitätsziffer, = etwa  $\frac{3}{8} E$ ,

$\zeta$  eine von der Querschnittsform abhängige Unveränderliche, die für Rechtecke 1:1,2 beträgt,

$\varphi$  eine von der Querschnittsform abhängige Unveränderliche, die für Rechtecke 1 bis 1,5, für Quadrat, Kreis und Ellipse 1 beträgt. (Vgl. Grashof, Festigkeitslehre.)

$$8) \begin{cases} \delta_x = f \epsilon_x ds - f \mu_y (x'' - x) ds + f \mu_x (y'' - y) ds = -f(K_1 f_1 \cos \alpha_1 + K_2 f_2 \cos \alpha_2 + K_3 f_3 \cos \alpha_3) ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) (x'' - x) ds - f(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) (y'' - y) ds \\ \delta_y = f \epsilon_y ds - f \mu_x (x'' - x) ds + f \mu_y (x'' - x) ds = -f(K_1 f_1 \cos \beta_1 + K_2 f_2 \cos \beta_2 + K_3 f_3 \cos \beta_3) ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) (x'' - x) ds - f(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) (x'' - x) ds \\ \delta_x = f \epsilon_x ds - f \mu_x (y'' - y) ds + f \mu_y (x'' - x) ds = -f(K_1 f_1 \cos \gamma_1 + K_2 f_2 \cos \gamma_2 + K_3 f_3 \cos \gamma_3) ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) (y'' - y) ds - f(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) (x'' - x) ds. \end{cases}$$

Unter Berücksichtigung der Gleichung 7 gehen die Gleichungen 8 über in

$$9) \begin{cases} \delta_x + \tau_y x'' - \tau_x y'' = -f(K_1 f_1 \cos \alpha_1 + K_2 f_2 \cos \alpha_2 + K_3 f_3 \cos \alpha_3) ds - f(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) x ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) y ds \\ \delta_y + \tau_x x'' - \tau_x x'' = -f(K_1 f_1 \cos \beta_1 + K_2 f_2 \cos \beta_2 + K_3 f_3 \cos \beta_3) ds - f(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) x ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) x ds \\ \delta_x + \tau_x y'' - \tau_y x'' = -f(K_1 f_1 \cos \gamma_1 + K_2 f_2 \cos \gamma_2 + K_3 f_3 \cos \gamma_3) ds - f(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) y ds \\ \quad + f(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) x ds. \end{cases}$$

Die linken Seiten vorstehender Gleichungen setzen sich aus den Drehungen und Verschiebungen des rechten Endquerschnitts gegenüber dem linken zusammen; sie sind bei vollkommener Festhaltung und Einspannung des Stabs sämtlich gleich Null. Die rechten Seiten geben die zugehörigen Formänderungen des Stabs als Funktionen der inneren Kräfte bzw. ihrer Resultanten  $K_1 K_2 K_3 M_1 M_2 M_3$ . Die letzteren

$$11) \begin{cases} M_1 = \mathfrak{M}_1 + W_x \cos \alpha_1 + W_y \cos \beta_1 + W_x \cos \gamma_1 + U_x (x \cos \beta_1 - y \cos \gamma_1) + U_y (x \cos \gamma_1 - x \cos \alpha_1) + U_x (y \cos \alpha_1 - x \cos \beta_1) = \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{P}_1 \\ M_2 = \mathfrak{M}_2 + W_x \cos \alpha_2 + W_y \cos \beta_2 + W_x \cos \gamma_2 + U_x (x \cos \beta_2 - y \cos \gamma_2) + U_y (x \cos \gamma_2 - x \cos \alpha_2) + U_x (y \cos \alpha_2 - x \cos \beta_2) = \mathfrak{M}_2 + \mathfrak{P}_2 \\ M_3 = \mathfrak{M}_3 + W_x \cos \alpha_3 + W_y \cos \beta_3 + W_x \cos \gamma_3 + U_x (x \cos \beta_3 - y \cos \gamma_3) + U_y (x \cos \gamma_3 - x \cos \alpha_3) + U_x (y \cos \alpha_3 - x \cos \beta_3) = \mathfrak{M}_3 + \mathfrak{P}_3 \end{cases}$$

