

## Anlage und Einrichtung von Operationssälen.

Von P. Müßigbrodt, Königl. Landbauinspektor in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 51 u. 52 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Seitdem für die Chirurgie und die ihr verwandten Zweige der medizinischen Wissenschaften durch die Einführung des antiseptischen Heilverfahrens eine neue Ära angebrochen ist, gehört ein nach neuzeitlichen Anschauungen eingerichteter Operationssaal zu den Hauptanforderungen der der Wundbehandlung dienenden Krankenhäuser. In allen auf der Höhe der Zeit stehenden öffentlichen und privaten Kliniken — und in letzteren nicht zum mindesten — wird auf seine zweckmäßige Anordnung und Einrichtung der größte Wert gelegt; gilt es doch meistens, nicht allein übliche Bedürfnisse zu befriedigen, sondern eine mit allen möglichen technischen Hilfsmitteln ausgestattete Anlage zu schaffen, die dazu beitragen soll, das Gelingen gefährlicher Operationen zu fördern. Vorzugsweise dem Einflusse der Ärzte ist es zu verdanken, daß seit etwa 20 Jahren für die verschiedensten Zwecke Operationsräume in alten und neuen Heilanstalten errichtet oder selbständige Operationsgebäude hergestellt worden sind, deren Bau Gegenstand eingehender Studien und reiflicher Überlegung gewesen ist. Daß es nicht überall geglückt ist, Einwandfreies zu schaffen, darf bei der Neuheit und Eigenart der Aufgabe, bei der der Grundsatz der Zweckmäßigkeit in den Vordergrund tritt und für die von der sonst üblichen Ausstattung völlig abweichende Durchbildung der Räume bestimmend wird, nicht befremden. Mitunter hat gerade das Bestreben, möglichst Vollkommenes zu leisten, zu Einrichtungen geführt, die sich im Gebrauche weniger bewährt haben, während die besten und zweckmäßigsten Anlagen durch weises Maßhalten im räumlichen Umfange und durch Anwendung der einfachsten technischen Mittel erreicht worden sind. Bei der Bedeutung, die die Herstellung der Operationssäle im modernen Krankenhausbau gewonnen hat, erscheint das Fehlen einer einheitlichen Behandlung der bezüglichen Programmbedingungen, maßgebenden Anschauungen und technischen Erfordernisse unter Berücksichtigung des besonders Empfehlenswerten als Lücke in der Fachliteratur, welche auszufüllen der Zweck dieser Zeilen ist.

### I. Allgemeine Anordnung.

Die moderne Wundbehandlung — sowohl die von Lister begründete Antisepsis, die die Erreger der Wundinfektionskrankheiten durch chemische Mittel in der Wunde zu vernichten sucht, als auch die Asepsis, die die frische Wunde und besonders die bei der Operation entstehende Wunde vor dem Eintritt eitererregender Stoffe zu schützen sucht — beruht im wesentlichen auf der Durchführung peinlichster Sauberkeit und auf der Desinfektion alles dessen, was mit der Wunde in unmittelbare Berührung kommt. Es werden daher zum operativen Eingriff bzw. zur Behandlung der Wunde nur sterilisierte, d. h. von Keimen befreite Instrumente und Ver-

bandstoffe verwandt, und der Arzt wäscht und desinfiziert sich vor der Operation an Armen und Händen, während der Kranke, nachdem er betäubt (narkotisiert, chloroformiert, anästhesiert) worden ist, durch Waschen und Desinfektion des zu operierenden Körperteiles zur Operation vorbereitet wird.

Für alle diese Bedürfnisse genügt in kleinen Kliniken zur Not ein einziger Raum. In allen größeren Anstalten aber, in denen ein lebhafter Betrieb stattfindet und eine schnelle Aufeinanderfolge von Operationen ermöglicht werden soll, wird ein besonderes Zimmer zur Vorbereitung des zu Operierenden ebenso unerlässlich als die Anordnung mehrerer Nebenräume zum Sterilisieren und Aufbewahren der Verbandstoffe und Werkzeuge. Zur Beschleunigung des Betriebes dürfen auch Wartezimmer nicht fehlen, und in sehr großen Kliniken wird die Anlage noch durch Räume erweitert, in denen die Kranken nach vollzogener Operation den Verband erhalten und bis zu ihrem Erwachen aus der Betäubung verbleiben können. Außerdem werden umfangreiche Betriebsräume erforderlich, sowie bei größeren Anlagen Zimmer für besondere Untersuchungen der Kranken und für wissenschaftliche Arbeiten. Zu ersteren gehören die Räume für die Zentralheizung, Warmwasserbereitung und Aufbewahrung von Vorräten aller Art, ferner die Abortanlagen und Baderäume für die Ärzte und Kranken, zu letzteren ein für die chirurgische Diagnose besonders wichtiges Röntgenkabinett, ein photographisches Atelier sowie Laboratorien für pathologisch-anatomische Arbeiten und chemische Untersuchungen. Diese mannigfachen Bedürfnisse haben sowohl zur Einrichtung besonderer Operationsabteilungen in vorhandenen und neugebauten Krankenhäusern als auch zur Herstellung selbständiger Operationsgebäude geführt.

Für die Lage und die Gruppierung der Räume ist naturgemäß ihre Zweckbestimmung maßgebend. Die Räume für wissenschaftliche Arbeiten und besondere Untersuchungen, die nicht in der Nähe des Operationssaales zu liegen brauchen, werden meistens in ein anderes Stockwerk verlegt, und zwar im Untergeschoß untergebracht, wenn der Operationssaal mit seinen Nebenräumen das Erdgeschoß einnimmt. Von letzteren müssen das Vorbereitungszimmer sowie die zum Sterilisieren usw. dienenden Räume in möglichst bequeme Verbindung zum Operationssaal treten, während das Wartezimmer wohl in seiner Nähe, aber nicht unmittelbar neben ihm angeordnet werden soll, damit nicht die Wartenden durch das Klirren der Instrumente und das Stöhnen und Schreien der Chloroformierten im Operationssaal beunruhigt werden.

Wie den Bedürfnissen und gegenwärtigen Anschauungen bei einer Anlage von knapper Grundrißgestaltung genügt werden kann, ist in Abb. 2 Bl. 51 zur Darstellung gebracht. Den sonst üblichen Räumen reiht sich hier noch eine kleine

Kleiderablage an, in der die Ärzte vor der Operation Schürzen und Überschuhe anlegen können.

Abb. 3 Bl. 51 zeigt in der in den Jahren 1896/97 im Lehrgebäude der chirurgischen Universitätsklinik in Breslau eingerichteten aseptischen Abteilung eine umfangreichere Anlage, die außer den hier dargestellten, im Erdgeschoß liegenden Haupträumen noch im Untergeschoß Laboratorien für wissenschaftliche Untersuchungen umfaßt. Die Aneinanderreihung, Anzahl und Größe der vorhandenen Räumlichkeiten haben sich als angemessen und zweckmäßig erwiesen. Vielleicht wäre es erwünscht, bei einer Neuanlage von ähnlichem Umfange noch ein Zimmer für den leitenden Arzt hinzuzufügen, das zugleich als Untersuchungsraum, zum Wechseln von Verbänden oder zu ähnlichen Zwecken benutzt werden kann. Eine Vermehrung der übrigen Nebenräume aber, insbesondere der Räume für die Vorbereitung der zu Operierenden, wie sie beispielsweise in dem in Abb. 7 Bl. 51 dargestellten Operationssaalbau des Bürgerspitals in Basel für den verstorbenen Professor Socin zur Ausführung gekommen ist, um durch Teilung der Vorbereitungsräume die Zurüstungen zu den Operationen und dadurch deren Aufeinanderfolge tunlichst zu beschleunigen, erscheint überflüssig und dürfte eher zu einer Erschwerung des Betriebes als zu seiner Erleichterung beitragen.

Größere chirurgische und Frauenkliniken erhalten gewöhnlich mehrere Operationsräume, nämlich außer dem „aseptischen“ Operationssaal, in dem nur reine, nicht eiternde Wunden behandelt werden, noch „septische“ Operationszimmer für operative Eingriffe an eiternden Wunden sowie besondere Zimmer für Operationen an Kranken mit ansteckenden Leiden. Werden die letzteren in Absonderungs-Baracken oder Abteilungen behandelt, so finden auch die septischen Operationszimmer hier ihren Platz. Wo ein besonderes Operationsgebäude vorhanden ist, können sie auch in diesem angeordnet werden, doch sind sie dann von den Operationsräumen und Krankenabteilungen für nicht ansteckend Kranke streng zu scheiden. Die „septischen“ Operationszimmer werden in technischer Hinsicht nach denselben Grundsätzen wie die „aseptischen“ eingerichtet, meist sind sie aber kleiner und werden bescheidener ausgestattet. Ein derartiges „septisches“ Zimmer ist z. B. in dem im Jahre 1897 fertiggestellten Operationshause des Ludwigspitals „Charlottenhilfe“ in Stuttgart (Abb. 5 Bl. 51) vorgesehen. Es bietet Raum zur Unterbringung der zu den Operationen zurechtgelegten Verbandstoffe und Werkzeuge (Abb. 4 Bl. 51), enthält eine Wascheinrichtung, einen Instrumenten-Sterilisator und dient zugleich zur Vornahme der Narkose. Es vereinigt somit in einem einzigen Raume, da das Verbandzeug in der nahe gelegenen aseptischen Abteilung sterilisiert werden kann, alles, was zur Operation erforderlich ist. Auch in dem vor kurzem in Benutzung genommenen Operationsgebäude des Stuttgarter Katharinenhospitals bleibt die septische Abteilung, die aus dem septischen Operationszimmer und einem mit Instrumenten, Sterilisator und Wäschewärmer ausgestatteten Instrumentenraume besteht, in bescheidenen Grenzen. Dagegen tritt uns die völlig gleichwertige Behandlung der septischen Abteilung mit der aseptischen in dem vom Architekten Péronne erbauten Operationssaalgebäude des Krankenhauses Sainte Anne\*) in Paris

\*) Le pavillon de Chirurgie de l'asile clinique Sainte Anne, Paris, envisagé au point de vue technique par L. Piqué et Péronne.

entgegen. Das Gebäude, welches nach dem Attaché-Bericht des Regierungs- und Baurats Stever vom 20. Mai 1902 besonders für Operationen an Geisteskranken, die im Hospital Sainte Anne und in ähnlichen Anstalten von Paris und dem Seine-Departement behandelt werden, bestimmt ist, enthält in dem in Abb. 1 Bl. 51 gezeichneten Hauptgeschoß die beiden voneinander streng getrennten Operationsabteilungen, deren jede außer dem Operationssaale, einem Vorbereitungs- und einem Sterilisiererraum noch ein Badezimmer und Aborte umfaßt, ferner ein Gebärzimmer mit anschließendem Sterilisiererraum und die Wohnräume für den Oberarzt und die aufsichtführende Schwester. Geräumige Zimmer zum Zurichten der Verbandstoffe, das hier unter ärztlicher Aufsicht vorgenommen wird, vervollständigen die umfangreiche und ungemein bemerkenswerte Anlage. Im Untergeschoß sind Betriebsräume, die wissenschaftlichen Arbeitszimmer und ein Sammlungsraum vorgesehen, während das Obergeschoß, der septischen und aseptischen Station im Erdgeschoß entsprechend, zwei von einander getrennte Krankenabteilungen aufweist.

Werden in den Krankenhäusern Polikliniken zur Behandlung chirurgischer Fälle eingerichtet, so pflegen sie mit einem besonderen Operationszimmer versehen zu werden. Ein gut beleuchteter Raum von etwa 15 bis 20 qm Grundfläche, der nach den Grundsätzen der Asepsie auszubauen und auszustatten ist, genügt für diesen Zweck. Außer ihm erhält die Poliklinik ein oder mehrere Abfertigungszimmer, Untersuchungsräume, auch wohl einen Nebenraum zur Aufbewahrung der Verbandstoffe und Instrumente, sowie Wartezimmer und Aborte, für Männer und Frauen getrennt. Da die in der Poliklinik verkehrenden Kranken meistens den unteren Schichten des Volkes angehören, die man gern von den übrigen Räumen des Krankenhauses fern hält, wird die Poliklinik gewöhnlich mit einem eigenen Zugange versehen und als selbständige Abteilung in einem besonderen Bauteile untergebracht. In der chirurgischen Klinik in Breslau ist sie im Erdgeschoß des Lehrgebäudes, der aseptischen Abteilung gegenüber (Abb. 3 Bl. 51), und im Baseler Bürgerspital (Abb. 7 u. 8 Bl. 51) in den unter der Operationsabteilung befindlichen Erdgeschoßräumen eingerichtet worden.

## II. Lage und Grundriß des Operationssaales.

Für die Lage des Operationssaales im Krankenhause ist neben seiner bequemen Verbindung mit den Krankenabteilungen und den Arbeitsräumen für wissenschaftliche Untersuchungen, die bei Neubauten für die Gesamtanordnung von grundlegender Bedeutung wird, vor allem die Beleuchtungsfrage maßgebend. Damit nicht der operierende Arzt durch Sonnenstrahlen geblendet oder die Operationsstelle durch Schatten verdunkelt wird, ist die Beleuchtung von Norden her die zweckentsprechendste und daher allgemein übliche. Auch bietet ja diese Lage den besten Schutz gegen die Sonnenwärme. Daher werden nicht nur die kleinen aseptischen und septischen Operationsräume vorzugsweise mit Nordlicht versehen, sondern auch in den Universitätskliniken die großen, zur Ausführung von Operationen vor Studierenden bestimmten, gewöhnlich mehrseitig beleuchteten klinischen Hörsäle mit ihrer Hauptachse nach Norden gerichtet. Wie aus den bisher besprochenen Beispielen hervorgeht, ist die Grundrißform des Operationssaales sehr verschieden. Für kleine Operations-

räume ist die Form eines sich mehr oder weniger dem Quadrat nähernden Rechteckes mit Seiten von 5 bis 7 m Länge am meisten gebräuchlich (Abb. 2, 3, 5 Bl. 51), doch findet sich auch bei diesen die Vereinigung von Rechteck und Halbkreis (Abb. 1 Bl. 51), wie sie sich für die Operationsbühnen der großen klinischen Hörsäle aus der Anordnung amphitheatralischer Sitzreihen ergeben hat. Einen eigenartigen Grundriß hat der aseptische Operationsraum des Baseler Bürgerspitals (*a* in Abb. 7 Bl. 51) erhalten, in dem durch Ausrundung der Ecken durch Viertelkreise von größerem Halbmesser das Rechteck der Form einer Ellipse genähert ist. Diese ungewöhnliche Ausbildung scheint auf den Einfluß des Professors Socin zurückzuführen

### III. Technische Einzelheiten.

#### a) Natürliche Beleuchtung und Verglasung.

Die meisten Operateure verlangen zur Erhellung des Operationsraumes Licht von möglichst verschiedenem Einfallswinkel. Es sind daher vorzugsweise hohe, bis zur Decke reichende, gerade Seitenfenster, die in gewöhnlicher Brüstungshöhe beginnen, in Verbindung mit Oberlicht, das nach Abb. 9 und 10 Bl. 51 mit oder ohne Staubdecke ausgebildet werden kann, im Gebrauch. Daneben finden aber auch Seitenfenster mit im oberen Teil schräg nach innen gerichteten oder gebogenen Scheiben (Abb. 6 Bl. 51) Verwendung. Die Beleuchtung von einer Seite, die bei kleinen Operationsräumen die Regel

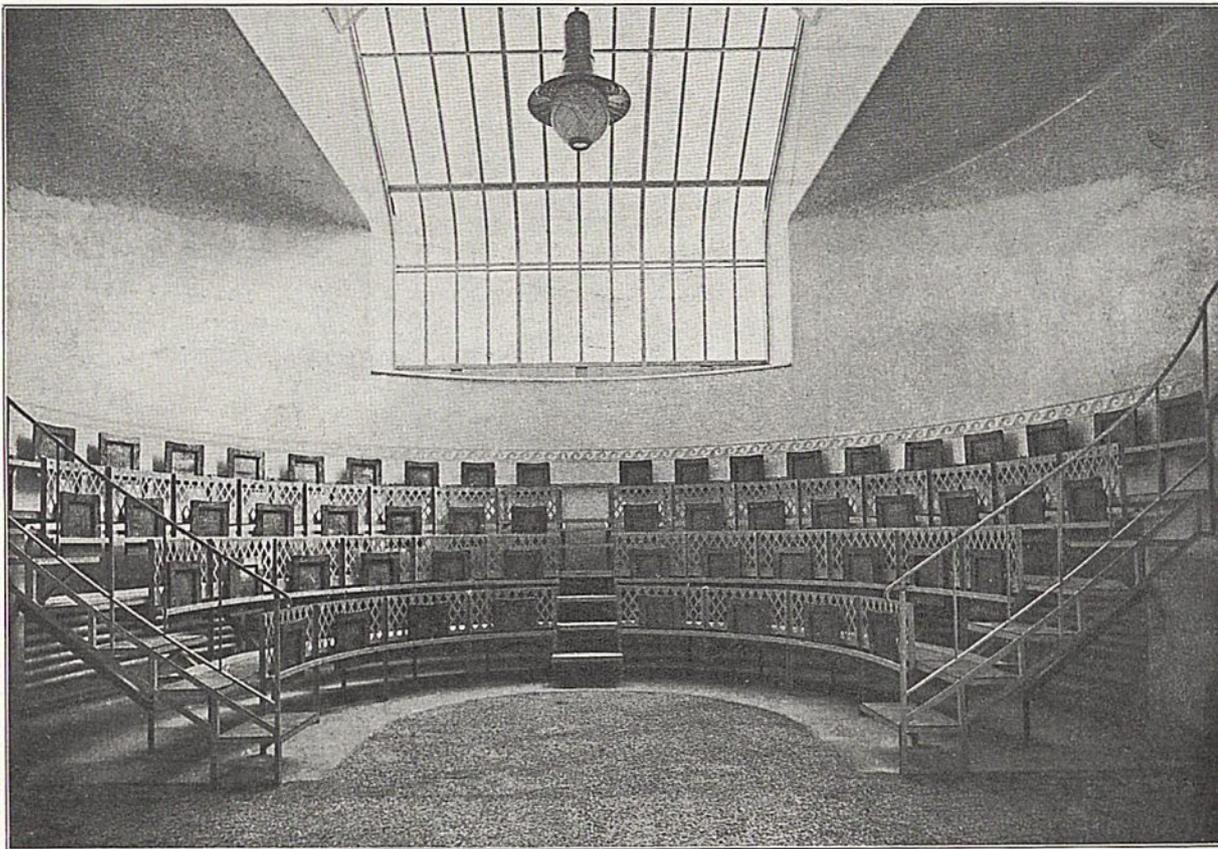


Abb. 1. Klinischer Hörsaal des Frauenspitals in Basel.

zu sein, der aus hygienischen Rücksichten das Ideal eines Operationssaales in einem zylindrischen, kuppelüberwölbten Raume ohne Einbauten, Ecken und Kanten gesehen haben soll. Da für die Anlagen der klinischen Hörsäle nicht nur medizinisch-technische, sondern auch den Unterricht betreffende Gesichtspunkte maßgebend sind, soll hier von einer Besprechung ihrer Grundrißgestaltung abgesehen werden. Erwähnt sei nur, daß nach gegenwärtigen Anschauungen die in Abb. 7 Bl. 51 für Saal *b* zur Ausführung gebrachte Grundform, bei der den halbkreisförmig angeordneten Sitzreihen auf der Innenseite des Raumes eine rechteckige, in der Mitte mit halbkreisförmiger Erweiterung versehene Operationsbühne vorgelegt ist, am meisten beliebt ist. Die Beleuchtung des Raumes erfolgt hierbei gewöhnlich durch breite Fenster an den schmalen Seiten der Bühne, durch Oberlicht und über den Sitzreihen angeordnetes, hohes Seitenlicht. Die im Saale *b* des Baseler Bürgerspitals eingeführte ungewöhnliche Beleuchtungsart soll im nächsten Abschnitt genauer besprochen werden.

bilden sollte (vgl. Abb. 2 Bl. 51), hat sich am besten bewährt, da hierdurch störende Reflexwirkungen vermieden werden. Wo Lichtquellen von mehreren Seiten zur Wirkung kommen, wie in Abb. 1, 3, 5 Bl. 51 und wie es bei den klinischen Hörsälen meistens der Fall ist, müssen, soweit erforderlich, an den Außenseiten der Verglasung Schutzvorrichtungen gegen die Sonnenstrahlen angebracht werden. Eine derartige Maßregel ist auch in dem in Abb. 6 Bl. 51 enthaltenen Schnitt durch den Operationssaal des Stuttgarter Ludwigspitals angedeutet. Da hier die Saalwände an der Nord- und Ostseite völlig aus Glas hergestellt sind und sich infolgedessen an heißen Sommertagen die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen in unangenehmer Weise fühlbar macht, können zur Abschwächung derselben das Dach und die Fenster durch eine Berieselungsvorrichtung abgekühlt werden. Ob diese dem Übelstande in wirksamer Weise abhilft, sei dahingestellt, jedenfalls würde sie bei einseitiger Beleuchtung des Raumes durch ein Nordfenster zu entbehren gewesen sein.

Eigenartig und zweckentsprechend ist die Beleuchtung der vom Architekten E. Vischer erbauten klinischen Hörsäle in der Frauenklinik und im Bürgerspital in Basel. Von letzterem zeigt Abb. 8 Bl. 51 einen Durchschnitt, während eine Innenansicht des ersteren in Text-Abb. 1\*) zur Darstellung gebracht ist. Beide Säle haben bei etwa 80 bzw. 100 qm Grundfläche ein einziges, sehr breites Fenster erhalten, das über der obersten Sitzreihe beginnt und in sanfter Rundung in ein schräges, der Dachlinie folgendes Oberlicht übergeht, das bis zur Mitte in den Raum hineinragt. Wenn auch die schräge Deckenbildung die Wirkung des Innenraumes

besonderer Wert zu legen ist, ist es praktisch, wie in Abb. 6 Bl. 51, außen vor den Seitenfenstern eine kleine Laufgalerie anzubringen, wenn der Operationssaal zu hoch liegt, um die Reinigung vom Gelände aus auf Leitern bequem vornehmen zu können. Aus dem gleichen Grunde ist der Dachraum zwischen dem äußeren Oberlicht und der Staubdecke zugänglich zu machen. Auch empfiehlt es sich, denselben durch eine Dampfschlange zu erwärmen, damit der Bildung von Schweißwasser und der Verdunklung des Oberlichtes durch Schnee nach Möglichkeit vorgebeugt wird. Doppelte Verglasung haben die beiden Operationssäle der Stuttgarter

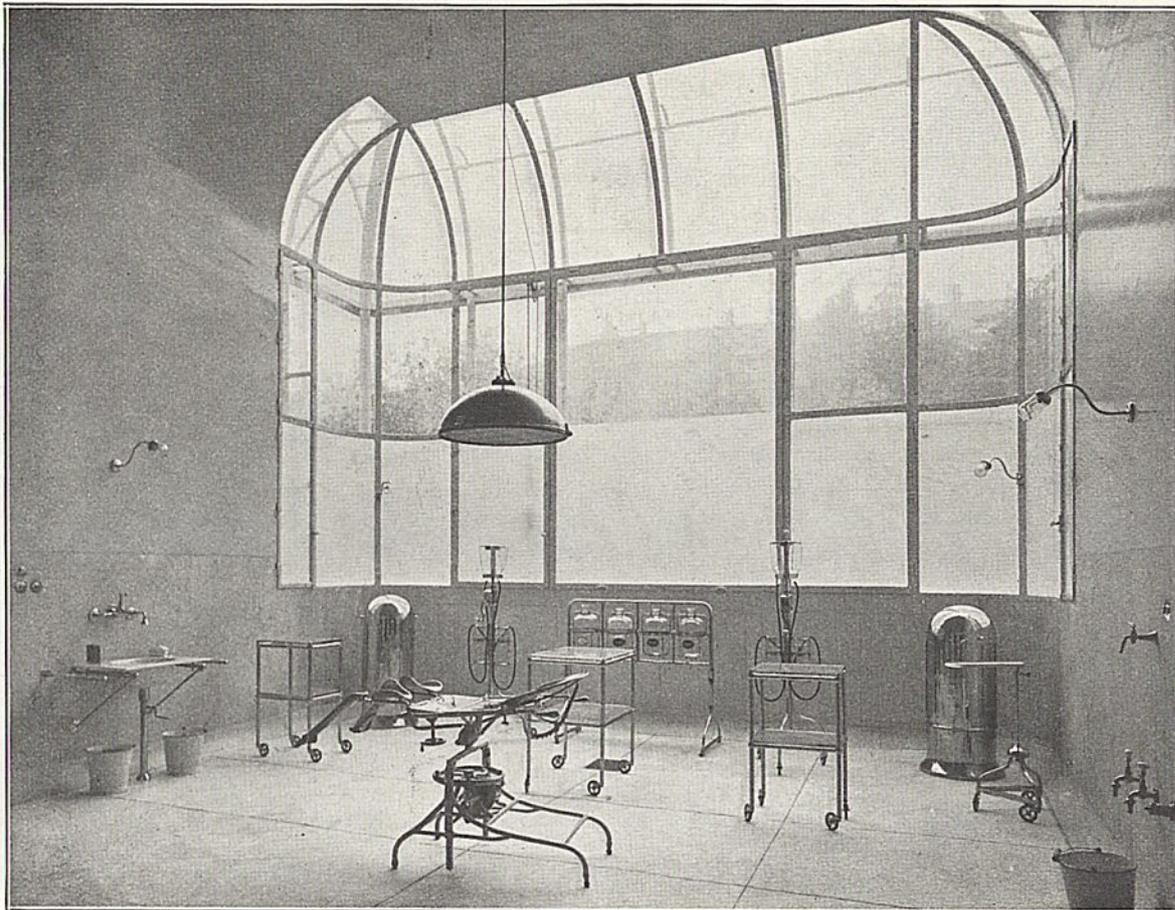


Abb. 2. Aseptischer Operationssaal des Katharinenhospitals in Stuttgart.

nicht sonderlich begünstigt, so ist doch durch das hochgelegene, gebogene Fenster mit seinem Ober- und Vorderlicht eine gleichmäßige und vortreffliche Erhellung der Säle erzielt worden.

Gewöhnlich werden die Fenster mit einfacher Verglasung versehen, die, obwohl sie der doppelten an Wärmehaltungsvermögen nachsteht, doch vor dieser der bequemen und leichteren Reinigung wegen den Vorzug verdient. Die Seitenfenster erhalten, um nicht den Lichteinfall durch viele Sprossenteilungen zu beeinträchtigen, eine meist aus großen Scheiben bestehende, in schmale Eisensprossen verlegte Verglasung, deren unterer Teil zum Schutze gegen das Hineinsehen von außen zweckmäßig aus mattierten Glasscheiben hergestellt wird. Für das Oberlicht sind möglichst durchsichtige und auch sonst zu gleichen Zwecken verwandte Glassorten im Gebrauch. Da auf die Reinigung der Fenster

\*) Beschreibung des Frauenspitals in Basel, Anhang zu: „Die moderne Frauenklinik“ von Prof. Dr. E. Bumm, Wiesbaden 1897.

Hospitäler erhalten. Die Konstruktion der Lichtquellen im Saale des vom Oberbaurat Leibbrand erbauten Operationsgebäudes des Ludwigshospitals ist aus den Abbildungen 5 und 6 Bl. 51 zu ersehen, während die Text-Abb. 2 von der Fensteranordnung und der Gestaltung des aseptischen Operationssaales im neuen, nach den Angaben des Obermedizinalrates Dr. v. Burkhardt vom Baurat Mayer ausgeführten Operationshaus des Katharinenhospitals ein anschauliches Bild gibt. Der Saal hat ein einziges großes Fenster erhalten, das die ganze, nach Norden gerichtete Saalwand einnimmt und im unteren Teile mit matt geätzten Spiegelglasscheiben versehen ist. Die innere Verglasung schließt sich in sanfter Rundung an die anstoßenden Seitenwände an und setzt sich wie auch die äußere mit gebogenen Scheiben bis zur Decke fort, wodurch zugleich Licht von oben eingeführt wird. Damit die Fenster von Tau und Eis frei gehalten werden, kann die Fensterwand durch Heizkörper, welche in der Brüstung zwischen der äußeren und inneren Verglasung aufgestellt sind, erwärmt werden.

#### b) Konstruktion und Ausstattung.

Nächst der Beleuchtung ist die wichtigste, an den Operationssaal zu stellende Forderung eine konstruktive Herichtung und Ausstattung, die die Durchführung peinlichster Sauberkeit ermöglicht. Staub- und Keimbildungen sollen tunlichst vermieden werden oder durch Abspritzen und gründliches Waschen des ganzen Raumes leicht zu beseitigen sein. Feststehende Möbel erhält der Operationssaal überhaupt nicht. Ein idealer Operationsraum muß frei von allem sein, worauf sich Staub ablagern kann. Aus diesen Bedingungen ergeben sich für die Herstellung des Raumes folgende Grundsätze:

reinigende und mit Geruchverschlüssen versehene Abflußöffnungen anzuordnen.

5. Rohrleitungen längs der Wände und der Decke sind zu vermeiden. Alle Zapfhähne, die Anschlüsse der Waschbeckenentwässerung und der Beleuchtungskörper sollen aus Wand und Decke unmittelbar heraustreten. Wo Rohrleitungen im Saale nicht vermieden werden können, sind sie mindestens 5 cm von der Fläche entfernt zu halten und in einer Lage anzubringen, die ein bequemes Reinigen aller Teile gestattet.

6. Die zur Operation nötigen Instrumente und Materialien werden auf fahrbaren Tischen und Ständern heranbewegt

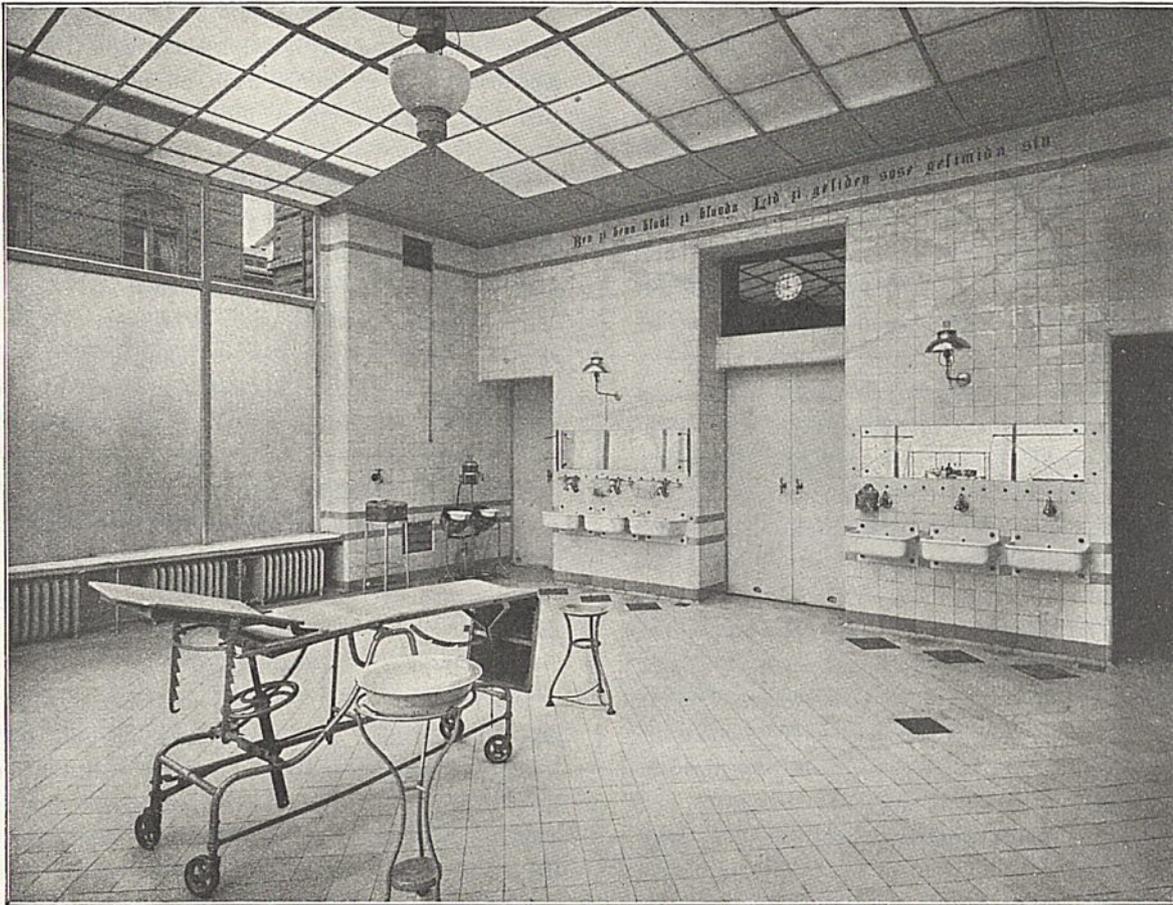


Abb. 3. Aseptischer Operationssaal der chirurgischen Klinik in Breslau.

1. Jeder veränderliche, zur Rissebildung neigende Baustoff, wie Holz, dessen Risse und Sprünge die Brutstätten für Krankheitsstoffe bilden, ist aus dem Saale zu verbannen. Die Wände, Fußböden und Decken sind massiv, möglichst ohne Fugen und aus Stoffen herzustellen, die sich durch Wasser, Dampf und Säuren leicht reinigen lassen und durch die Desinfektionsflüssigkeiten nicht angegriffen werden.

2. Alle Ecken an Fußböden, Wänden und Decken, Tür- und Fensternischen, an denen sich Staub- und Keimteile abzulagern pflegen, sind abzurunden. Tapeten und dekorative Gesimse sind verboten. Jeder Schmuck muß der Zweckmäßigkeit weichen oder sich ihr unterordnen.

3. Um die Reinhaltung des Saales zu erleichtern und ihm zugleich ein freundliches Aussehen zu geben, sind Fußböden, Wände und Decke in einem möglichst hellen Farbton zu halten.

4. Im Fußboden sind im Anschluß an die Abflußleitungen ausreichende, durch Siebe verschließbare, leicht zu

und aufgestellt, wo sie der Operateur gerade braucht. Da die Werkzeuge vorher ausgesucht und auf Schalen zurechtgelegt werden, können die Instrumentenschränke in einem Nebenraume Platz finden. Wünscht man sie im Operationssaale selbst zu haben, so werden sie am besten im Mauerwerk eingebaut (Abb. 1 und 3 Bl. 51) und durch Türen abgeschlossen, die zur Vermeidung von Staubablagerungen mit den Wandflächen bündig zu legen sind. Diese Türen werden gern aus Spiegelglas hergestellt. Die unter 1 bis 4 angeführten Grundsätze haben auch für die Nebenräume Gültigkeit.

So einfach es auch erscheinen mag, alles glatt, möglichst fugenlos, abwaschbar und für Feuchtigkeit undurchlässig herzustellen, so ist doch der strengen Durchführung dieser Bedingung die Unzulänglichkeit unserer Baustoffe mitunter hinderlich entgegengetreten. Namentlich sind in der Ausführung des Fußbodens ungünstige Erfahrungen gemacht worden. Der geeignetste Baustoff hierfür würde Terrazzo sein, da er abwaschbar und hinreichend säurefest ist; doch neigt er zu Risse-

bildungen, die gerade als Brutstätten von Keimen vermieden werden sollen. Man hat daher vielfach von der Bildung einer zusammenhängenden, völlig fugenlosen Fußbodenfläche abgesehen und einen Bodenbelag aus Platten mit möglichst dünnen Fugen vorgezogen, zumal da er das leichte Einbauen von Zu- und Abflußleitungen, Hähnen und dergl. gestattet und bei heller Farbe den Schmutz leichter erkennen läßt als der dunklere Terrazzo. Glatte harte und säurefeste Tonfliesen sind am beliebtesten; auch Marmorplatten haben (im Operationsaalgebäude der chirurgischen Universitäts-Klinik in Würzburg) Verwendung gefunden. Für die Wände sind neben Anstrichen mit Schmelzfarbe, Zonkafarbe und Ripolin (letzteres auf geglättetem Gipsputz) künstlicher Marmor aus englischem Zement und eine Bekleidung aus Marmorplatten, glasierten Kacheln u. dergl. mit dünnen, voll ausgestrichenen und geglätteten Fugen am meisten in Verwendung. Die Decken werden mit den gleichen Farben oder mit der billigeren Ölfarbe gestrichen, die Ab- und Ausrundungen an Wänden und Decken im Baustoffe der zusammenstoßenden Teile hergestellt. Für den Anschluß der Wände an Fliesenfußböden sind ausgekehrte Tonformstücke von heller Farbe zu empfehlen, während bei Terrazzofußböden auch die Anschlußkehlen aus Terrazzo ausgeführt zu werden pflegen.

Da im Operationsraum Fensterbretter zum Abstellen von Geräten nicht gebraucht werden, und sich unter ihnen leicht Schmutz ansammelt, dürften sie am besten fortgelassen werden. Wo man sie, der Macht der Gewohnheit folgend, beibehalten hat, sind sie aus Marmor oder Milchglas abwaschbar hergestellt worden. Dieselbe Ausführungsart empfiehlt sich auch für die Nebenräume, in denen die Fensterbretter weniger entbehrlich sind. Die Fenster selbst werden dort in Holz ausgeführt.