Diese Ausdrücke in die Gleichung 7 und 9 eingesetzt gibt

$$12) \begin{cases} \tau_x = -f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \alpha_3) ds - f(\mathfrak{P}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathfrak{P}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathfrak{P}_3 i_3 \cos \alpha_3) ds \\ \tau_y = -f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \beta_3) ds - f(\mathfrak{P}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathfrak{P}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathfrak{P}_3 i_3 \cos \beta_3) ds \\ \tau_x = -f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \gamma_3) ds - f(\mathfrak{P}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathfrak{P}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathfrak{P}_3 i_3 \cos \gamma_3) ds \end{cases}$$

Um die Ausdrücke von  $\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 \mu_1 \mu_2 \mu_3$  vollkommen symmetrisch zu machen, wurden die Bezeichnungen

$$f_1 = 1 : \zeta GF; \quad f_2 = 1 : \zeta GF; \quad f_3 = 1 : EF; \\ i_1 = 1 : EJ_1; \quad i_2 = 1 : EJ_2; \quad i_3 = \varphi : GJ_3$$

eingeführt. Ersetzt man die Verschiebungen und Drehungen um die Achsen I II III durch die Verschiebungen und Drehungen um die Achsen XYZ, so erhält man:

$$\begin{aligned} \epsilon_x ds &= (\epsilon_1 \cos \alpha_1 + \epsilon_2 \cos \alpha_2 + \epsilon_3 \cos \alpha_3) ds \\ &= -(K_1 f_1 \cos \alpha_1 + K_2 f_2 \cos \alpha_2 + K_3 f_3 \cos \alpha_3) ds \\ \epsilon_y ds &= (\epsilon_1 \cos \beta_1 + \epsilon_2 \cos \beta_2 + \epsilon_3 \cos \beta_3) ds \\ &= -(K_1 f_1 \cos \beta_1 + K_2 f_2 \cos \beta_2 + K_3 f_3 \cos \beta_3) ds \\ \epsilon_z ds &= (\epsilon_1 \cos \gamma_1 + \epsilon_2 \cos \gamma_2 + \epsilon_3 \cos \gamma_3) ds \\ &= -(K_1 f_1 \cos \gamma_1 + K_2 f_2 \cos \gamma_2 + K_3 f_3 \cos \gamma_3) ds \\ \mu_x ds &= (\mu_1 \cos \alpha_1 + \mu_2 \cos \alpha_2 + \mu_3 \cos \alpha_3) ds \\ &= -(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) ds \\ \mu_y ds &= (\mu_1 \cos \beta_1 + \mu_2 \cos \beta_2 + \mu_3 \cos \beta_3) ds \\ &= -(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) ds \\ \mu_z ds &= (\mu_1 \cos \gamma_1 + \mu_2 \cos \gamma_2 + \mu_3 \cos \gamma_3) ds \\ &= -(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) ds. \end{aligned}$$

Die gesamten Formänderungen des Stabes, d. h. die Verschiebungen und Drehungen des rechten Lagerquerschnitts gegenüber dem linken bezüglich der Achsen XYZ setzen sich nun in folgender Weise aus den vorstehend entwickelten elementaren Formänderungen zusammen:

$$7) \begin{cases} \tau_x = f \mu_x ds = -f(M_1 i_1 \cos \alpha_1 + M_2 i_2 \cos \alpha_2 + M_3 i_3 \cos \alpha_3) ds \\ \tau_y = f \mu_y ds = -f(M_1 i_1 \cos \beta_1 + M_2 i_2 \cos \beta_2 + M_3 i_3 \cos \beta_3) ds \\ \tau_x = f \mu_x ds = -f(M_1 i_1 \cos \gamma_1 + M_2 i_2 \cos \gamma_2 + M_3 i_3 \cos \gamma_3) ds \end{cases}$$

setzen sich aus den entsprechenden Werten des Ausgangszustands  $\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_2 \mathfrak{R}_3 \mathfrak{M}_1 \mathfrak{M}_2 \mathfrak{M}_3$  und aus den Einflüssen der Unbekannten  $U_x U_y U_x W_x W_y W_x$  in folgender Weise zusammen:

$$10) \begin{cases} K_1 = \mathfrak{R}_1 + U_x \cos \alpha_1 + U_y \cos \beta_1 + U_x \cos \gamma_1 = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{O}_1 \\ K_2 = \mathfrak{R}_2 + U_x \cos \alpha_2 + U_y \cos \beta_2 + U_x \cos \gamma_2 = \mathfrak{R}_2 + \mathfrak{O}_2 \\ K_3 = \mathfrak{R}_3 + U_x \cos \alpha_3 + U_y \cos \beta_3 + U_x \cos \gamma_3 = \mathfrak{R}_3 + \mathfrak{O}_3. \end{cases}$$