Wie die inneren Wandflächen, müssen auch die Türen völlig glatt gearbeitet sein und jeder dekorativen Füllung entbehren. Um sie leicht handhaben zu können, werden sie am besten aus Holz gearbeitet, aus Brettern von verschiedener Faserrichtung zusammengefügt und auf derjenigen Seite, auf der sie vorzugsweise gewaschen werden (nach dem Operationsaal, Sterilisier- und Vorbereitungsraum hin), mit gewalztem Eisenblech bekleidet. Sie erhalten allseitigen Anstrich von glatter Dauerfarbe und müssen, um Krankenbetten und Operationstische bequem hindurchschieben zu können, eine Mindestbreite von 1,20 m erhalten. Die einfach und praktisch nach Abb. 7 bis 11 Blatt 52 ausgeführten Türen in der Breslauer aseptischen Station sind zum Schieben eingerichtet und mit aufrecht stehendem Drücker sowie mit einem Schlitz über der unteren Kante versehen, wodurch der Operateur in die Lage versetzt wird, sie nicht mit den Händen bewegen zu müssen, sondern hierzu Ellenbogen und Fuß benutzen zu können. Sämtliche Beschlagteile sind vernickelt.

Sehr wichtig ist ferner die einfache und zweckmäßige Einrichtung der Waschvorrichtungen. Damit die Ärzte erst nach vollzogener Reinigung und Desinfektion den Operationssaal zu betreten brauchen, werden die zum Waschen vor der Operation dienenden Becken, wie in Abb. 2 und 5 Bl. 51 gezeichnet ist, gern in einem Nebenzimmer angeordnet, das auf dem Wege nach dem Operationssaal betreten werden kann. In letzterem selbst genügen zur Wasserspülung während der Operation ein bis zwei Becken, zumal da die üblichen Desinfektionsmittel in Schalen bereit gehalten werden. Über den Waschbecken

werden zweckmäßig Spiegel vorgesehen, die zur Vermeidung von Staubablagerungen in die Wandfläche einzulassen und mit dieser bündig zu legen sind (Vgl. III, b. 6 und Text-Abb. 3). Von den mannigfachen, gebräuchlichen Beckenkonstruktionen haben sich einfache, mit der Wand fest verbundene, trogartige Gefäße mit Ab- und Überlauf (Abb. 4 bis 6 Bl. 52) am besten bewährt. Sie müssen, damit der Operateur Arm und Hand zum Abspülen bequem eintauchen kann, eine Länge von wenigstens 40 cm erhalten und etwa 25 bis 30 cm breit sein. Die oft verwendeten Kippbecken sind wegen ihrer schwierigeren Reinigung weniger zu empfehlen. Für den Auslaß des erforderlichen kalten und warmen Wassers, neben welchem bisweilen auch noch laues Mischwasser verlangt wird, sind Durchlaufhähne mit langem, hebelartigem Griff, der mit dem Ellenbogen bewegt werden kann, am meisten beliebt. Daneben sind aber auch Tretvorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Zulaufhähne im Gebrauch, um zur Durchführung einer strengen Asepsis zu vermeiden, daß die Hand zum Stellen der Hähne benutzt wird. Sie werden in einer für die Füße bequem erreichbaren Lage entweder im Fußboden eingelassen und mit Hähnen versehen, die nach Art der Wasseraborthähne konstruiert sind, oder unter dem Becken im Raume sichtbar angebracht. Im ersteren Falle ist, damit nicht Wasser oder Schmutz in den die Hähne umschließenden Behälter eindringt, darauf zu achten, daß die Tretknöpfe an seinem Deckel möglichst dicht anschließen. Eine derartige Vorrichtung, die zuerst vom Kreisbauinspektor Buchwald in der chirurgischen Universitätsklinik in Breslau zur Ausführung gekommen ist, wird durch die in Abb. 4 bis 6 Bl. 52 dargestellte Einrichtung aus der dortigen aseptischen Station erläutert. Ein anschauliches Bild der Wascheinrichtungen und der ganzen Ausstattung des aseptischen Saales gibt Text-Abb. 3.

Heizung und Lüftung. Um in den Operationsräumen eine gleichmäßige Temperatur zu erhalten, pflegt man zu ihrer Erwärmung Warmwasser- oder Niederdruckdampfheizung zu wählen. Die Heizkörper, für die sich Plattenheizkörper oder glatte Radiatoren am meisten empfehlen, finden am besten in den Fensterbrüstungen ihre Aufstellung. Um die an ihnen unvermeidlichen Staubablagerungen zu umgehen, ist im aseptischen Saale des Baseler Bürgerspitals eine Fußboden- und Wandheizung mittels Niederdruckdampf zur Ausführung gekommen, bei der unter dem Fußboden in Hohlräumen der Zwischendecke Rohrleitungen verlegt und hinter den Ausrundungen der Wandecken Heizkörper aufgestellt worden sind. So vorteilhaft auch eine derartige Anlage aus Sauberkeitsrücksichten sein mag, so ist doch dabei der Übelstand, daß die Heizkörper schwer zugänglich sind und sich Ausbesserungen an ihnen nur mühsam ausführen lassen, nicht zu unterschätzen. Im allgemeinen werden an die Heizung keine ungewöhnlichen Ansprüche gestellt, weshalb auch ihre Anlage in den meisten Fällen keine Schwierigkeit bietet. Anders verhält es sich mit der Lüftung des Operationsraumes, für die man mitunter besondere Hilfsmittel nicht entbehren zu können geglaubt hat. So wird z. B. bei der mit der Heizung verbundenen Lüftung in den aseptischen Operationssälen der beiden genannten Stuttgarter Krankenhäuser die Lufterneuerung durch elektrisch betriebene Lüfter herbeigeführt, die frische Luft gereinigt, durch Wasserstaub gewaschen, nach Bedarf gefrischt oder erwärmt, und die

verbrauchte Luft in Entlüftungsrohren mit Öffnungen für Winter- und Sommerbetrieb abgesaugt, kurz es sind alle Hilfsmittel der modernen Heiztechnik herangezogen, um eine ergiebige Lüftung zu erzielen. Die Einrichtung soll gut wirken, doch ist dabei nicht außer acht zu lassen, daß hierfür eine zuverlässige Bedienung durch geschultes Personal unerläßliche Vorbedingung ist. Eine einfachere, wenn auch primitivere Einrichtung, deren Handhabung geringere Aufmerksamkeit und Sachkenntnis erfordert, ist zweifellos vorzuziehen. Auch gewinnt die Ansicht immer mehr an Verbreitung, daß die sonst üblichen Abluftrohre, die den Herd für Millionen von Keimteilchen bilden, den Anforderungen eines aseptischen Saales sehr wenig entsprechen. Ihre Anhänger empfehlen zwar die Herstellung glatter (glasierter) Wandungen und kreisförmigen Querschnitt, doch ist die Frage: Wie oft werden diese gereinigt werden? Erwägt man ferner, daß während einer Operation die Luftbewegung im Operationsraum tunlichst aufhören soll, die Abluftklappen also ohnehin geschlossen bleiben sollen, so erscheint es am zweckmäßigsten, auf künstliche Lüftung überhaupt zu verzichten und die Lüftung nach vollzogener Operation durch einfache Luftflügel in den Fenstern zu bewirken. Für diesen Zweck haben sich in seitlichen Bändern hängende Flügel von etwa 70 cm Breite und 1,50 m Höhe ihrer einfachen Herstellung und leichten Handhabung wegen am meisten bewährt. Um Mittelzapfen drehbare Flügel von erheblicheren Abmessungen, zu deren Anordnung bisweilen der Wunsch, möglichst große Fensterflächen ohne Sprossenteilung zu schaffen, geführt hat, sind weniger zu empfehlen, da sie meist zu schwer werden und nicht dauernd dicht schließen. Während der kalten Jahreszeit kann frische, erforderlichenfalls durch Filter gereinigte Luft hinter den Heizkörpern eingeführt und durch diese erwärmt werden.

**Künstliche Beleuchtung.** Den hinsichtlich der künstlichen Beleuchtung an Operationsräume zu stellenden Anforderungen entspricht bei dem gegenwärtigen Stande der Technik elektrisches Licht zweifellos am besten. In der Breslauer Klinik ist zuerst noch Gasglühlicht zur Ausführung gekommen, doch später elektrische Beleuchtung eingeführt worden, da die Verbrennungsprodukte des Gases mit den Chloroformdämpfen Verbindungen eingehen, die für Operateur und Kranke schädlich sind. Aus demselben Grunde hat man im Bürgerhospital in Basel von der Anlage einer Gasbeleuchtung von vornherein abgesehen. Es ist dort im klinischen Hörsaal zunächst ein Versuch mit Bogenlicht gemacht worden, das nach seiner Lichtbeschaffenheit für operative Zwecke besonders geeignet erschien. Doch mußte es wegen seines unruhigen Flackerns wieder beseitigt werden und dem Glühlicht weichen, dessen Leuchtkraft noch durch Nickelreflektoren wirkungsvoll verstärkt wurde. Da auch anderwärts elektrisches Glühlicht mit Erfolg angewendet worden ist, kann dieses wohl als zweckentsprechend angesehen werden. Man pflegt außer einigen Wandarmen meist in der Mitte des Raumes eine Hängelampe von mehreren Glühbirnen anzubringen, in deren Aufhängeseil zugleich der Zuleiter liegt. Auch kommt neuerdings für die Erhellung der Operationssäle indirektes, von der Decke zurückgeworfenes Bogenlicht im Verein mit Glühlichtwandarmen in Frage. Um eine besondere, örtliche Beleuchtung bei Operationen zu ermöglichen, ist im Hospital Sainte Anne in Paris eine tragbare, hohe Stehlampe für

Gasglühlicht mit Reflektorenschirm (Abb. 3 Bl. 52<sup>\*)</sup>) im Gebrauch, die im Saale wie die fahrbaren Tischchen nach Bedarf jede beliebige Stellung erhalten kann.

Weitere technische Einrichtungen, die zur Vervollkommnung der Anlage und Erleichterung des Betriebes beitragen, sind: Zapfstellen für steriles Wasser und die unentbehrlichen Desinfektionsmittel, Karbol-, Sublimat- und Kochsalzlösungen, im Innern des Operationssaales, ferner Anschlüsse für etwa vorhandene elektrische Apparate für Faradisation, Galvanokaustik, Endoscopie u. dergl. ebenda, der Anschluß eines Dampfschlauches zum Abtöten von Keimen für Zwecke der Reinigung und eine im Innern des Saales sichtbare, aber außerhalb desselben anzubringende Uhr.

Die Zubereitung der Desinfektionsflüssigkeiten erfolgt meist mit dem Sterilisieren der Verbandstoffe in dem eigens dazu bestimmten Nebenraume. Für die Breslauer aseptische Station ist von der Firma F. M. Lautenschläger in Berlin die in Abb. 1 Bl. 52 dargestellte Destillier- und Sterilisierereinrichtung angelegt worden, für die der Dampf aus einem im Untergeschoß aufgestellten, zugleich für die Zwecke der Heizung benutzten Kessel entnommen wird. Das zum Kochen der Desinfektionsflüssigkeiten erforderliche, destillierte Wasser wird durch Kondensieren des Dampfes mittels Kühlwassers im Destillierapparat gewonnen und in einem Behälter gesammelt. Für jede Flüssigkeit sind zwei Gefäße vorhanden, die durch Glasröhren mit den im Operationssaale vorgesehenen Zapfstellen in Verbindung stehen. Die weitere Einrichtung des Destillier- und Sterilisiererraumes zeigt Abb. 2 Bl. 52.

Die große Anzahl wichtiger technischer Einzelheiten, die beim Baue von Operationssälen zu beachten sind, gestaltet denselben zu einer Aufgabe, die eingehende Sachkenntnis und Vertiefung erfordert. Die Fortschritte, die auf diesem Sondergebiete gemacht worden sind, verdanken wir neben den Erfahrungen der letzten zehn Jahre, in denen die Erkenntnis des Zweckmäßigen und Notwendigen wesentlich geklärt worden ist, der gemeinsamen Arbeit der Ärzte und Architekten, die mit unermüdlichem Eifer und idealer Hingabe unter der tätigen Mitwirkung bewährter Firmen an der Vervollkommnung der baulichen Anlage und inneren Ausstattung der Operationsräume gearbeitet haben. Eine weitere Vervollkommnung wird noch nach zwei Richtungen hin anzustreben sein, nämlich in der Vereinfachung der bautechnischen Einrichtungen und in der Raumgestaltung der Säle.

Wie man bisweilen zu umständliche Mittel angewendet hat, um weitgehende Wünsche zu befriedigen, so ist auch vielfach die räumliche Gestaltung des Operationssaales zugunsten seiner technischen Durchbildung vernachlässigt worden. Da an seinen Wänden und an der Decke aus Zweckmäßigkeitsgründen der Schmuck von Gliederungen unterbleiben muß und nur die glatten, den Raum umschließenden Flächen zur Wirkung kommen, so sollte wenigstens überall bei größeren Operationsräumen Wert darauf gelegt werden, daß durch richtiges Abstimmen ihrer Abmessungen eine günstige Raumwirkung erzielt wird. Wie vorteilhaft quadratische oder nahezu quadratische Räume, die schon durch ihre Grundform den

<sup>\*)</sup> Attaché-Bericht des Regierungs- und Baurats Stever vom 20. Mai 1902.

Eindruck saalartiger Geräumigkeit hervorrufen, bei richtiger Wahl ihrer Höhe wirken, beweisen die aseptischen Operationsräume der Breslauer chirurgischen Universitätsklinik und des Stuttgarter Ludwigspitals. Der guten Raumwirkung kommen hier noch die hellen Farbentöne, in denen Fußböden, Wände und Decken gehalten sind, zu Hilfe und vereinigen sich mit dieser zu einer bei der Einfachheit der angewendeten Mittel überraschenden Gesamtstimmung. Nicht unwesentlich trägt zu letzterer der Umstand bei, daß Wand- und Deckenflächen aus verschiedenen Baustoffen hergestellt und verschieden getönt sind, wodurch der Eindruck des Kahlen vermieden worden ist, dessen sich der unbefangene Beobachter bei gleichfarbigem Anstrich von Wand und Decke nicht erwehren kann.

Ebenso vortrefflich wie die genannten beiden Säle wirkt auch der oblonge, aseptische Saal des Baseler Bürgerspitals, dessen Eindruck durch seine reiche Ausstattung mit Mosaikfußboden und einer Wandbekleidung aus farbigen Mettlacher Plättchen und Opalinplatten zu einem vornehmen gesteigert ist. \*)

\*) Die Beschreibungen und Zeichnungen des Operationsgebäudes im Bürgerspital in Basel sind einem Schriftwerk des Spitaldirektors A. Müller entlehnt, die Mitteilungen über die Operationsräume des Ludwigspitals „Charlottenhilfe“ in Stuttgart einem Sonderdruck aus Nr. 40 des Württemb. medicin. Korresp.-Blattes 1898 entnommen, in welchem auch die daselbst angeschafften Geräte und Einrichtungsgegenstände, z. T. unter Preisangabe, angeführt sind. Die Unterlagen für die Besprechung der aseptischen Abteilung in der chirurgischen Universitätsklinik in Breslau und deren Einzelheiten wurden mir vom Königl. Kreisbauinspektor Herrn Buchwald gütigst zur Verfügung gestellt.

## Das Schloß der Herzöge von Pommern in Rügenwalde.

Im Auftrage des Vereins für pommersche Geschichte und Altertumskunde von Kurd Wrede.

(Mit Abbildungen auf Blatt 53 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Das Schloß Rügenwalde.

Wie fast bei den meisten mittelalterlichen Burgen Deutschlands, könnte man bei einer Beschreibung des Schlosses Rügenwalde auch ausrufen: „Sic transit gloria mundi.“ Von 1435 bis 1459 der Sitz des prachtliebenden Königs Erich von Schweden, besitzt es heute von seinem alten Glanze und seiner alten Herrlichkeit nur noch herzlich wenig, und was noch vorhanden ist, wird zum Teil in recht unwürdiger Weise zu Gefängniszwecken ausgenutzt. Und dennoch, trotz allen Verfalls, trotz aller baulichen Verunstaltung legen die dem Zahn der Zeit entgangenen Reste ein wichtiges Zeugnis ab von der einstigen Größe und Bedeutung des Baues. Wie die alten schönen kirchlichen Bauten beredete Zeugen von dem Kulturzustand Pommerns im Mittelalter sind, so nicht minder auch die Schlösser. Wenn es als wahr angenommen werden kann, daß sich in den Bauten die Eigenart eines Volkes ausprägt, dann trifft dies auch sicher zu in den weltlichen wie kirchlichen Bauten Pommerns. Ernst und verschlossen, aber trotzig und stark ist norddeutsche Volksart, und diese Eigenart hat sich unverkennbar den Bauten aufgeprägt. Natur, Klima und Baustoffe legten den Bewohnern Pommerns weit engere Schranken auf als in Mittel- und Westdeutschland; dadurch auch ist die fast finstere Art besonders der Profanarchitektur erklärt. Können die Bauten Pommerns sich an Formenreichtum denen West- und Süddeutschlands nicht an die Seite stellen, in bezug auf malerische Gruppierung stehen sie ihnen sicher nicht nach. Gerade darin liegt die Stärke des mittelalterlichen Backsteinbaues Hinterpommerns, daß er unter Verzichtleistung einer ins kleinste gehenden Einzelausbildung die Lösung malerischer Anordnung und Gruppierung der einzelnen Bauteile anstrebte. Allerdings setzt der pommersche Backsteinbau, wenn er richtig verstanden sein will, ein ernstes Studium voraus. Seine Schönheiten sind nicht so in die Augen fallende, nicht so unmittelbar wirkende, wie bei den Hausteinbauten Mittel- und Westdeutschlands, aber der Kenner und Freund malerischer Gruppierung wird sich bei eingehendem Studium nicht enttäuscht fühlen.

In dem oben Gesagten liegt eine allgemeine Beschreibung des Schlosses Rügenwalde schon vor, nur hat der Zahn

der Zeit und die zerstörende Hand des Menschen hier die ehemalige Schönheit fast ganz vernichtet. Spärlich ist im allgemeinen nur das, was auf uns gekommen ist, und das wenige ist durch Umbauten und entstellende Einbauten noch so verändert, daß es in der Tat eines sehr ernsten Studiums bedarf, um sich daraus ein richtiges Bild alter Pracht und Herrlichkeit wiederherzustellen. Sind schon die baulichen Überlieferungen spärlich, so gilt dies in gleicher Weise auch von den geschichtlichen. Außer einigen wenigen Angaben in Kanzows Geschichte von Pommern, deren Richtigkeit noch dazu nicht ganz einwandfrei sind, gibt es über die Geschichte des Schlosses so gut wie nichts. Urkundlich feststehende Mitteilungen über die Gründung der jetzt noch erhaltenen Bauteile fehlen gänzlich, wenn anders man nicht etwa einige Daten persönlicher Art mit der Erbauung des Schlosses in Zusammenhang bringen will. So wird im Jahre 1242 schon ein Graf Veit von Rügenwalde und Schlage (Schlawe) erwähnt. Am 15. Juli 1307 wird dem Woywoden Peter von Stolp und seinem Vater Swenzo sowie seinen Brüdern der Lehnbesitz der Schlösser Rügenwalde, Schlawe, Pollnow, Tuchel und Neuenburg bestätigt.