$$\begin{cases}
 \delta_x + \tau_y x'' - \tau_x y'' = -f(\mathfrak{R}_1 f_1 \cos \alpha_1 + \mathfrak{R}_2 f_2 \cos \alpha_2 + \mathfrak{R}_3 f_3 \cos \alpha_3) ds - f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \beta_3) x ds \\
 \quad + f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \gamma_3) y ds - f(\mathcal{O}_1 f_1 \cos \alpha_1 + \mathcal{O}_2 f_2 \cos \alpha_2 + \mathcal{O}_3 f_3 \cos \alpha_3) ds \\
 \quad - f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \beta_3) x ds + f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \gamma_3) y ds \\
 \delta_y + \tau_x x'' - \tau_y y'' = -f(\mathfrak{R}_1 f_1 \cos \beta_1 + \mathfrak{R}_2 f_2 \cos \beta_2 + \mathfrak{R}_3 f_3 \cos \beta_3) ds - f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \gamma_3) x ds \\
 \quad + f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \alpha_3) x ds - f(\mathcal{O}_1 f_1 \cos \beta_1 + \mathcal{O}_2 f_2 \cos \beta_2 + \mathcal{O}_3 f_3 \cos \beta_3) ds \\
 \quad - f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \gamma_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \gamma_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \gamma_3) x ds + f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \alpha_3) x ds \\
 \delta_x + \tau_x y'' - \tau_y x'' = -f(\mathfrak{R}_1 f_1 \cos \gamma_1 + \mathfrak{R}_2 f_2 \cos \gamma_2 + \mathfrak{R}_3 f_3 \cos \gamma_3) ds - f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \alpha_3) y ds \\
 \quad + f(\mathfrak{M}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathfrak{M}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathfrak{M}_3 i_3 \cos \beta_3) x ds - f(\mathcal{O}_1 f_1 \cos \gamma_1 + \mathcal{O}_2 f_2 \cos \gamma_2 + \mathcal{O}_3 f_3 \cos \gamma_3) ds \\
 \quad - f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \alpha_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \alpha_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \alpha_3) y ds + f(\mathcal{P}_1 i_1 \cos \beta_1 + \mathcal{P}_2 i_2 \cos \beta_2 + \mathcal{P}_3 i_3 \cos \beta_3) x ds.
 \end{cases}$$

Die Glieder mit  $f$  sind meist klein gegenüber denen mit  $i$  und können dann vernachlässigt werden. Nach Einsetzen der Werte von  $\mathcal{O}$  und  $\mathcal{P}$  aus Gleichung 10 und 11, welche die Unbekannten  $U$  und  $W$  in linearer Form enthalten, hat man 6 Gleichungen zur Bestimmung der 6 Unbekannten. Man wird dieses Einsetzen am besten erst dann vornehmen, nachdem man vorher die Beiwerte und sonstigen bekannten Größen zahlenmäßig ausgerechnet hat. Der Wert der verschiedenen Integrale läßt sich nur in besonderen einfachen Fällen durch Ausführung der Integration bestimmen. Man gelangt aber immer, auch in den verwickelsten Fällen, dadurch zum Ziel, daß man jeweils für eine Reihe von Querschnitten die Zahlenwerte der unter dem Integralzeichen stehenden Funktion ausrechnet, dieselben als Ordinaten zu den zugehörigen Stablängen  $s$  als Abszissen aufträgt und die so erhaltenen Punkte durch eine Kurve (oder auch geradlinig) verbindet. Der Inhalt der von dieser Kurve, der Abszissenachse und den beiden Endordinaten eingeschlossenen Fläche liefert sodann den Wert des Integrals. Er kann in bekannter Weise mit Hilfe der Simpsonschen Regel, durch Zerlegung in Trapezstreifen oder mittels Planimeters bestimmt werden.

Was die Werte der Kräfte  $\mathfrak{R}_1$   $\mathfrak{R}_2$   $\mathfrak{R}_3$  und der Momente  $\mathfrak{M}_1$   $\mathfrak{M}_2$   $\mathfrak{M}_3$  anbelangt, so geht man zu ihrer Bestimmung am besten von den Werten  $\mathfrak{R}_x$   $\mathfrak{R}_y$   $\mathfrak{R}_z$   $\mathfrak{M}_x$   $\mathfrak{M}_y$   $\mathfrak{M}_z$  aus, die sich auf die durch die Querschnittsmittelpunkte zu den Koordinatenachsen  $XYZ$  parallel gelegten Achsen beziehen, und die sich in bekannter Weise leicht ermitteln lassen. Man hat dann

$$\begin{cases}
 \mathfrak{R}_1 = \mathfrak{R}_x \cos \alpha_1 + \mathfrak{R}_y \cos \beta_1 + \mathfrak{R}_z \cos \gamma_1 \\
 \mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}_x \cos \alpha_2 + \mathfrak{R}_y \cos \beta_2 + \mathfrak{R}_z \cos \gamma_2 \\
 \mathfrak{R}_3 = \mathfrak{R}_x \cos \alpha_3 + \mathfrak{R}_y \cos \beta_3 + \mathfrak{R}_z \cos \gamma_3 \\
 \mathfrak{M}_1 = \mathfrak{M}_x \cos \alpha_1 + \mathfrak{M}_y \cos \beta_1 + \mathfrak{M}_z \cos \gamma_1 \\
 \mathfrak{M}_2 = \mathfrak{M}_x \cos \alpha_2 + \mathfrak{M}_y \cos \beta_2 + \mathfrak{M}_z \cos \gamma_2 \\
 \mathfrak{M}_3 = \mathfrak{M}_x \cos \alpha_3 + \mathfrak{M}_y \cos \beta_3 + \mathfrak{M}_z \cos \gamma_3.
 \end{cases}$$

Nach Einsetzen sämtlicher Zahlenwerte in die Gleichungen 12 und 13 gehen dieselben in die Form über:

$$\begin{cases}
 a_1 U_x + b_1 U_y + c_1 U_z + d_1 W_x + e_1 W_y + f_1 W_z = \mathfrak{R}_1 \\
 a_2 U_x + b_2 U_y + c_2 U_z + d_2 W_x + e_2 W_y + f_2 W_z = \mathfrak{R}_2 \\
 a_3 U_x + b_3 U_y + c_3 U_z + d_3 W_x + e_3 W_y + f_3 W_z = \mathfrak{R}_3 \\
 a_4 U_x + b_4 U_y + c_4 U_z + d_4 W_x + e_4 W_y + f_4 W_z = \mathfrak{R}_4 \\
 a_5 U_x + b_5 U_y + c_5 U_z + d_5 W_x + e_5 W_y + f_5 W_z = \mathfrak{R}_5 \\
 a_6 U_x + b_6 U_y + c_6 U_z + d_6 W_x + e_6 W_y + f_6 W_z = \mathfrak{R}_6,
 \end{cases}$$

wo die deutschen Buchstaben die jeweiligen Zahlenwerte bedeuten.

Die vorstehenden Gleichungen gelten allgemein, für Stäbe mit einfach gekrümmter und mit doppelt gekrümmter Achse, für verdrehte und für standrechte Stäbe. Die letzten bilden nur einen Sonderfall der verdrehten Stäbe, wobei  $\mathfrak{D} = 0$ . Für die Zahlenrechnung ist i. a. der standrechte Stab einfacher, insofern sich hier die Winkel  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  bequemer und

leichter ermitteln lassen. Insbesondere ist dies bei einfach gekrümmter Achse der Fall, wo man zu den einfachen, in der Zeitschr. f. Bauw. 1909 entwickelten Gleichungen gelangt.

**Einfluß von Wärmeänderungen auf die Lagerkräfte.**

Es werden solche Wärmeänderungen vorausgesetzt, bei denen die ursprünglich ebenen Querschnitte eben bleiben. Dies ist der Fall, entweder wenn die Erwärmung in allen Punkten des Querschnitts gleich groß ist, oder wenn sie sich von Punkt zu Punkt gleichmäßig ändert.