Hat nun auch wohl die Zahl 1242 für die erhaltenen Teile des Schlosses kaum eine Bedeutung, so kann wenigstens durch das Jahr 1307 schon festgelegt werden, daß damals das Schloß gestanden haben muß, wenngleich anzunehmen ist, daß es damals kaum in dem ganzen Umfange vorhanden gewesen ist. Durch die Art ihrer Anlage und Konstruktion könnte höchstens angenommen werden, daß allenfalls die Kelleranlagen bis auf diese Zeit zurückzuführen sind. Seine erste Blütezeit hat das Schloß Rügenwalde unter dem König Erich von Schweden gehabt, welcher nach Niederlegung seiner Regierung nach Rügenwalde sich zurückzog und hier von 1435 bis 1459 den Rest seiner Tage verbrachte. In die Zeit vor Erichs Einzug in Rügenwalde kann daher wohl auch die Entstehungszeit des Baues verlegt werden. Die wenigen erhaltenen Architekturglieder wie die Fenstergewände des Kirchenflügels, der Gewölbeanfänger der Kirche und allenfalls die Ausbildung des großen Turmes lassen einen Schluß dahin zu, daß die Entstehungszeit dieser Bauteile in das Ende des 14. bzw. den Anfang des 15. Jahrhunderts fällt.

Einer Nachricht zufolge, die uns Brüggemann in seiner Beschreibung der Provinz Pommern\*) gibt, hat das Schloß bereits im 13. Jahrhundert gestanden. Hiernach ist es nämlich im Jahre 1295 nach dem Tode des Herzogs Mestowin von Bogislaw IV. in dem Kriege gegen die Polen eingenommen und geplündert worden. Die über der Erde liegenden Bauteile lassen jedoch die Annahme einer so frühen Entstehungszeit nicht zu.

Nach dem Tode König Erichs ging das Schloß über in die Hände der Gemahlin Herzog Erichs II., der Herzogin Sophie, der Mutter Bogislaws X. Kanzow berichtet über den Aufenthalt dieser Fürstin: „dennoch war sie bei einem Jahre daselbst und hielt sich mit Hofe wie eine Herzogin stattlich.“ Also auch in dieser Zeit hat das Schloß Tage des Glanzes gesehen. Unglückliche Familienverhältnisse brachten es mit sich, daß die Herzogin Sophie, die Rache ihres eigenen Sohnes Bogislaws X. fürchtend, aus dem Schlosse Rügenwalde unter Mitnahme ihres ganzen bedeutenden Vermögens entflo. Böse Tage müssen dann über das Schloß hinweggegangen sein. Durch die ewige Geldverlegenheit, im Anfang seiner Regierung konnte Bogislaw X. seinen Mannen das Stegreifreiten nicht verwehren, und so finden wir in den ersten Jahren seiner Regierung das Schloß Rügenwalde als ein echtes Raubritternest wieder. Allerdings hat Bogislaw nach Kräften diesem Unwesen zu steuern versucht, aber ohne besonderen Erfolg. Daß unter diesen Verhältnissen der Bauzustand des Schlosses nicht verbessert wurde, bedarf keiner Erwähnung.

Nachdem Herzog Bogislaw zu Ruhm und Herrlichkeit gekommen war, verließ er Rügenwalde und hielt seinen Hof in Stettin. Möglicherweise haben ihn die alten trüben Erinnerungen von hier vertrieben, jedenfalls hat er selbst an dem Schlosse wenig oder nichts baulich verändert. Erst Barnim XI. ließ um 1538 an dem Schlosse bauen, „wie das an einem Turme angeschlagene fürstlich pommersche Wappen mit der Überschrift der Jahreszahl 1538 beweiset“. (Brüggemann.) Aus den weiter folgenden Überlieferungen erfahren wir nur, daß ein Besitzwechsel eingetreten ist. So fällt 1569 Schloß und Amt Rügenwalde Barnim XII. zu. 1602 ging beides über in den Besitz Herzog Kasimirs, 1605 an die Herzöge Bogislaw XIV. und Georg und nach dem Tode des letzteren 1617 in den Alleinbesitz des ersteren. 1622 wurde Schloß und Amt Rügenwalde zu der fürstlichen Landkammer gelegt.

Nach seinem Tode überließ Bogislaw XIV., der kinderlos starb, Schloß Rügenwalde mit allen dazu gehörigen Ländereien und Gedingen seiner Gemahlin Elisabeth, einer geborenen Prinzessin von Schleswig-Holstein. Diese hat bis zu ihrem Tode 1653 darin gewohnt. Hiermit fiel das Schloß mit allem übrigen Privatbesitz an das kurfürstliche Haus Brandenburg. Bei oder vor der Übergabe des Schlosses an die Herzogin Elisabeth im Jahre 1648 ist ein noch erhaltenes Inventarverzeichnis von dem Schlosse und seinem Inhalt aufgesetzt. Es ist dies die einzige überlieferte Urkunde, die eine einigermaßen genaue Beschreibung des Schlosses enthält. Wir dürfen allerdings hierbei weniger eine Beschreibung der Architektur als vielmehr eine solche der ganzen Grundriß-

anlage erwarten. Diese jedoch ist von besonderer Bedeutung für jene Teile des Schlosses, die jetzt nicht mehr vorhanden sind. Ein Auszug dieses im königlich preußischen Staatsarchive in Stettin bewahrten Schriftstückes ist am Schlusse dieser Abhandlung mitgeteilt.

Eine Angabe von Bedeutung für die Baugeschichte des Schlosses ist darin enthalten, wir erfahren nämlich daraus, daß Bogislaw XIV. die fürstliche Hofkirche zu erbauen begonnen hat. Es kann sich hierbei allerdings nicht oder nur schwerlich um einen ganzen Neubau handeln. Die ganze bauliche Anlage der Schloßkirche, die, wie Brüggemann mitteilt, den Namen Hedwigskirche führt, ist, wie oben bereits angegeben, in den Anfang des 15. Jahrhunderts zu verlegen, also bedeutend älter. Die Kirche muß durch den 30jährigen Krieg beschädigt sein, besonders ist das Verschwinden der Gewölbe vielleicht den Wirren und Plünderungen, denen die Stadt ausgesetzt war, zuzuschreiben, so daß Bogislaw zu einem Wiederherstellungsbau in den Formen der Renaissance sich entschlossen hat. In diese Zeit fällt darum auch die Herstellung der früher in der Schloßkirche gewesenen Ausstattungsstücke, Kanzel und Altar. Lange Zeit hindurch muß nun das Schloß Rügenwalde nach dem 1653 erfolgten Ableben der Herzogin Elisabeth leer gestanden haben, bis es endlich im 18. Jahrhundert zum Nutzbau umgewandelt ist. Nicht fehl dürfte man gehen, diese Umwandlungsbauten in die Zeit der Regierung König Friedrich Wilhelms I. zu verlegen. Damals wurde in dem Schloß zum Teil eine königliche Salzniederlage und ein königliches Amtsbrauhaus eingerichtet. Weitere Umbauten sind wahrscheinlich aus dem Ende des 18. Jahrhunderts zu verzeichnen. Vermutlich ist einem gewissen J. W. Gantzlaw im Jahre 1777 der Auftrag geworden, die zu dem Umbau erforderlichen zeichnerischen Unterlagen zu beschaffen. Diese Zeichnungen sind noch erhalten und auf der Kanzlei der Kreisbauinspektion Schlawe aufbewahrt, wo sie mir durch die Liebenswürdigkeit des früheren dortigen Baubeamten, des Baurats Pfeiffer in Oppeln zugänglich gemacht wurden. Besonders wurden in dem Kirchenflügel damals zur Einrichtung von Dienstwohnungen für einen Intendanten und einen Gefangenwärter Änderungen vorgeschlagen. Ob diese Ausbauten damals in dem vollen Umfange ausgeführt wurden, läßt sich heute nicht mehr mit Sicherheit feststellen. Jedenfalls sind in dem Kirchenflügel heute (vgl. die Aufnahmezeichnungen von 1896) diese nicht mehr vorhanden und auch in ihren ehemaligen Spuren nicht mehr zu erkennen.

Ogleich die Aufnahmen zu den Umänderungszeichnungen im 18. Jahrhundert an einigen Stellen lückenhaft sind, so bieten sie doch wenigstens für das vierte Geschoß einige, wenn auch nur sehr geringe Anhaltspunkte über den später abgerissenen Westflügel und den Nordflügel. Leider fehlen hier bis auf den Grundriß des vierten Stockwerkes und bis auf einige dürftige Angaben im Kellergeschoß die weiteren Zwischenstockwerke.

Von besonderem Interesse für die Lage der Umgebung des Schlosses an der Wipperbrücke ist ein von Gantzlaw 1777 gefertigter Lageplan von der alten Schloßpredigerwohnung, der einen Aufschluß gewährt über die damalige Lage des Schloßgrabens und der über ihn führenden Brücke. Wie aus dem Lageplan (Text-Abb. 1) ersichtlich, ist dieser Schloßgraben nicht ganz identisch gewesen mit dem Lauf des

\*) Brüggemann, Ausführliche Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes des Königl. preußischen Herzogtums Vor- und Hinterpommern. Stettin 1784. S. 816 bis 830.

heutigen Mühlengrabens. Damals ist auch das Königl. Amtsbrauhaus in dem heutigen Rentamtsgebäude untergebracht gewesen. Auf dem Plan von 1777 ist noch an der Brücke über den Schloßgraben ein Tor verzeichnet, dessen ebenfalls

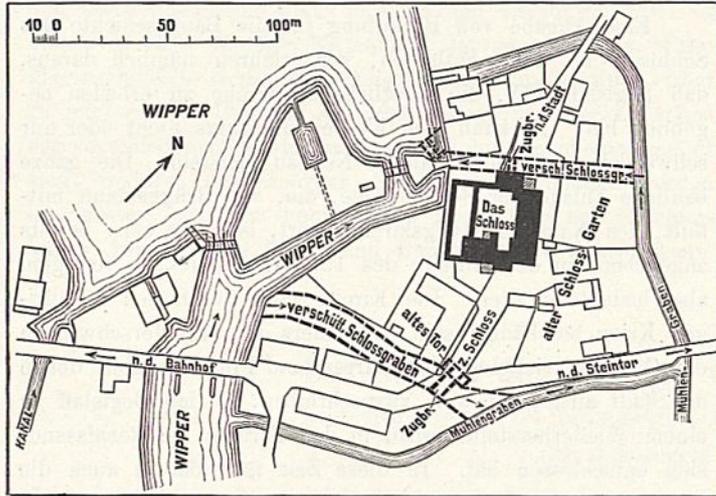


Abb. 1. Lageplan.

in dem Inventar von 1648 Erwähnung getan wird. Wann die heute nicht mehr stehenden Teile des Schlosses beseitigt sind, darüber liegen sichere Nachrichten nicht vor. Jedenfalls steht fest, daß sie erst nach 1777 entfernt sind. Der Grund zum Abbruch wird in ihrer Baufähigkeit zu suchen sein. Schon Gantzlaß gibt bei einem Raume des Wipperflügels an, daß er „ganz verfallen und wüst“ sei.

Einen weiteren, wenn allerdings auch nur sehr schwachen Anhaltspunkt gibt die von Lubin auf dem Rande seiner Karte von Pommern angebrachte Zeichnung der Stadt Rügenwalde (Text-Abb. 2). Das hohe Gebäude rechts

der Brücke über die Wipper gibt ein Bild des Schlosses, wie es annähernd wohl unmittelbar vor 1619 ausgesehen hat.

So weit gehen die geschichtlichen Überlieferungen. Sehen wir nun die Bauteile selbst an und lassen die Steine reden, sie geben noch über manches mehr Aufschluß, wo das Wort der Urkunden schweigt. Das Schloß Rügenwalde liegt in südöstlicher Richtung vor den alten Umfassungsmauern der Stadt, vor dem ehemaligen Schloßtor auf einer von der Wipper und dem Mühlengraben gebildeten Insel. Durch die aus dem Abbruch der verschiedenen Teile des Schlosses stammenden Schuttmassen hat der Schloßgraben eine geringe Verlegung nach Süden erfahren. Sonst dürfte der heutige Mühlengraben seinem ungefähren Verlaufe nach wohl mit dem ehemaligen Schloßgraben identisch sein. Von den früher um das Schloß gelegenen Baulichkeiten, die einst dazu gehört haben, ist nichts mehr erhalten. Das eigentliche Schloß bestand und besteht auch heute noch aus vier Bau-

teilen, die in ihrem Inneren einen 23,25 m zu 18,40 m großen rechteckigen Hof umschließen. Durch eine große, in dem mächtigen Hauptturm befindliche spitzbogige Toreinfahrt von 3 m lichter Weite gelangt man von Süden her auf diesen Schloßhof. Rechts von ihm liegt der sogenannte Kirchenflügel, links der heute noch zu Gefangenwärterwohnung bzw. zu Gefängniszwecken in seinen Obergeschossen ausgenutzte südliche Flügel. Von dem westlichen Teile des Schlosses, der heute als Gefangenhof benutzt wird, stehen nur noch die Umfassungswände. Gegenüber dem großen Turm auf der nördlichen Seite des Schloßhofes liegt der nördliche Torbau, welcher zugleich den Ausgang zur Stadt bildet.

Zwei äußerst malerische kleine Treppentürmchen, einer an der Nordseite, der andere an der Südseite gelegen, geben zusammen mit den heute leider vermauerten Fenstern der Kirche und dem großen südlichen Hauptturm dem Hof ein eigenartiges, aber höchst anmutiges Gepräge (Text-Abb. 5 u. 6). Wird das ganze Äußere des Schlosses beherrscht durch den großen Hauptturm (vgl. Abb. 5 Bl. 53), so bietet das Innere des Hofes mit seinen Treppentürmchen trotz aller Verunstaltung, welche diese erfahren haben, ein ebenso abgeschlossenes wie malerisches Bild. Die beiden Treppentürme sind wohl diejenigen Bauteile, die sich im allgemeinen noch am meisten ihre Ursprünglichkeit bewahrt haben, wenn man dabei absieht

von den erst im 19. Jahrhundert veränderten Türen. Eigentümlich muten die nach dem Hofe zu im Nordflügel angebrachten Galeriefenster an. Sie gehören einem im zweiten Obergeschoß befindlichen Gange an (Abb. 9 Bl. 53), der, wie aus der Gantzlaßschen Zeichnung und aus Text-Abb. 2 hervorgeht, eine Verlängerung nach dem Westflügel gehabt hat. Auch die Architektur des Kirchenflügels, die beherrscht wird durch die großen spitzbogigen Fenster

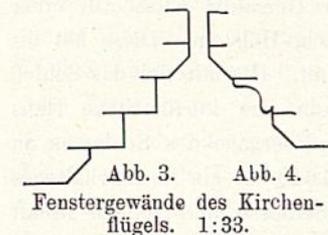


Abb. 2. Ansicht der Stadt Rügenwalde nach der Lubinschen Karte von Pommern im Jahre 1619.

und Türöffnungen (Gewände siehe Text-Abb. 3 u. 4), läßt in ihrer ganzen Gestaltung sowohl im Äußeren wie auch im Innern noch die ehemalige Anordnung erkennen. Daß

die Fensteröffnungen auch der beiden Obergeschosse (Abb. 4 Bl. 53) ursprünglich sind, geht aus einem Vergleich mit den entsprechenden Grundrissen hervor. In denselben sind die gemauerten Sitzplätze, die ehemals vorhanden waren, noch

zu erkennen, und diese sind zum Teil noch jetzt mit eichenen Sitzbrettern versehen. Gerade daß diese Sitznischen noch in aller Ursprünglichkeit vorhanden sind, ließe einen Schluß darauf ziehen, daß die 1777 von Gantzlaß geplanten Umänderungsbauten dieses Flügels nicht oder nicht in dem geplanten Umfange zur Ausführung gekommen zu sein scheinen.



Bezüglich der Kunstformen wäre anzunehmen, daß allerdings die oberen Stockwerke vielleicht zur Zeit der Renaissance

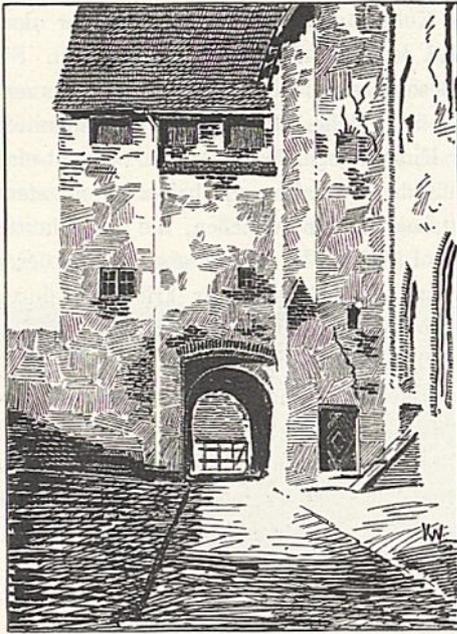


Abb. 5. Schloßhof, Ansicht des nördl. Torbaues mit Treppenturm.

einer durchgreifenden Erneuerung unterzogen sind. Die in den Teilzeichnungen (Text-Abb. 7 bis 9) dargestellten Einzelheiten entstammen fast sämtlich dem Kirchenflügel, welcher auch der einzige Bauteil ist, an dem noch wesentliche Bauglieder vorhanden sind. Daraus folgert, daß Kirche und die darüberliegenden Geschosse nicht gleichaltrig sein würden, wenigstens aber daß eine äußere Wieder-

herstellung des Oberbaues im 16. Jahrhundert stattgefunden hat. Vielleicht sind diese Umbauten im Jahre 1538 von Barnim XI. ausgeführt. Der Wiederherstellungsplan des

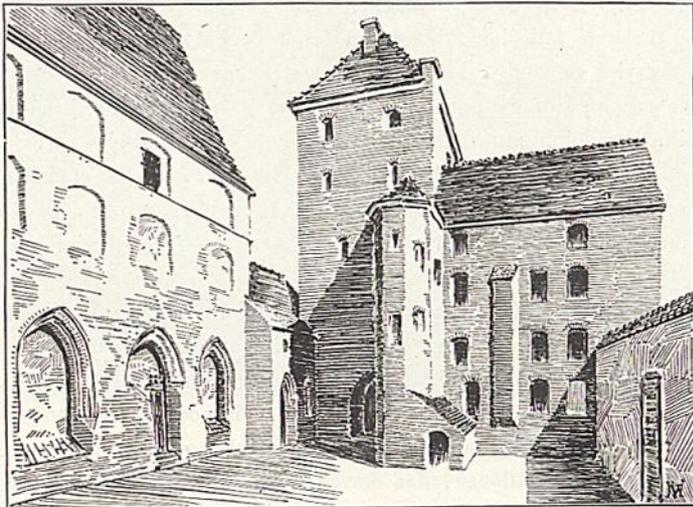


Abb. 6. Schloßhof, Ansicht von Norden.

Gewölbes ist nach einem in der Nordwestecke der Kirche vorhandenen Gewölbeanfänger (vgl. Text-Abb. 10) aufgestellt. Dieser Gewölbeanfänger und Spuren der Schildbögen in den Umfassungswänden sind die einzigen Beweise für die ehe-

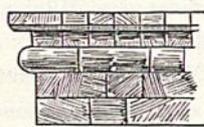


Abb. 7. Hauptgesims, Hofseite.

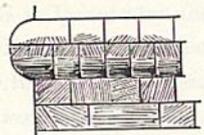


Abb. 8. Brüstungsgesims, 2. Obergeschoß.

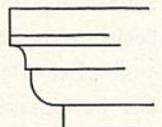


Abb. 9. Nordgiebel.

Abb. 7 bis 9. Gesimse vom Kirchenflügel. 1:33.

mals vorhandene Wölbung, sie genügen aber, um einen Wiederherstellungsplan des Ganzen zu ermöglichen. Außer den bereits erwähnten Profilsteinen befinden sich noch an dem nördlichen Torbau einige Gesimsformen (Text-Abb. 11

und 12), die gleichaltrig sind mit denen des Kirchenflügels. — Ebenso wie die Feldseite des Burgfrieds, so hat sich auch dessen Inneres noch ziemlich unberührt seine Ursprünglichkeit der Anlage bewahrt. Das kleine achteckige Treppentürmchen eröffnet vom Hof aus den Zugang zu demselben. Erst im zweiten Obergeschoß des Südbaues findet sich der Zugang zu den oberen Turmgeschossen des Burgfrieds. Man muß gestehen, daß die Anordnung dieses äußerst versteckt angelegten Zuganges an kluger Berechnung nichts zu wünschen übrig läßt. Unwillkürlich wird dadurch der Gedanke nahe gelegt, daß der Burgfried in Zeiten der Not der letzte Zufluchtsort der Verteidiger war. An sich bieten im allgemeinen die verschiedenen Räume nicht viel des Beachtens-

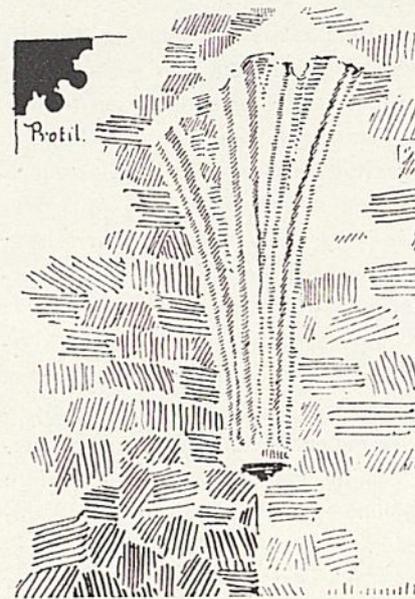


Abb. 10. Gewölbeanfänger.

werten. Im ersten Obergeschoß ist ein schönes, auf Rippen gewölbtes gotisches Kreuzgewölbe, dessen Schildbögen reich gestuft sind. Das Rippenprofil wird durch eine doppelte Hohlkehle gebildet. Über diesem Räume findet sich im zweiten Obergeschoße ein mit Halbkreistone überdecktes Gelaß mit einem nach der Außenseite liegenden zweiteiligen Fenster. Eigentümlich sind die zwei sich gegenüber-

liegenden Nischen. Im dritten Obergeschoß findet sich wieder ein mit Kreuzgewölben überdeckter Raum, vor dessen größter Wandnische eine gemauerte Lagerstelle angebracht ist (vgl. Abb. 8 Bl. 53).

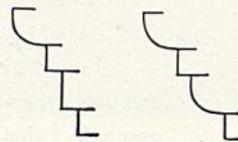


Abb. 11. Gesimsformen vom nördlichen Torbau. 1:33.

Eine eigenartige Anlage dagegen zeigen die beiden Obergeschoße des Turmes mit ihren Galerien, welche mit Tonnengewölben und in den Ecken mit Kreuzgewölben und Stichkappen überdeckt sind. Die vier übereinander-

liegenden Geschosse des an dem Burgfried liegenden Südbaues sind durch neuere Einbauten verunstaltet, die aus diesem Grunde in den Abbildungen auch fortgelassen sind. An sich bietet dieser Teil des Schlosses das geringste Interesse. Von Wichtigkeit ist die ehemalige Treppenanlage in der Außenmauer, deren Vorhandensein sich trotz der Vermauerung bei der Aufnahme noch feststellen ließ. Bestätigt wird das Vorhandensein dieser Treppenanlage durch die Gantzlaffschen Aufnahmen. Im Erdgeschoß findet sich merkwürdigerweise eine Tür mit gestuftem spitzbogigen Gewände, welche nach dem Gefangenhofe zu führen scheint, deren innere Leibung aber vermauert ist. Diese Türanlage wiederholt sich im ersten Obergeschoß des Südbaues nochmals. In diesem Obergeschoß scheint eine Kaminanlage neben der Treppe in der Mauer (Abb. 10 Bl. 53 bei B) gewesen zu sein. Die Türanlage findet in dem Inventar von 1648 ihre Bestätigung. Der unter dem Südbau des Schlosses befind-

liche Keller ist mit Halbkreistonne überdeckt, in welche eine lange Stichkappe für das einzige vorhandene Fenster einschneidet. Die unter dem Gefangenenhofe befindliche Kelleranlage ist aus dem Grundriß und dem dazugehörigen Schnitt (Abb. 2 u. 12 Bl. 53) ohne weitere Erklärungen verständlich.

Der nördliche Torbau und der Kirchenflügel (östliche Teil des Schlosses) gehören sowohl ihrer Fluranlage in den Obergeschossen wie auch ihres gemeinsamen Treppenhauses halber eng zueinander. Die Treppenanlage mit ihren verschiedenen Abzweigen ist besonders beachtenswert. Die Flure des nördlichen Torbaues lassen den Schluß zu, daß sie ursprünglich bis zu den beiden über der Kirche liegenden Obergeschossen verlängert gewesen sind und daß die Verbindungstüren erst später vermauert wurden. Diese Vermutung wird übrigens durch die Gantzlaffsche Zeichnung für das erste Obergeschoß bestätigt. An sich kann hier bezüglich der inneren Ausgestaltung auf die Abbildungen verwiesen werden. Der Saalbau im ersten Obergeschoß zeigt an der schmalen Nordwand eine eigenartige Nischenanordnung (vgl. Grundriß und Schnitt durch den Kirchenflügel, Abb. 3 u. 10 Bl. 53). Was diese Nischenbildung zu bedeuten hat, ist heute nur schwer noch zu sagen. Vielleicht ist es der Herrnsitz gewesen, wenigstens würde hierauf schließen lassen, daß in dem vorerwähnten Inventar vom Jahre 1648 dieser Saal als der „fürstliche Brötesahl“ bezeichnet ist. Wenn man hinzunimmt, daß der im

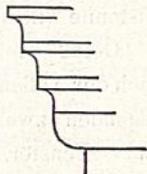


Abb. 13.  
Auskragung für den Abort an der Ohrstube. 1:33.

Nordflügel gelegene Gang zu den im Wipperflügel angeordneten Wohngemächern der herzoglichen Familie geführt hat, dann gewinnt diese Annahme des Herrnsitzes an Wahrscheinlichkeit. Über diesem Raum ist im zweiten Obergeschoß ein ebenso großer zweiter Saal gelegen, dessen Inneres eine eigenartige Nischenbildung auch an der Ostseite aufzuweisen hat. Bezeichnend ist, daß die eine dieser Nischen ursprünglich eine nach außen führende Tür gehabt hat, die zweifellos den Zugang zu einem Aborte bildete. Die Auskragung an dieser Stelle zeigt Text-Abb. 13.

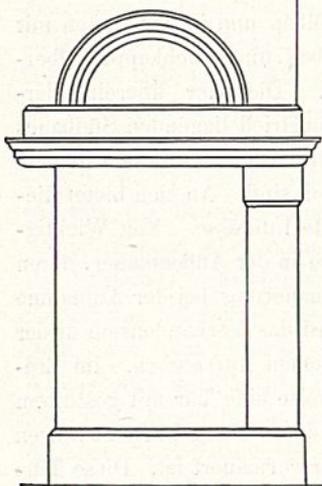


Abb. 14.  
Kamin im Zimmer des Prinzen Christian.

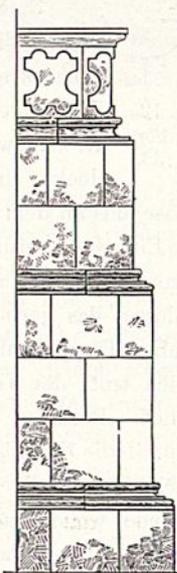


Abb. 15. Grünglasierter Kachelofen in der Musikantenkammer. 1:33.

In dem zweiten Obergeschoß des nördlichen Torbaues ist an der Ostwand ein gemauerter Kamin mit Gesimsbildungen aus dem 17. Jahrhundert erhalten (Text-Abb. 14). Daß der vor diesem Raum befindliche Gangursprünglich eine

Fortsetzung nach Westen gehabt hat, geht aus der Gantzlaffschen Zeichnung des vierten Obergeschosses hervor. Südlich des fürstlichen Bröte-

Saals liegt ein größerer Raum, in welchem sich ein grün glasierter Kachelofen befindet (Text-Abb. 15). Dieser Ofen dürfte der Zeit um 1600 entstammen.

Die sämtlichen Kellerräume, welche sich unter dem Schlosse befinden, sind durch die Abbildungen festgelegt. Sie bieten an sich nichts Besonderes. Ihre Decken sind mit Tonnengewölben überdeckt, in welche Stichkappen eingeschnitten sind. Der unter der Kirche liegende Kellerraum scheint eine Erhöhung seines Fußbodens erhalten zu haben, wenigstens läßt hierauf eine spitzbogige Tür schließen, die im Schnitte durch den Kirchenflügel (Abb. 3 Bl. 53) dargestellt und deren Höhe heute so gering ist, daß man nur kriechend durch dieselbe hindurchkommt. Das Inventar sagt über die Benutzungsart dieses Kellers merkwürdigerweise nichts.

So weit die Beschreibung der heute noch erhaltenen Bauteile des Schlosses, die durch die Abbildungen im übrigen klargelegt sind. Nur an der Hand des im Auszuge mitgeteilten Inventars von 1648 ist es möglich, einen Schluß auf die Benutzungsart der einzelnen Räume zu erhalten. Das Verzeichnis, welches mir durch das Königliche Staatsarchiv in Stettin zugänglich gemacht wurde, ist darum, mit Erläuterungen versehen, im folgenden der Hauptsache nach mitgeteilt.

#### Inventarienzverzeichnis des fürstlichen Witthumbs Rügenwalde de anno 1648.

„Fürstlich Hause in Rügenwalde, welches bestehet in vier Stockenen.“

Mit den „vier Stockenen“ ist gemeint, wie aus einem Vergleich mit den Abbildungen hervorgeht, daß das Schloß aus vier Gebäudeteilen besteht, welche um einen in der Mitte liegenden Hof gruppiert sind. Dieser Sprachgebrauch berührt im Vergleich mit dem heute üblichen eigentümlich.

„Die fürstliche Hofkirche, welche von unserem hochseligen Herren, Herrn Bogislaff XIV. et ultimo zu bauen angefangen. Der Flur (Fußboden) von eitel Quadersteinen.“

Ob mit diesem Fußbodenbelag ein solcher aus Granit oder gar Marmor gemeint ist, wird nicht weiter angeführt. Der jetzt noch erhaltene Fußboden ist aus 21/21 cm großen und 7 cm starken gebrannten Tonplatten hergestellt gewesen. Ganze Reihen dieser Platten finden sich noch als Fußbodenbelag. Die im folgenden mitgeteilte Bemerkung von Brüggemann läßt darauf schließen, daß der Fußboden der Kirche aus roten und weißen (glasierten) Ziegelsteinen hergestellt gewesen ist. Danach würde der heute noch teilweise vorhandene Fußbodenbelag sehr gut ursprünglich sein können. Allerdings ist es mir nicht geglückt, weiße Glasuren nachzuweisen, jedoch würde sich dies vielleicht doch herausstellen, wenn der Raum von dem unwürdigen Gerümpel, das heute darin zu finden ist, befreit würde. Der Raum dient dem Mühlenbesitzer als Stellmacherei und als Kornboden.

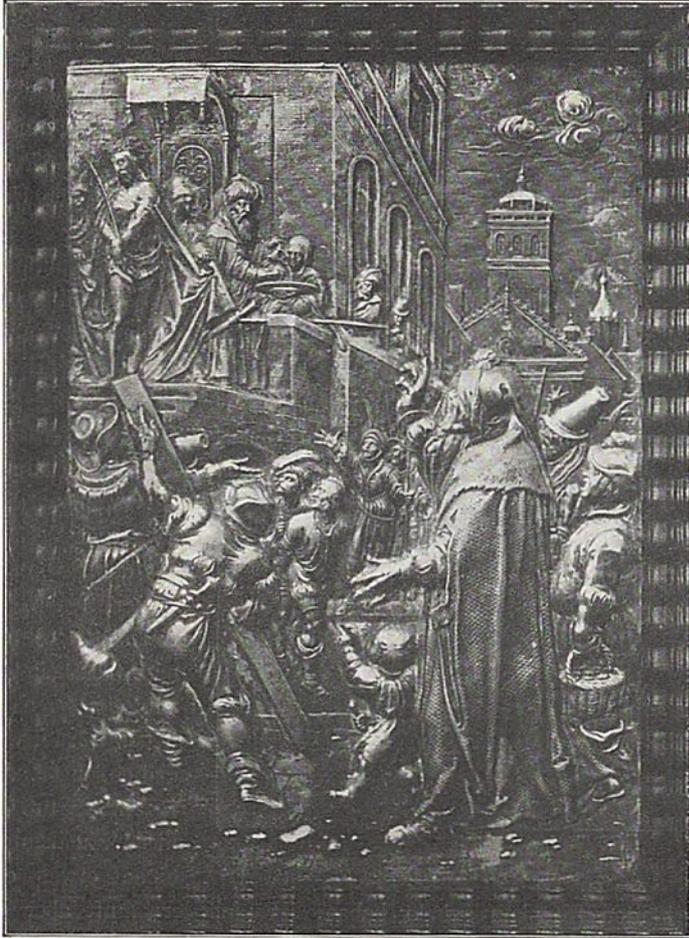
„Der Boden ist getäfelt und mit Maalwerk gezieret. Der Predigtstuhl ist zwar fertig gewesen aber nicht an seine Stelle gesetzt.“

Ferner sagt der Schreiber, daß außerdem alles an der inneren Ausstattung (der Altar, das fürstliche und allerlei andere Gestühle) so gewesen ist, daß es an nichts gefehlt habe, nur die Taufe hat gefehlt, weil sie bei dem Maler verbrannt ist.

Von der Decke (dem Boden) ist nichts mehr erhalten. Sie ist, wie bereits mitgeteilt, an die Stelle des zerstörten

Gewölbes gesetzt, aber nichts deutet mehr auf ihr Vorhandensein. Anders ist es dagegen mit der Kanzel und dem Altar. Eine Beschreibung beider Ausstattungsstücke ist in Brüggemann wiedergegeben. Er sagt davon:

„Der Altar in dieser Kirche ist mit seinen Säulen von schwarzem Ebenholz erbauet, inwendig aber mit ächten silbernen Platten von getriebener Arbeit und verschiedener Größe geziert. Die oben in der Spitze in der Länge und Breite eines halben Bogens angebrachte stellt David mit der Harfe dar. . . . Außer diesen sind viele kleine sowohl silberne als güldene Engelköpfe, Blätter, Rosen und anderes



tumskunde Pommerns (Festschrift zum fünfundsiebenzigjährigen Jubiläum des Prof. H. Lemke) gegeben. In letzterem Werke findet sich auch eine vorzügliche Darstellung der Platte mit dem in Wolken sitzenden, die Harfe schlagenden König David.

Der Name des Künstlers, den Brüggemann angibt, wird auch von Lessing bestätigt. Die hier gegebene Text-Abb. 16 zeigt die beiden Platten der Geißelung und der Kreuzigung Christi. Von der Kanzel, die von einer überraschend schönen Formgebung und Anordnung sowohl im einzelnen wie in der Gesamtheit zeugt, möge die Text-Abb. 17 (S. 399) Zeug-



Abb. 16. Platten des Rügenwalder Silberaltars.

Blumenwerk. Der Künstler Johann Körner aus Braunschweig soll dieses Werk in Stettin nach den ihm vom Herzoge Philipp II. vorgelegten Kupferstichen verfertigt haben und 1607 über der Arbeit gestorben sein. — Die Kanzel fällt sowohl wegen ihrer sauberen Bildhauerarbeit, als auch der Malerey und besonders der reichen Vergöldung gut in die Augen. Der Stuhl oder das sogenannte Chor der ehemaligen fürstlichen Hofbeamten ist mit gewürkten Tapeten beschlagen, und die Wände sind mit schönen Gemälden behangen, unter welchen die von Lucas Kranach verfertigten Gemälde Luthers und Melanchthons die vorzüglichsten sind. Die Decke ist schön auf Leinwand gemahlet und der Fußboden mit vier-eckigten weißen und braunen, in Form eines Brettspiels gelegten Quadersteinen bedeckt.“

Über den Silberaltar selbst sind eingehendere Beschreibungen in Kuglers pommerscher Kunstgeschichte und vor allem eine kurze aber äußerst eingehende Darstellung von Julius Lessing in den Beiträgen zur Geschichte und Alter-

nis ablegen. Die Engelsfigur, welche die Kanzel trägt, gehört wegen des Adels ihrer Bewegung unzweifelhaft zu den hervorragendsten Schöpfungen der deutschen Renaissance auf pommerschem Boden. Der Altar ist heute sehr unglücklich auf dem Altartisch in der Marienkirche in Rügenwalde aufgestellt, während sich die Kanzel in der Gertraudenkapelle befindet. Von der Decke und dem fürstlichen Gestühl ist nichts mehr vorhanden. Bei der Formenschönheit von Altar und Kanzel ist dieser Verlust äußerst bedauerlich, da wohl angenommen werden kann, daß beide ähnliche Schönheiten aufzuweisen gehabt haben.

Wegen der Decke scheinen zwischen Brüggemann und dem Inventar von 1648 einige Widersprüche zu bestehen. Während das letztere ausdrücklich von einer getäfelten und gemalten Decke spricht, führt ersterer nur eine solche auf Leinwand gemalt an. Ob da vielleicht später noch wieder eine Umgestaltung der Decke im 18. Jahrhundert stattgefunden hat, läßt sich nicht mehr nachweisen.