Es seien  $\delta_x^w$   $\delta_y^w$   $\delta_z^w$   $\tau_x^w$   $\tau_y^w$   $\tau_z^w$  die Verschiebungen und Drehungen des rechten Endquerschnitts gegen den linken Endquerschnitt, wenn sich die Wärmedrehungen vollkommen frei, ohne jegliche Behinderung herstellen können. Diese Verformungen werden nun durch die Wärmelagerkräfte  $U^w$  und  $W^w$  wieder rückgängig gemacht. Die Verhältnisse liegen eben so, wie wenn der Stab seine Temperatur beibehielte, der rechte Endquerschnitt jedoch die Verschiebungen und Drehungen  $\delta_x = -\delta_x^w$ ;  $\delta_y = -\delta_y^w$ ;  $\delta_z = -\delta_z^w$ ;  $\tau_x = -\tau_x^w$ ;  $\tau_y = -\tau_y^w$ ;  $\tau_z = -\tau_z^w$  gegenüber dem linken Endquerschnitt erlitt. Mit diesen Verformungswerten und mit  $\mathfrak{R} = 0$  und  $\mathfrak{M} = 0$  ergeben dann die Gleichungen 12 und 13 die den Wärmeänderungen entsprechenden Lagerkräfte  $U^w$  und  $W^w$ .

Die elementaren Verformungen durch die Wärmeänderungen sind, wenn sich das Stabelement gleichmäßig um  $t^0$  erwärmt,  $\epsilon_1 ds = 0$ ;  $\epsilon_2 ds = 0$ ;  $\epsilon_3 ds = \omega t ds$ .

Wenn ein Wärmeunterschied von  $\Delta t_1^0$  zwischen den Endpunkten des  $h_1$  langen Durchmessers senkrecht zur Querschnittshauptachse I besteht, positiv falls diejenige Faser die wärmere ist, die bei positiven Biegemoment Zug erhält, dann tritt eine Elementardrehung um die Achse I ein von  $\mu_1 ds = \frac{\omega \Delta t_1 ds}{h_1}$ . In ähnlicher Weise ist  $\mu_2 ds = \frac{\omega \Delta t_2 ds}{h_2}$ .  $\mu_3 ds$  ist bei der angenommenen Art der Wärmeverteilung stets gleich Null.

Die Elementarverformungen bezüglich der Koordinatenachsen ergeben sich hiermit zu

$$\epsilon_x ds = \epsilon_3 \cos \alpha_3 ds = \epsilon_3 dx = \omega t dx; \quad \epsilon_y ds = \omega t dy; \quad \epsilon_z ds = \omega t dz.$$

$$\mu_x ds = (\mu_1 \cos \alpha_1 + \mu_2 \cos \alpha_2) ds = \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \alpha_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \alpha_2}{h_2} \right) ds$$

$$\mu_y ds = (\mu_1 \cos \beta_1 + \mu_2 \cos \beta_2) ds = \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \beta_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \beta_2}{h_2} \right) ds$$

$$\mu_z ds = (\mu_1 \cos \gamma_1 + \mu_2 \cos \gamma_2) ds = \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \gamma_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \gamma_2}{h_2} \right) ds.$$

Die gesamten Wärmeverformungen sind schließlich

$$\begin{cases}
 \tau_x^w = \int \mu_x ds = \int \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \alpha_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \alpha_2}{h_2} \right) ds \\
 \tau_y^w = \int \mu_y ds = \int \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \beta_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \beta_2}{h_2} \right) ds \\
 \tau_z^w = \int \mu_z ds = \int \left( \frac{\omega \Delta t_1 \cos \gamma_1}{h_1} + \frac{\omega \Delta t_2 \cos \gamma_2}{h_2} \right) ds.
 \end{cases}$$

$$\delta_x^w = \int \epsilon_x ds - \int \mu_y (x'' - x) ds + \int \mu_z (y'' - y) ds = \int \omega t dx - \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \beta_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \beta_2}{h_2} \right) \omega (x'' - x) ds + \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \gamma_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \gamma_2}{h_2} \right) \omega (y'' - y) ds$$

$$16) \begin{cases} \delta_x^w + \tau_y^w x'' - \tau_y^w y'' = \int \omega t dx + \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \beta_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \beta_2}{h_2} \right) \omega x ds - \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \gamma_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \gamma_2}{h_2} \right) \omega y ds \\ \delta_y^w + \tau_x^w x'' - \tau_x^w y'' = \int \omega t dy + \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \gamma_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \gamma_2}{h_2} \right) \omega x ds - \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \alpha_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \alpha_2}{h_2} \right) \omega z ds \\ \delta_z^w + \tau_x^w y'' - \tau_y^w x'' = \int \omega t dx + \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \alpha_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \alpha_2}{h_2} \right) \omega y ds - \int \left( \frac{\Delta t_1 \cos \beta_1}{h_1} + \frac{\Delta t_2 \cos \beta_2}{h_2} \right) \omega x ds. \end{cases}$$

Der wichtigste Fall ist der einer gleichförmigen Erwärmung des ganzen Stabs.