Das Inventar fährt dann weiter fort: „Neben der Schloßkirche ist die Silberkammer, mit einer Luft von 4 Fenstern, eisernen Gattern, 2 Thüren, 1 Spind und 1 Kachelofen. Vor der Silberkammer 1 Vorgang mit 2 Fenstern. — Ueber der Silberkammer ist die Angstkammer.“

Aus dem Grundriß des Erdgeschosses geht die Lage dieser drei Räume ohne weiteres hervor, wenn man statt des Wortes „über der Silberkammer“ setzt gegenüber auf der anderen Seite des Vorganges.\*) Demnach hat also die Silberkammer und ihr Vorgang südlich der Kirche gelegen, während die Angst- oder Folterkammer schon im Burgfried lag. Daß der Schreiber des Inventars das Gefühl gehabt hat, als wenn die Folterkammer auch zum gleichen Gebäudeteil wie die Kirche gehört, mag bei der eng zusammengedrängten Lage von Burgfried und Kirchenflügel zu erklären sein. Der Zugang zur Folterkammer erfolgt heute von der Durchfahrt aus und wird wohl auch früher an derselben Stelle gelegen haben, wenigstens scheint die Tür ursprünglich zu sein, und nichts deutet darauf hin, daß früher ein anderer Zugang gewesen ist.

„Oben der Schloßkirche ist der fürstliche Bröte Sahl. Darauf sind bei der Übergabe gefunden 3 rote und 1 grüner Tisch, 2 lange Tafeln, alle Banken . . . 14 Hirschköpfe mit Geweihen, 2 fertige Kachelöfen, der eine weiß, der andere grün, 11 Fensterluften, in jeder Luft 6 Fenster 2 fertige Thüren mit Hängen und Schlössern sowie der Trompeter und Musikantengang. Hinter dem großen Sahl ein Vorgemach mit 2 Kamminen, darinnen 1 Luft von 6 Fenstern. Item der Musikanten Kammer dafür 4 große Fenster in den großen Sahl gehende.“

Danach haben wir es im ersten Obergeschoß mit derselben Grundrißeinteilung zu tun, wie im Erdgeschoß des Kirchenflügels. Die Anzahl der Fenster allerdings läßt sich aus dem heutigen Grundriß nicht mehr herausrechnen. Ist vielleicht mit einer Fensterluft ein Fensterflügel gemeint, dann würde unter der Annahme, daß in der nördlichen Wand noch ein einflügeliges Fenster mit sechs Scheiben gewesen ist, allerdings die Zahl sich ergeben. Daß in der Ostwand des Saales keine Fenster angenommen werden können, geht

\*) Diese Lesart des Wortes „über“ gibt allein Sinn, denn die oben über der Silberkammer gelegenen Räume können nicht gemeint sein, wie aus der Beschreibung der dort befindlichen Gemächer hervorgeht.

einmal aus der Beschaffenheit des Mauerwerks hervor, dann aber auch daraus, daß in der Gantzlaffschen Zeichnung ausdrücklich an dieser Stelle angedeutet ist, daß hier erst Fenster durchgebrochen werden sollen. Die eigentümliche Nischenarchitektur in der Nordwand des Brötesaales ist auch hier nicht erklärt. Zwischen dem Saal und dem Vorzimmer sowie dem Musikantenzimmer ist danach noch ein Gang zur Aufstellung der Musikanten bei festlichen Gelegenheiten gewesen, der sich nach dem Saale in vier großen Bogenstellungen geöffnet hat. Diese Bogenstellung würde, wenn eine massive Ausführung zugrunde gelegt wird, zur Folge haben, daß in der Kirche an gleicher Stelle ein stärkerer Gurtbogen gewesen wäre, der übrigens als Triumphbogen sich sehr gut erklären ließe. Die heute an der Stelle sowohl oben wie unten befindliche Mauer läßt durch ihren starken Putz vorläufig die Untersuchung zu keinem endgültigen Abschluß gelangen. Daß aber an keine Holzkonstruktion gedacht werden kann, mag daraus hervorgehen, daß sonst der Verfasser des Inventars zweifellos von zierlich gedrehten oder bearbeiteten Säulen gesprochen haben würde, wie er dies sonst a. a. O. regelmäßig tut. Ob die Musikanten einen etwas er-

höhten Sitzplatz gehabt haben, ist nicht erwähnt, aber es ist wohl anzunehmen. Durch diesen Musikantengang gewinnt die Annahme, daß die gegenüber im Brötesaal angeordnete doppelte Bogenstellung ursprünglich ein Herrensitz gewesen ist, noch an Wahrscheinlichkeit. Dieser Sitz ist übrigens 15 cm höher als der Fußboden des Saales. Auch die Treppenverbindung des nördlichen Treppenturms läßt durch seinen in die Ecke gehenden Lauf auf eine derartige Benutzung des Raumes schließen. Wie aus der Gantzlaffschen Zeichnung hervorgeht, hat der Vorgang vor dem Nordflügel tatsächlich eine Verlängerung bis zum Brötesaal aufzuweisen, und dieser Flügel, hat ursprünglich Wohngemächer enthalten, oder der Gang vor ihm hat zu solchen geführt, wie dies im weiteren aus dem Inventar erhellt.

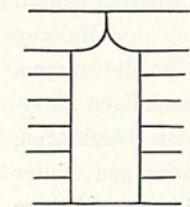


Abb. 18. Fenster im nördl. Treppenturm.

Ein bemerkenswertes kleines Fenster des nördlichen Treppenturmes zeigt Text-Abb. 18.

„Oben dem größeren Sahl ist von der Stockwerks . . . (hier befindet sich ein nicht zu entzifferndes Wort) das grüne

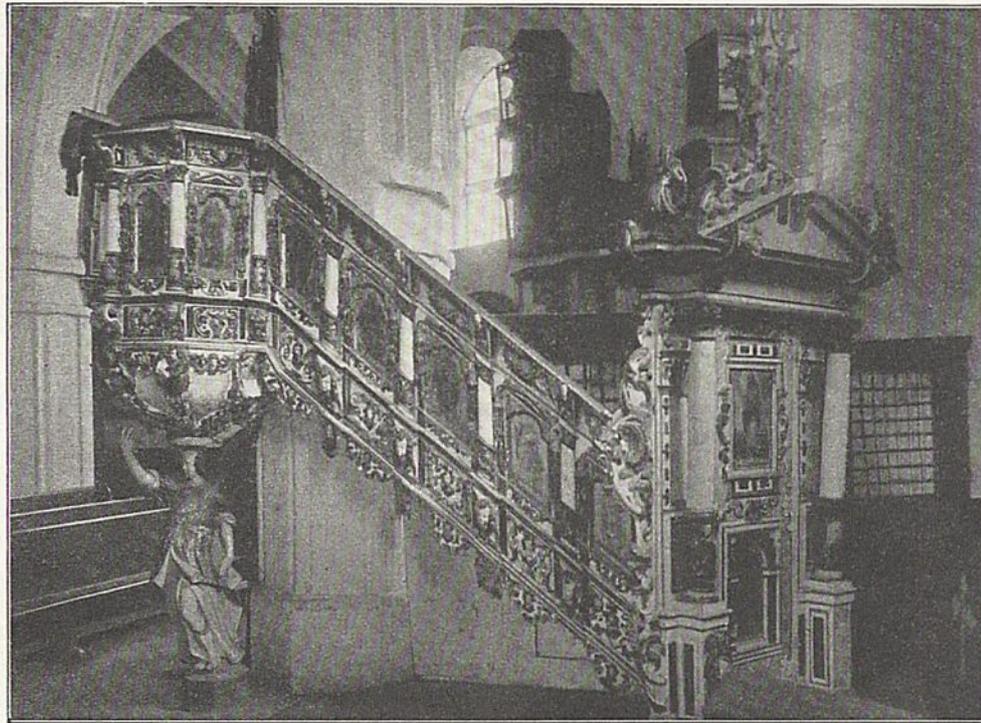


Abb. 17. Kanzel.

Logiament. 2 Fensterluften, jede zu 6 Fenstern, 1 Kachelofen, 1 Kammin (welcher aber erst eben gefertigt ist), 2 fertige Thüren mit Hangern und Schloßern. Hierbei eine Kammer mit 2 großen Bettständen, 4 Fensterlufte jede zu 6 Fenstern. Noch eine Kammer zur Ohrstube gehörig mit 2 Bettständen, 4 Fensterlufte mit je 6 Fenstern. Hiernegst folgt die Ohrstube nach dem Garten mit einem Tisch und dazu gehörigen Banken, 4 Fensterlufte mit je 6 Fenstern und einem mit 4 Fenstern. An den Wänden haben sie kleine schwarze Gesimse umbher. 1 Kachelofen, Kammine, 3 fertige Thüren mit Hangern und Schloßern.“

Die Erklärung des zweiten Obergeschosses bezüglich der Reihenfolge bietet dadurch Schwierigkeiten, als hinter „ist von der Stockwerks . . .“ ein Wort unleserlich in der Urkunde ist. Eine Orientierung ist nur dadurch gegeben, daß die Ohrstube nach dem Garten zu gelegen hat. Der Garten kann nach dem Lageplan aber nur an der südöstlichen Ecke

dieses Flügels gewesen sein. Danach wäre also der Raum über dem Musikantengang und über der Musikantenkammer, der jetzt mit einem übrigens neueren Dachüberdeckt ist, früher, wie diese Annahme auch durch die Gantzlaffsche Zeichnung bestätigt wird, ebenfalls mit den andern Räumen unter einem Dach gewesen. Die Bauweise der

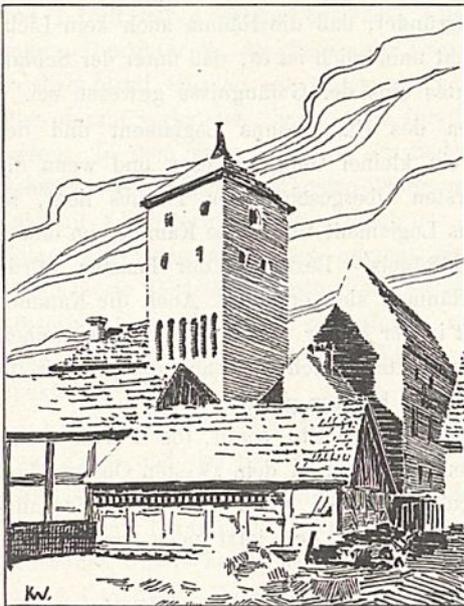


Abb. 19. Ansicht des Kirchenflügels und Burgwärts von Süden.

jetzigen Giebelwand des höher liegenden Gebäudeteils läßt die Annahme bestätigen, daß sie erst später eingefügt sein muß. Vgl. die Ansicht Abb. 5 Bl. 53 und Text-Abb. 19. Unter diesen Voraussetzungen würde die Ohrstube in dem nicht mehr vorhandenen Gebäudeteil zu suchen sein. Auch bezüglich der Fensteranlage würde das mit der Gantzlaffschen Zeichnung übereinstimmen, nämlich zwei zweiflügelige Fenster mit je sechs Scheiben und einem zweiflügeligen, nach dem Hof führenden mit je zwei Scheiben.

Außerdem sind in dem zweiten Obergeschoß des Kirchenflügels vorhanden das grüne Logiament mit einem zweiflügeligen Fenster, dazu gehörig eine Kammer mit zwei zweiflügeligen Fenstern und neben der Ohrstube, zu dieser gehörig, noch eine Kammer mit zwei zweiflügeligen Fenstern. Die Wandteilung der Nordwand des grünen Logiamentes ist heute vollständig unverständlich. Wie aus der Gantzlaffschen Zeichnung hervorgeht, scheint auch hier der Gang des Nordflügels eine Verbindung mit dem grünen Logiament gehabt zu haben. Möglicherweise ist in der Nordwand eine Kaminanlage gewesen.

In der nach dem Hof gelegenen Wand würden dadurch also im ganzen fünf Fenster gewesen sein, und das ist auch

noch heute der Fall. Verteilt man, wie angegeben, die Fenster auf die einzelnen Räume, dann läßt sich deren Anordnung in der angegebenen Weise vornehmen.

Das grüne Logiament und die dazu gehörige Kammer sind von den nördlichen Treppenturm zugänglich gewesen, dagegen sind die Ohrstube und ihre Kammer durch einen hölzernen Verbindungsgang, der, wie später aus dem Inventar hervorgeht, vor dem Burgfried vorbeigeführt hat, mit dem Südflügel verbunden gewesen.

Während Bemerkungen über die innere Ausstattung der Räume sonst fast an keiner Stelle des Inventars sich finden, ist hier von der Ohrstube besonders angeführt, daß an den Wänden kleine schwarze Gesimse (wohl aus Holz) angebracht waren. Das läßt darauf schließen, daß diese Räume wohl auch eine besondere Benutzung erfahren haben. Die Kammern sind, wie aus den zwei in jeder vorhandenen Bettständen sich ergibt, Schlafräume und die davorgelegene Ohrstube und das grüne Logiament sind Wohngemächer gewesen. Die tiefen Wandnischen besonders in den Kammern ergeben sich danach als Alkoven, in denen die Betten gestanden haben.

Derartige in die Zimmer eingebaute Alkoven sind übrigens in Pommern in allen alten Bauernhäusern auch heute noch ganz allgemein zu finden. Es entsprach diese Anordnung durchaus allgemein verbreiteten Gewohnheiten.

Obleich der Inventarienschreiber die Abortanlage neben der Ohrstubenkammer nicht besonders erwähnt, ist es doch erklärlich, daß neben dem vornehmeren Schlafgemach auch ein Abort gewesen ist. Der Grund für die Unterdrückung dieses Raumes kann darin gelegen haben, daß irgend welche bemerkenswerte Einrichtung nicht darin gewesen ist. Wie bei allen mittelalterlichen Aborten an Burgen, so wird auch hier der gemauerte Sitz frei über der Luft angebracht sein.

Daß die beiden Kammern untereinander keine Verbindung gehabt haben, geht daraus hervor, daß bei ihnen keine Tür besonders genannt wird, während die zu den Kammern führenden bereits bei der Ohrstube bzw. dem grünen Logiament aufgeführt sind. Merkwürdig ist hierbei allerdings, daß die Ohrstube drei Türen aufweist. Nicht unwahrscheinlich wäre es, daß mit der einen die zum Abort führende Tür gemeint ist. Anders läßt sich wenigstens die dritte Tür gar nicht erklären.

„Über der grünen und Ohrstube auf dem alten Frauenzimmer unter dem Dach ist Fenster bodenloos; aber unter gutem Dach.“

Über diesem zweiten Obergeschoß hat sich damals ebenso wie auch heute der Dachboden befunden, auf dem noch Kammern für das weibliche Gesinde angeordnet waren. Die Zwischendecke zwischen dem Dachboden und dem zweiten Obergeschoß fehlt jetzt.

„Der ander Stock. In dem 2ten Stock von oben zu nach dem Garten werts ist der Thurm gedeckt mit . . . in der Spitze. Darin eine feine Schlagglocke, hierunter eine Uhr, die aber schon ziemlich alt und abgelaufen ist. Hiernegst die alte Pulver- und Rüstkammer (folgt Beschreibung des Inhaltes derselben). In dieser Rüstkammer sind 6 Fenster und 2 Luften mit schwarzen Beschlägen. Unter der Rüstkammer ist die alte Apotheke, worin 1 fertiger Kachelofen

(folgt Beschreibung der Apothekeneinrichtung), 6 Fensterlufte mit fertigen Fenstern.

Sonst befinden sich zwischen dem ersten und zweiten Stock drei Gänge mit hölzernen gedrehten Säulen. Der unterste führt zur Kirchen, der mittelste nach dem großen Saal, der dritte nach der Ohrstube. Unter der Apotheke im 2ten Stock ist noch 1 Logiament, worin der Hauptmann wohnt, in demselben sind 2 Fensterlufte, jede mit 6 Fenstern. In der Kammer daneben 1 Luft mit 4 Fenstern. Unter demselben . . . . 2 Fleischkammern, darin 3 Lufte mit 12 Fenstern, hierunter der Weinkeller.

Zwischen des Herrn Hauptmanns Logiament und der Gerichtsstube befindet sich ein kleiner Gang und 1 Kammer mit 1 Himmelbett und einer andern kleinen Bettstade in der Mauer nebst 1 Luft mit 4 Fenstern.

Die Gerichtsstube ist gewölbt mit 4 Fensterlüften, 2 mit 6, 2 mit 4 Fenstern, 1 fertiger Kachelofen, umbhere Paneelte mit Recheln.

Unter der Gerichtsstube ist das Thor, woselbst ein kupferner . . . (?)

Neben dem Thore die Kalchkammer, (?) darüber anjetzo die neue Rentherey, 11 Fuß tief, 11 lang, 11 hoch, 3 Fensterlufte, jede mit 4 Fenstern und eisernem Gitterwerk, 1 eiserne Lade mit 5 Gliedern.

Hierbei eine Schlafkammer, darinnen ein Bettstand, 1 Luft mit 4 Fenstern und eisernen Gittern.

Unter dem Thore nach dem Backhause auf der linken Seite sind 2 Gefängnisse. Noch ein Gefängnis liegt unter den Stiegen nach der Gerichtsstube.“

So weit die Beschreibung dieses Stockwerkes im Inventar. Wenn unter der Gerichtsstube das Tor liegt, so muß mithin, da auch diese selbst gewölbt ist, die Gerichtsstube im ersten Obergeschoß des Turms gelegen haben. Aus der jetzigen Anlage lassen sich die zwei Fensteröffnungen, die vorhanden gewesen sein sollen, nicht mehr nachweisen. Jetzt ist nur noch ein Fenster nach der Außenseite vorhanden, die Gantzlauffsche Zeichnung aber gibt noch diese zwei Fenster, von denen das zweite nach dem Hofe angebracht war. Überhaupt scheinen in diesem Raume in letzter Zeit noch bedeutende Umänderungen vorgenommen zu sein, da der Raum auf der Gantzlauffschen Zeichnung eine vollständig andere Gestalt aufweist wie in der Aufnahme von 1896. Auch bei der Gerichtsstube findet sich eine Andeutung über etwas reicheren inneren Ausbau mit hölzernen Wandbekleidungen. Die alte Gerichtsstube ist heute für den Gefangenwärter die Küche. Die schönen gotischen Gewölbe, welche der Raum hat, geben bei dem eigentümlich dunklen Licht, welches durch das eine jetzt noch vorhandene Fenster einströmt, dem Raume etwas ungemein Ernstes, zu dem die heutige Benutzung nicht recht stimmen will.

Im Erdgeschoß des Südflügels (westlich vom Burgfried) müßte demnach die neue Rentherey mit der dazu gehörigen Schlafkammer gelegen haben. Diese Räume sind heute nicht mehr vorhanden. Überhaupt scheinen die baulichen Veränderungen in diesem Teile des Schlosses ziemlich umfassend gewesen zu sein. Endgültige Schlüsse, wie die Räume ursprünglich zueinander gelegen haben, sowie über ihre Abmessungen lassen sich erst vornehmen, wenn der gesamte Putz von den Wänden geklopft ist. So lange kann nur im

allgemeinen ein Rückschluß auf Lage und Größe der Räume vorgenommen werden. Das Rentamt wird jedenfalls so gelegen haben, daß es nach dem Schloßhof angeordnet war, während die dazugehörige Schlafkammer nach außen gerichtet gewesen ist.

Was die Kalchkammer zu bedeuten hat, ist nicht ersichtlich. Jedenfalls hat sie der Angstkammer gegenüber auf der westlichen Seite im Turm gelegen. Unter der Folterkammer würden, wie das noch zu sehen ist, zwei Gefängnisse gewesen sein. Hier ist heute noch ein größeres Kellerloch ohne Fenster. Daraus, daß auch auf der anderen Seite (jedenfalls ist die andere Seite des Turmes gemeint) ein Gefängnis gelegen hat, liegt die Annahme nahe, daß auch die Kalchkammer unterkellert gewesen wäre. Jetzt ist eine Unterkellerung nicht mehr vorhanden. Das dritte Gefängnis ist unter dem südlichen Treppenturm gelegen. Auch dieser Raum ist nicht mehr vorhanden oder nicht mehr zugänglich. Darauf, daß bei den Gefängnissen keine Fenster angegeben werden, ist die Annahme begründet, daß die Räume auch kein Licht erhalten hatten. Nicht unmöglich ist es, daß unter der Schlafkammer des Rentamtes eins der Gefängnisse gewesen sei.

Wenn zwischen des Hauptmanns Logiament und der Gerichtsstube noch ein kleiner Gang gewesen und wenn die Gerichtsstube im ersten Obergeschoß des Turmes liegt, so liegt des Hauptmanns Logiament und seine Kammer im ersten Obergeschoß des Südflügels. Bezüglich der Fenster würde dies auch aus den Räumen sich ergeben. Auch die Kammer mit dem Himmelbett in der Mauer würde sich hier einreihen lassen. Dieser Raum hätte danach ein nach der Außenseite des Schlosses gerichtetes Fenster gehabt.

Das dritte Obergeschoß hätte somit die Pulver- und Rüstkammer enthalten, während in dem zweiten Obergeschoß die alte Apotheke gelegen hätte. Auch die Anzahl der aufgeführten Fenster stimmt mit der jetzt noch vorhandenen überein.

Bei der Aufzählung der Räume des Südflügels werden auch die vorher schon angeführten hölzernen Verbindungsgänge zwischen diesem und dem Kirchenflügel erwähnt. Die Gänge sind nicht mehr vorhanden, sie müssen aber ursprünglich eine ziemlich reiche Ausbildung gehabt haben. Der oberste Gang hat von der Apotheke nach der Ohrstube geführt, der mittlere von dem Vorflur der Gerichtsstube bezw. des Hauptmanns Logiament nach dem vor dem Musikantengang gelegenen Vorgemach und der unterste von der neuen Rentherey nach der Kirche. Bauart und Zweck dieses unteren Ganges ist allerdings nicht recht verständlich.

Neben dem Rentamte befanden sich endlich die beiden Fleischkammern, die sich bezüglich ihrer Fensterzahl noch mit der heutigen Anlage in Einklang bringen lassen.

Der unter dem südlichen Flügel gelegene Keller ist der Weinkeller gewesen.

Merkwürdig ist bei dem Text des Inventars, daß die oberen Turmgeschosse nicht die geringste Erwähnung finden. Außer der Uhr ist nichts erwähnt. Welchen Zwecken diese Räume gedient haben, ist also nicht mehr festzustellen. Fast erweckt es den Anschein, als wenn ebenso wie die Treppen in der Südmauer des Südflügels dem Schreiber des Inventars diese Räume verheimlicht sind und er die Beschreibung von Uhr und Glocke nur nach dem Hörensagen

wiedergibt. Gerade diese Räume haben sich ihre vollste Ursprünglichkeit bewahrt. Nicht unmöglich ist es, daß hier Schätze aufbewahrt wurden, deren Aufenthaltsort in den damaligen unsicheren Zeiten niemand ahnen sollte. Oder aber die Bestimmung der Räume ist eine solche gewesen, daß sie das Licht der Öffentlichkeit scheuen mußten.

„Der dritte Stock. Hier ist ein kleiner Durchgang zum dritten Stock von oben zu mit 2 fertigen Thüren in Hang und Schließern. Darauf folgt das Logiament . . . Leibgemach gegen dem Frawen-Zimmer, worinnen 1 Kachelofen, 2 Luft mit je 4 Fenstern, wobei das Kunststübechen mit 3 gedoppelten Richeln, 3 Fensterlüfte jede mit 4 Fenstern. Die Flure alle mit Ziegel und gebrannten Fliesen wohlbelegt. Hierbei befindlich 1 Schlafkammer nach dem Platze, darinnen 1 Kammin, 2 Fensterlüfte je 4 Fenster. Hierneben ist die kleinere Küche gewandt nach der Mühlenwärts mit 11 Luft von je 6 Fenstern, allenthalben fertigen Thüren mit Hangern und Schließern. Hiernebst nach dem Backhause 1 Kammer und 1 Luft mit 4 fertigen Fenstern, 1 Bettstade mit 1 Auszuge. Hierunter ist die Badestube jetzo die neue Apotheke, so ihre fürstl. Gnaden zur Apotheken gelegt mit 4 Fenstern. Was darauf vorhanden, haben Ihre fürstl. Gn. darauf bringen lassen. In dem Vorgemach vor der Badstube ist ein groß rot Schapf, 1 roter Tisch und grüne Bänke umbher nebst 2 Luft jede mit 4 Fenstern, gegenüber nach der Apotheken 5 Fenster. Folget ein Gang nach Ihrer herzogl. Gn. Logiament, darin 1 gemauerte Bettstätte. Außerhalb diesem Stock ist oben ein hölzerner Gang mit hölzernen Säulen gedreht, worauf man nach dem Lachsfang und der Wipper einen lustigen Prospekt hat.

Ihrer fürstl. Gn. Leibgemach ist ganz fertig mit steinerem Tisch und das andere alles haben Ihre f. stgl. Gn. darin geschaffet mit 2 Fensterlüften jede mit 4 Fenstern, 1 fertiger Kachelofen, 1 Kammin. Hierbei ein Vorgemach mit 1 durchbrochenen Unterscheidt, darinnen auch 1 Kammin und 1 Luft mit 4 Fenstern. Unter dem Leibgemach ist die Küchstube, worin 1 Luft mit 4 Fenstern, eisernen Gittern, 1 fertigen Ofen, 1 Spind mit 2 Thüren und Richeln. (Das ganze Küchengerät wird beschrieben.)

Vor der Küchstube 1 Kammer, worinnen 1 Luft mit 4 Fenstern, eisernen Gittern, 1 Bank, fertige Thüren mit Hangern und Schließern.

Negst dieser großen Küchen eine kleine Backstube, welche jetzo des Kochs Logiament ist mit fertigen Ofen und Thüren nebst Hangern und Schloß. 4 Fenster.

Kleine Küche worinnen 4 Fenster und 1 eisernen Gitter dafür. Hiernebst die große Ritterstube nach der Mühlen, darinnen 1 lange Tafel, 1 Tisch, Banken herumb. 1 alter Kachelofen, sodann auch 4 Luft, jede mit 6 Fenstern und 2 eisernen Gittern. Eine Kammer hierbei, so aber in den vierten Stock gehöret, worinnen 6 Fenster und 2 eiserne Stangen. Dafür mit fertigen Thüren, Hangern und Schließern.

Über der großen Küche ist der Stechboden mit 4 Luft, darinnen 16 Fenster. Über dem Stechboden die Eßstube worinnen 3 Luft jede mit 4 Fenstern. Hierbei eine Nebenkammer darinnen 6 Fenster, 1 Bettstade.

Für der Eßstube sein 2 große gemalte Schreine nebst einem kleinen Kammerchen mit gitternen Thür, Hangern und Schloß.

Ober der Eßstube ist das Frawen-Zimmer. Vor demselben ein groß Kleiderschaf noch 1 alt Kleiderspint, 1 klein Kammerchen item 1 Luft darinnen 4 Fenster.

Auf dem Frawen-Zimmer sein 2 Tisch, ein lange, 1 kurze Bank, 4 Kammin, 1 Richel, 4 Luft jede mit 4 Fenstern, 3 Thüren mit fertigen Hangern und Schließern. In der Kammer nebst dem Frawen-Zimmer 3 große Bettstaden, 2 Fensterlüfte mit 4 Fenstern.

Oben den Frawen-Zimmer ist ein Boden allenthalben fertig unter dem Steindach. Alles unter diesem dritten Stock ist der große Kostkeller noch ein klein Keller und 1 klein fertig Stübechen.“

Von dem ganzen dritten Stock oder dem nach der Wipper zu gelegenen westlichen Flügel ist nichts mehr außer dem Keller und einigen traurigen Umfassungswänden des Erdgeschosses vorhanden. Die letzteren sind in sehr praktischer Weise zu den Gefängnishofmauern verwendet. Den einzigen Anhalt über die Lage der ehemaligen Räume bietet noch die Gantzlaßsche Zeichnung der vierten „Etag“. Es ist gerade bei dem vollständigen Fehlen dieses Flügels sehr bedauerlich, daß Gantzlaß sich nur mit der Aufnahme des vierten Stockwerks begnügt hat. Es kann demnach nur nach dem Inventar der Versuch gemacht werden, die Räume in den einzelnen übereinanderliegenden Stockwerken festzulegen. Auch hierbei geht das Inventar etwas durcheinander.

Im Erdgeschoß waren untergebracht: die große Küche — Kammer — die kleine Backstube — die kleine Küche — die große Ritterstube — eine Kammer, die aber schon zum Nordflügel gehörte.

Im 1. Obergeschoß: Badestube — Vorgemach — Gang — Leibgemach, davor ein Balkon — ein Vorzimmer — Stechboden.

Im 2. Obergeschoß: Leibgemach — Kunststübechen (Abort?) — Schlafkammer — kleine Küche — Kammer — Eßstube — zwei Kammern.

Im 3. Obergeschoß: Frauen-Zimmer — eine Kammer. Darüber lag der Boden.

Im Kellergeschoß war außer dem Kostkeller noch ein anderer Keller und ein kleines Stübchen.

Auch dieser Flügel des Schlosses hat ein festes Steindach gehabt.

„Der vierte und letzte Stock. Von oben fertig unter dem Steindach. Unter demselben ein fertig Logiament, darauf der Schneider wohnt, worauf 1 groß grün Kleiderspint, 2 Tische, 2 Banken, 8 Fenster, 1 Kachelofen, 2 fertige Thüren mit Hangern und Schließern, 2 Richeln. Hierbei 1 Schlafkammer worin 1 Bettstade, 8 Fenster. Vor diesem Logiament ist ein Gang. Hierunter ist des jungen Prinzen Christian von Holstein Logiament. Alles in fertigem Stande nebst der dabei befindlichen Schlafkammer. Vor des Prinzen Logiament ist ein Gang nach dem Frawen-Zimmer. Unter demselben ist die kleine Eßstube, darinnen 1 Kachelofen, 1 Kammin mit fertigen Richeln, Banken, 4 Luft mit 16 Fenstern, 1 Tisch, 1 Spind mit 2 fertigen Thüren, Hangern und Schließern. Hierbei ist eine Kammer als ein unfertiger Sahl mit 5 Luft, jede mit 5 Fenstern mehrenteils ganz unfertig und ganz weg. Hiervor ist ein gantzer Übergang (?) inwendig mit Ziegeln bedeckt und von Ihrer f. stl. Gn. vergangenen Jahr allererst verfertigt.

Alles unter dem 4ten Stock ist die Thorbürde darinnen 3 kleine Fensterchen mit eisernen Gittern, 1 Spind, 1 Schlagtisch, 1 Bettstander nebst 1 Ofen, fertigen Thüren mit Hang und Schlößern, wie auch ein Viehstall (dazu ist von späterer Hand hinzugefügt: gegenüber eine Holzkammer).“

Aus einem Vergleich dieser Beschreibung mit den beiden Aufnahmezeichnungen von 1777 und 1896 und der von Lubin gegebenen Ansicht des Schlosses ist ersichtlich, daß in den Obergeschossen dieses Stockwerks im 17. Jahrhundert dort nicht mehr vorhanden gewesen sein kann wie jetzt. Der im zweiten Obergeschoß der Aufnahme von 1896 vorhandene Gang hat ehemals eine Verbindung zwischen dem Kirchenflügel und dem West- oder Wipperflügel hergestellt, hat also eine Fortsetzung nach Westen gehabt. Außerdem hat der Nordflügel früher drei Obergeschosse gehabt, während er jetzt nur zwei besitzt. Daß der Flügel ursprünglich höher gewesen sein muß, geht außerdem auch noch aus der Lubinschen Zeichnung (Text-Abb. 2) hervor. Die Einteilung aller Geschosse untereinander ist eine vollkommen gleichmäßige, es ist stets ein größeres Zimmer und eine von ihr zugängliche Kammer sowie vor beiden ein Gang vorhanden. Der letztere hat jedoch nur nach dem Zimmer eine Tür. Unter Heranziehung der baulichen Verhältnisse des Erdgeschosses scheint es, als ob der größere Raum (das Zimmer) jedesmal an dem Kirchenflügel gelegen hat, während die Kammer wippenwärts angeordnet war. Der Reihe nach von oben bis unten schließen sich die Räume unter dem Dachboden folgendermaßen aneinander: Im dritten Obergeschoß: das Logiament des Schneiders, daneben eine Kammer, davor ein Gang. Im zweiten Obergeschoß: Logiament des Prinzen Christian von Holstein, dabei eine Schlafkammer, davor ein Gang zu dem im Wipperflügel gelegenen Frauen-Zimmer führend. Im ersten Obergeschoß: Die kleine Eßstube, daneben eine Kammer, davor ein Gang, der aber erst 1647 angelegt oder ausgebaut ist. Es ist aus dem Inventar nicht ersichtlich, was mit diesem Gang 1647 geschehen ist. Im Erdgeschoß: die Torbürde und auf der anderen Seite ein Viehstall. Der jetzt noch im zweiten Obergeschoß erhaltene Kamin (vgl. Text-Abb. 14) hat demnach in dem Zimmer des Prinzen Christian gestanden.

Daß eine bauliche Veränderung mit dem Dachgeschoß des Nordflügels vor sich gegangen ist, ist aus dem gänzlichen Fehlen jeder Kunstform in den jetzigen Giebelanschlüssen ersichtlich.

Daß dieser Nordflügel ursprünglich auch ganz bebaut gewesen ist, geht aus der Zeichnung des Gantzlaß hervor, wo beim Kellergeschoß noch Fundamente angedeutet sind. Dieser Bauteil ist also schon vor 1648 verschwunden bis auf den jetzt stehenden Teil und bis auf eine Kammer, die im Erdgeschoß des Wipperflügels ausdrücklich als zum vierten Schloßflügel gehörig bezeichnet ist.

So weit geht die Beschreibung des eigentlichen Schlosses in dem Inventar. Es folgt sodann die Aufzählung sämtlicher zum Schloß gehöriger Nebengebäude, von denen jedoch nur die auf der eigentlichen Schloßinsel gelegenen für uns von Interesse sind. Die anderen sind zum Teil recht weit über das ganze Vorgelände der Stadt zerstreut.

Zwischen Schloß und Stadt über den alten jetzt verschütteten Schloßgraben (vgl. den Lageplan Text-Abb. 1) ist eine Zugbrücke angeordnet gewesen. Südlich des Schlosses

hat über den Schloßgraben ebenfalls eine Zugbrücke geführt, die durch ein Torhaus gesperrt wurde. Die Zugbrücke nach der Stadt ist von der nördlichen Torbürde bedient.

Zunächst folgt nun eine Beschreibung sämtlicher zwischen Schloß und Stadt gelegenen Baulichkeiten. Neben dem Torhaus und der Zugbrücke westlich davon lag die alte Schloßmühle. Diese hat aus drei Gebäuden bestanden, das erste Zimmer, die große Mühlenstube und das zweite Mühlenzimmer. Im ganzen hatten die Mühlen fünf Mahlgänge. Dazu haben ferner gehört zwei Wind- oder Freischleusen und ein kleines Lachshaus, welches schon auf dem Lachsbrink gelegen hat. Während die eigentlichen Mühlengebäude wohl massiv gewesen sind, wird vom Lachshäuschen ausdrücklich angeführt, daß es aus ausgemauertem Fachwerk bestanden hat.

Die Schneidemühle hat sich vermutlich unmittelbar an die Mahlmühlen angelehnt. Zwischen den Mühlen und dem Schloß muß der alte Prangerpfahl aufgestellt gewesen sein. Es wird nämlich bei der Beschreibung des Mühleninventars ein altes Halseisen aufgeführt, „weil die Säule oder Pfeiler hat müssen abgenommen werden“. Die Lage der Mühlengebäude dürfte im allgemeinen mit der heute vorhandenen übereinstimmen. Östlich der Brücke lag die alte Kanzlei. Hierbei wird nun gesagt: „auf der anderen Schloßbrücken nach der Stadtwärts hinter dem Mühlenhauf steht die Kanzlei. Diese Brücke in die Stadt ist gesteinndammet und ausgemauert. An beiden Seiten unter der Brücke sein 2 Schwibbogen wodurch das Wasser der Mühlengraben genannt läuft.“

Demnach sind also zwischen Schloßinsel und Stadt zwei Brücken vorhanden gewesen, eine Zugbrücke und eine Steinbrücke. Ob die heute vorhandene noch auf der ursprünglichen Anordnung der massiven Brücke beruht, ist ebensowenig genau festzustellen, wie die Lage der zweiten, der Zugbrücke. Am meisten entspricht wohl für die Wahrheit die Annahme, daß die Zugbrücke unmittelbar vor dem nördlichen Schloßtor gewesen sein kann. Dort ist heute noch ein sehr bedeutender Höhenunterschied des Geländes unmittelbar vor dem Schloß, so daß für die Sicherheit des Verkehrs eine im Lageplan ange deutete Mauer errichtet ist. Es ist also sehr wohl möglich, daß hier ursprünglich noch oberhalb der Schleusen der Schloßgraben gewesen ist, der mit der Zugbrücke überbrückt wurde. Für diese Annahme spricht aber außerdem noch der Umstand, daß bei der massiven Brücke ausdrücklich erwähnt wird, daß sie über den Mühlengraben geführt habe. Wenn die unmittelbar an der Schloßinsel gelegene Freischleuse nur ein klein wenig nördlich verschoben wird, gewinnt diese Annahme sehr an Wahrscheinlichkeit. Auf dem Lageplan ist die ungefähre Lage des früheren Schloßgrabens sowohl nördlich wie südlich in punktierten Linien eingetragen.

Auf der Südseite der Schloßinsel haben gelegen neben dem Schlosse das Back- und Brauhaus, ferner die alte Rentherie, der Lust- und Baumgarten an der Südostseite des Schlosses, der Marstall, die Torbude an der Wipperbrücke mit der daranliegenden Brücke und das Torhäuschen an dem Schloßgraben. Neben der Torbude an der Wipper ist noch ein Stall für Futtermittel gewesen. Die sämtlichen übrigen Gebäude, die noch erwähnt werden, wie Schlachthaus, Waschhaus, des Hauptmanns Stall und andere Stallungen, das Wagenhaus, das Jägerhaus usw. lagen sämtlich außerhalb der eigentlichen Schloßinsel. So wenig nun ohne

sorgfältige Aufgrabungen schon die Lage der Nebengebäude auf der Schloßinsel festgelegt werden kann, so gibt es noch weniger Anhaltspunkte für die Lage der Gebäude außerhalb der Schloßinsel selbst. Hier tappt man vollständig im Dunkeln und ist schließlich auf müßige Spekulationen angewiesen.