Hierfür wird  $\tau_x^w = \tau_y^w = \tau_z^w = 0$ ;  $\delta_x^w = \omega t x''$ ;  $\delta_y^w = \omega t y''$ ;  $\delta_z^w = \omega t z''$ .

Die linken Seiten der Gleichungen 12 werden demgemäß sämtlich gleich Null; die der Gleichungen 13 gleich  $-\omega t x''$ ;  $-\omega t y''$ ;  $-\omega t z''$ .

#### Grundspannungen und Nebenspannungen; Knickfestigkeit.

In den vorstehenden Gleichungen sind streng genommen überall die Koordinaten des verformten Stabs einzuführen, die mehr oder weniger von denen des ursprünglichen, unbelasteten Stabs verschieden sind. Bei ausreichender Steifigkeit des Stabs sind diese Unterschiede sehr gering, so daß sie i. d. R. bei der Berechnung der äußeren Kräfte und der inneren Spannungen außer acht gelassen werden dürfen. Man begnügt sich mit den „Grundspannungen“, die auf Grund der bekannten ursprünglichen Koordinaten erhalten werden. Die bei genauerer Rechnung auf Grund der geänderten, der endgültigen Koordinaten sich ergebenden Spannungsunterschiede sind die „Nebenspannungen“ ( $\xi$ ); sie fallen um so größer aus, je weniger steif der Stab ist und je größere Druckkräfte auftreten. Bei ungenügender Steifigkeit können sie ins Ungemessene wachsen: Der Stab knickt aus. Die Bestimmung der Nebenspannungen bzw. der sie verursachenden Nebenkräfte und Nebenmomente kann näherungsweise dadurch erfolgen, daß man zunächst die Formänderungen  $\delta$  und  $\tau$  mittels der ursprünglichen Koordinaten  $x y z \alpha \beta \gamma$  bestimmt und hiermit die neuen Koordinaten  $x^n y^n z^n \alpha^n \beta^n \gamma^n$  feststellt. Diese neuen Koordinaten werden sodann in die

Gleichungen 7 bis 15 eingeführt und liefern genauere Werte von  $M K U$  und  $W$ . Die Ermittlung der Formänderungen  $\delta$  und  $\tau$  für einen beliebigen Querschnitt gegenüber dem festgehaltenen linken Endquerschnitt geschieht mit Hilfe der Gleichungen 7 bis 9, wenn man darin an Stelle der Koordinaten  $x'' y'' z''$  des rechten Endquerschnitts jeweils die des betreffenden Querschnitts  $x_1 y_1 z_1$  einsetzt und die Integrationen von 0 bis  $x_1 y_1 z_1$  erstreckt. Als  $M$  und  $K$  sind dabei die zugehörigen Grundwerte einzuführen.

Durch Wiederholung des Verfahrens kann man i. A. den wirklichen, genauen Werten beliebig nahe kommen (konvergente Reihe). Wenn die neuen Werte  $U$  und  $W$  stark von den erstmaligen, den Grundwerten abweichen, ist dies ein Zeichen von zu geringer Steifigkeit des Stabs. Zeigt die Wiederholung wachsende Zunahmen von  $\delta$  und  $\tau$ , dann hat man eine Art divergente Reihe: Die Verformungen wachsen ins Ungemessene, der Stab hat eine ungenügende Steifigkeit gegen Ausknicken. Auf diesem theoretisch einfachen, wenn auch in der Anwendung umständlichen Weg kann man jeweils prüfen, ob der Stab unter der angenommenen Belastung knickfest oder ausreichend steif ist. Bei Erwärmung des Stabs treten ebenfalls Nebenspannungen auf, die in der gleichen Weise wie die bei Belastungen ermittelt werden. Sie haben letzteren gegenüber die Eigentümlichkeit, daß sie nicht ins Ungemessene wachsen können, auch wenn die Steifigkeit noch so gering ist. Im Gegenteil, sie fallen um so geringer aus, je nachgiebiger der Stab ist. Es tritt ein Ausbiegen, nicht aber ein eigentliches Ausknicken ein.

Karlsruhe, im Juli 1919.

Fr. Engeßer.