Eigentümlich berührt es, daß bei den sämtlichen Nebengebäuden nicht Länge und Tiefe nach Maßen angegeben sind, sondern nur die Länge nach Bunden, d. h. also nach der Anzahl der Sparrengbünde. So z. B. ist das erste Mühlzimmer in neun, das zweite in zehn Gebäuden, die Schneidemühle ebenfalls in neun Gebäuden errichtet usw. Was unter der Länge eines Gebäudes genau zu verstehen ist, das ist nicht klar aus der Beschreibung zu ersehen. Fast will es scheinen, als wäre damit ein Sparrenpaar zu verstehen, allerdings würden dann einige der Gebäude recht unbedeutend gewesen sein. Eher trifft wohl noch die Annahme zu, daß mit einem Gebund ein Bindersparren gemeint ist.

So weit die Beschreibung des Schlosses und seiner Umgebung. Wenn diese Zeilen erreichen, daß die Aufmerksamkeit besonders der Behörden auf diesen schönen, vornehm ernsten,

alten Bau gerichtet würde, so daß der Bau vor weiterem Verfall bewahrt und vielleicht wieder durch eine zweckentsprechende Erneuerung einem edleren Zwecke übergeben werde, dann würde der Wissenschaft und der Kunst Hinterpommerns eins der besten Baudenkmale erhalten bleiben. Die Kosten einer durchgreifenden Wiederherstellung würden zwar große Opfer fordern, aber dennoch wäre diese ein Werk, mit dem der Geschichte der pommerschen Herzöge ein großer Dienst erwiesen würde, besonders da Hinterpommern an solchen umfangreichen Schloßbauten nur noch sehr arm ist. Das Rügenwalder Schloß aber hätte durch seine Größe und geschichtliche Bedeutung in erster Linie ein Anrecht darauf, durch eine würdige Wiederherstellung einem würdigen Zwecke wiedergegeben zu werden. In erster Linie müßte danach gestrebt werden, die noch gut erhaltenen drei Schloßflügel ihrer entehrenden Benutzung zu entziehen und den abgerissenen westlichen oder Wipperflügel vor weiterem Verfall zu schützen, vor allem aber die dort befindlichen Gewölbe gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit, die von oben in wahren Bächen durchsickert, zu sichern.

## Das japanische Haus.

### Eine bautechnische Studie.

Von F. Baltzer, Regierungs- und Baurat in Stettin,  
s. Z. beurlaubt als Beirat im Kaiserlichen Japanischen Verkehrsministerium in Tokio.

(Mit Abbildungen auf Blatt 2 bis 10 im Atlas.)

(Fortsetzung.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### V. Grundrißbeispiele.

Die nachstehend mitgeteilten Grundrißbeispiele sind fast durchweg wirklich ausgeführten Anlagen entnommen, so daß man daraus die tatsächliche Gestaltung des japanischen Wohnhauses, den verschiedenen Klassen der Bevölkerung entsprechend, erkennen kann. In den Grundrissen sind die unverschieblichen, geputzten Wände durchweg mit stärkeren Linien angedeutet.

Text-Abb. 127 zeigt zunächst als Beispiel eines ganz kleinen Wohnhauses den Grundriß einer Pfortnerwohnung. Das Haus grenzt mit einer Langseite an ein Nachbargrundstück und kann daher hier keine Öffnungen haben; es besteht aus zwei Zimmern von 6 und 4½ Matten und einer Küche nebst Abort. Der Eingang ist im Grundriß durch einen kleinen Pfeil angedeutet. Von dem Vorraum, der zu ebener Erde liegt und durch zwei Shoji abgeschlossen ist, gelangt man in die beiden hintereinander liegenden, durch Fusuma voneinander getrennten Wohnzimmer, die beide mit Wandgelassen versehen sind. Die Küche, in der die Spülbank mit ihren geneigt liegenden Brettern angedeutet ist, hat einen besonderen Eingang und ist gleichfalls mit einem kleinen Wandgelaß ausgerüstet. Von der Küche gelangt man durch eine Drehtür in einen Pissoir- und von hier durch eine zweite Drehtür in den eigentlichen Abortraum. Die der geschlossenen Grenzwand gegenüberliegende Außenwand ist in beiden Zimmern, wie der senkrechte Querschnitt AA (Text-Abb. 127) zeigt, mit einem hochliegenden vergitterten Holzfenster — Mado — versehen, das durch Shoji verschlossen und durch Amado geschützt wird. Über beiden Fenstern läuft ein kleines Vordach hin. Holzkästen — To-

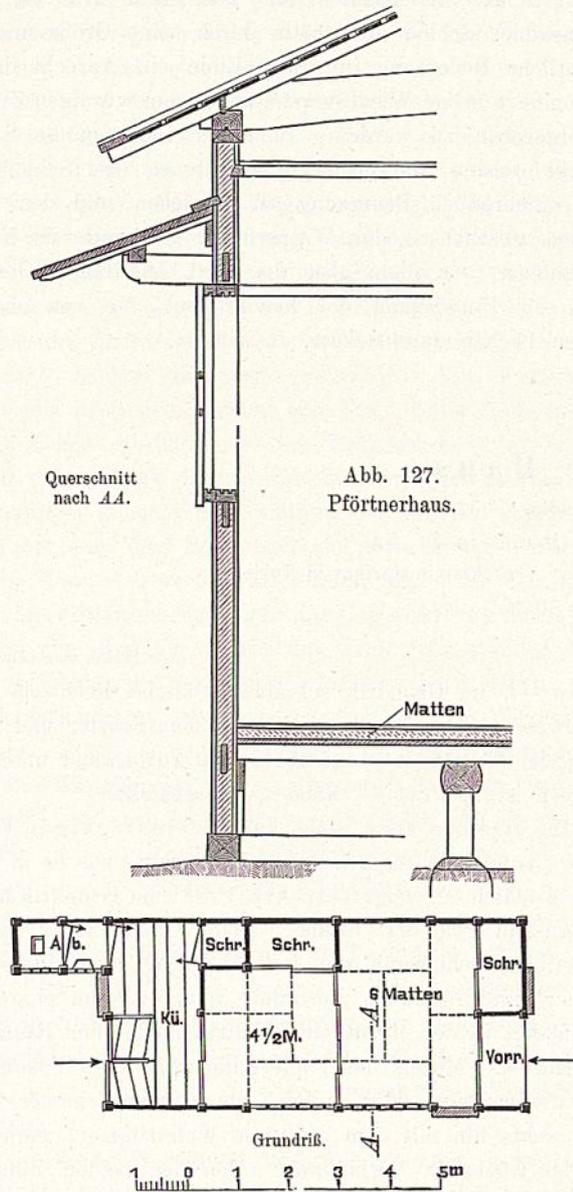
bukuro —, im Grundriß schraffierte kleine Rechtecke, zur Aufbewahrung der Amado sind neben dem Fenster und neben den beiden Eingängen vorgesehen. Die Außenwand unter den Fenstern ist in Putz — Kabe — hergestellt.

Die typische Form eines kleinen einstöckigen Familienwohnhauses für die mittleren Klassen, wie es in Tokio vielfach üblich ist, zeigt Text-Abb. 128<sup>11)</sup> im Grundriß und in der Ansicht von der Straße. Nach Öffnen einer kleinen zweiteiligen Schiebetür aus Latten gelangt man in den zu gleicher Erde liegenden Vorraum, von dem man eine Stufe hinaufsteigt in den eigentlichen Eintrittsflur, einen Raum von drei Matten. Mittels der Papierschiebewände — Fusuma — steht dieser Raum, der zugleich als Empfangszimmer dient, nach rechts hin mit dem größeren Wohnzimmer, geradeaus mit der Küche in Verbindung. Von den beiden Zimmern, von sieben und sechs Matten, beide an der Veranda gelegen, ist das hintere, obwohl kleiner, das vornehmere, mit Tokonoma und Wandgelaß ausgestattet. Das Vorderzimmer hat gleichfalls einen Wandschrank und ein mit Holzstäben vergittertes, nischenartiges Fenster nach der Straße. Am Ende der im rechten Winkel auf der Gartenseite um das Haus herumgeführten Veranda ist in der üblichen Anordnung hintereinander Pissoir und Abort angelegt. Der Nebeneingang zur Küche, im Grundriß ebenfalls durch einen Pfeil angedeutet, erfolgt durch den Hof zu ebener Erde, links vom Haupteingange. In der Küche ist die neben dem Herd

11) Entnommen der Abhandlung von Jos. Conder, Domestic Architecture in Japan, veröffentlicht in den Transactions of Royal Institute of British Architects London 1887, Vol. III. Nr. XXXI. S. 103 und folgende.

liegende Spülbank auf die gewöhnliche Weise durch die schrägen Bretter bezeichnet. Die mit kleinen kreisförmigen Ausschnitten versehenen Fußbodenbretter sind zum Herausheben eingerichtet, um darunter Brennstoff und sonstige Vorräte aufzuspeichern.

Da der kleine Eintrittsflur zur Nachtzeit als Schlafräum für die Dienstboten benutzt wird und die Schlafstätten der Familienglieder in den beiden Wohnzimmern hergerichtet werden, so erkennt man, daß das ganze Haus, obwohl



äußerst bescheiden in seinen Abmessungen, für eine japanische Familie, einschließlich der Dienstboten, von vier bis sechs Köpfen wohl gerade ausreicht. Ein besonderer Baderaum ist hier nicht vorhanden, das Badegefäß wird daher im Sommer im Freien, in der rauheren Jahreszeit in der Küche untergebracht, falls die Bewohner nicht vorziehen, eine der zahlreichen öffentlichen Badeanstalten in der Nachbarschaft zu benutzen. Während der Platz links vom Hause den Wirtschaftszwecken dient, ist auf der rechten Seite vor der Veranda ein kleiner Garten angelegt, der unter Umständen wohl einen kleinen Teich mit allerlei lebendigem Getier enthält. Die Außenwände des Hauses bestehen aus dem üblichen Fachwerk von schlanken Pfosten mit schwachen hölzernen Riegelbrettern und der gewöhnlichen Putzausfüllung, Schlick oder

Lehm auf Rohrgeflecht, innen glatt verputzt und nach außen mit wagerechten Brettern, Hame, die sich schuppenartig überdecken, bekleidet. Das Ziegeldach besitzt, wie im Grundriß angedeutet, vier Walme und eine kurze Firstlinie. Die Veranda ist durch ein besonderes Vordach, Hisashi, überdeckt und außen durch Wetterläden abgeschlossen, für welche die erforderlichen Holzkästen an den beiden Enden der Veranda vorgesehen sind. Die Außenwände des Hauses hinter der Veranda enthalten nur die üblichen papierbespannten Shoji und sind oberhalb der Kamoi, der Holzleisten, die den oberen Führungsrahmen der Shoji bilden, ebenfalls in Putz hergestellt.

Das in den Abb. 5 bis 7 Bl. 2 in zwei Grundrissen und einem Querschnitt dargestellte zweigeschossige Wohngebäude ist als ein Flügelbau einer größeren zusammenhängenden Gruppe aufzufassen; das Haus enthält nur Wohnzimmer, während die entsprechenden Wirtschaftsräume,

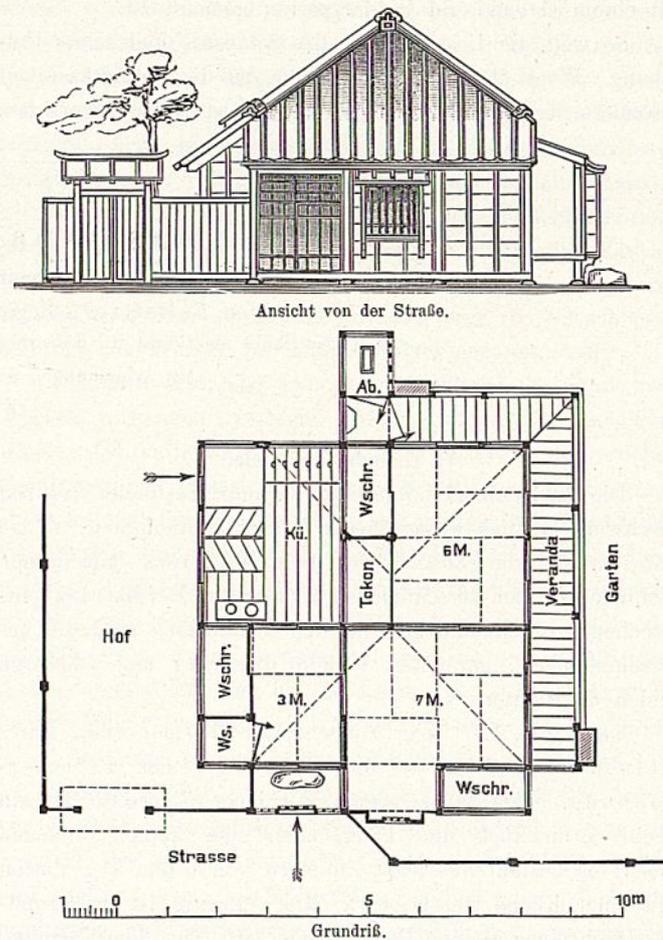


Abb. 128. Einstöckiges kleines Familienwohnhaus, Tokio.

Küche und Bad in einem anderen Gebäudeteil untergebracht sind. Der Eingang zum Hauptgeschoß erfolgt in der durch einen Pfeil bezeichneten Richtung auf einen holzgetäfelten Flur; in derselben Richtung gelangt man von hier aus durch Shoji in ein Vorderzimmer von 8 Matten, hinter dem weiter Zimmer von 6 und 10, 12 1/2 und 7 Matten folgen, die von einem mattenbelegten Flur — Rōka — und einer Veranda umgeben werden. Im Erdgeschoß ist das Zimmer von 12 1/2 Matten, mit Tokonoma und Tana, das vornehmste, im Obergeschoß das darüber liegende von 15 Matten. Der Flur ist an beiden Enden durch hölzerne Schiebetüren aus Zedernholz, Sugi-do, abgeschlossen. Das Obergeschoß ist, wie aus dem Querschnitt ersichtlich wird, in seinen Abmessungen dergestalt eingeschränkt, daß die obere Veranda über dem

unteren mattenbedeckten Flur liegt. Unter dem Treppenabsatz der Haupttreppe, die in zwei Läufen aufwärts führt, ist ein Wandschrank untergebracht. Eine zweite schmalere Treppe ist, wie die Grundrisse zeigen, für die Dienerschaft vorgesehen, und in beiden Stockwerken am Ende der Veranda ein Abort nebst Pissoir angeordnet. Die Zimmer des Obergeschosses können, wie man erkennt, auf leichteste Weise zu einer einzigen luftigen Halle vereinigt werden, die als solche einen für Gesellschafts- und Vergnügungszwecke außerordentlich geeigneten Raum, namentlich während der heißen Jahreszeit, darbietet; die Umfassungswände kann man nötigenfalls auf drei Seiten völlig entfernen. Wie der Querschnitt deutlich macht, sind zur Unterstützung der kleinen Vordächer, Hisashi, über der unteren und oberen Veranda wieder die schon früher erwähnten, beliebten Federhölzer, Hanegi, angeordnet, die rückwärts im Dachverbaude ihre Befestigung erhalten.

Das Wohnhaus, dessen Grundriß Abb. 4 Bl. 3 darstellt, ist ein eingeschossiges Landhaus bei Kamakura am Meere, südlich unweit Yokohama gelegen, dessen Besitzer ein angesehener Arzt in Tokio war; seine Frau und Kinder pflegten mehrere Monate im Sommer hier zuzubringen, während der Hausherr selbst sich gewöhnlich nur vorübergehend aufhielt. Das Haus ist auf der Düne hoch über dem Meeresstrande erbaut, so daß man aus den sämtlichen nach Süden gerichteten Wohnzimmern einen herrlichen Blick auf die Wogen des stillen Ozeans genießt und gleichzeitig durch die im Sommer vorherrschende Südbrise erfrischt wird. Der Eintritt in das Grundstück erfolgt von der Straße her auf der Ostseite, der Haupteingang des Hauses liegt nach Norden. Mittels zweier ziemlich hohen Stufen steigt man in den Vorraum hinauf, der auf gleicher Höhe mit dem Fußboden des Hauses liegt und ein Raum von vier Matten ist. Beim Eintritt links vor dem Vorraum befindet sich das übliche Gelaß mit verschiedenen übereinander angeordneten Wandbrettern zum Abstellen der Fußbekleidung. Vom Vorraum aus gelangt man nach Öffnen der Fusuma auf den mit Holz gedeckten Flur, der die eigentlichen Wohnzimmer zur Rechten von dem Empfangs- oder Gastzimmer — Kyakunoma — zur Linken trennt. Der Flur erhält hinreichende Beleuchtung von der 1,20 m breiten gedeckten Veranda, auf die er mündet, die den drei Zimmern der Südfront vorgelegt ist und sich auch noch auf der Ostseite des Empfangszimmers und des Herrenzimmers, vor letzterem mit nur 0,90 m Breite, fortsetzt. Das Empfangszimmer von zehn Matten Größe zeigt an der Nordwand das um eine Stufe erhöhte Tokonoma, daneben die übliche, etwas niedrigere Nische mit den im Grundriß angedeuteten, durch Schiebetüren abgeschlossenen niedrigen Wandgelassen, Chigaidana; auf der Ostseite nach dem Flur zu ist eine ungefähr 40 cm über dem Fußboden beginnende Wandnische angeordnet, die durch ein mit reichem Holzgitterwerk verziertes Schiebefenster — Shoin — abgeschlossen wird. Die Ausführung dieses erkerartigen Fensters, das in dieser Form im besten Zimmer des Hauses sehr häufig vorkommt, wird durch die Text-Abb. 129 in Schnitt und Ansicht genauer dargestellt. Das meist sehr sorgfältig gearbeitete, in ausgesuchtem Material hergestellte Holzwerk der Shoji und der oberen beweglichen oder festen Rammafüllungen, das unter Umständen reich verziert wird, ist den

Einwirkungen des Schlagregens entzogen, da es unter dem schützenden Dache der Veranda liegt. Die Seitenwände des erkerartigen Ausbaues sind wie die Decke durch feste Holzfüllungen abgeschlossen. Das zweite Wohnzimmer zeigt zwei durch Fusuma verschlossene Wandgelasse nebeneinander; alle Zwischenwände zwischen den einzelnen Zimmern und dem Flur sind gleichfalls durch Fusuma gebildet, während die Räume nach der Veranda zu durch papierbespannte Shoji ihren Abschluß erhalten. Die Außenseite der Veranda wird durch Glaswände, japanisch Karasudo, verschlossen, vor denen Nachts noch die Regendläden, Amado, vorgezogen und befestigt werden. Das Herrenzimmer hat ein Tokonoma von geringerer Tiefe und einen festen Schrank. Am westlichen Ende der Veranda erreicht man durch Öffnen einer schmalen Drehtür einen Pissoirraum und, durch diesen hindurch-

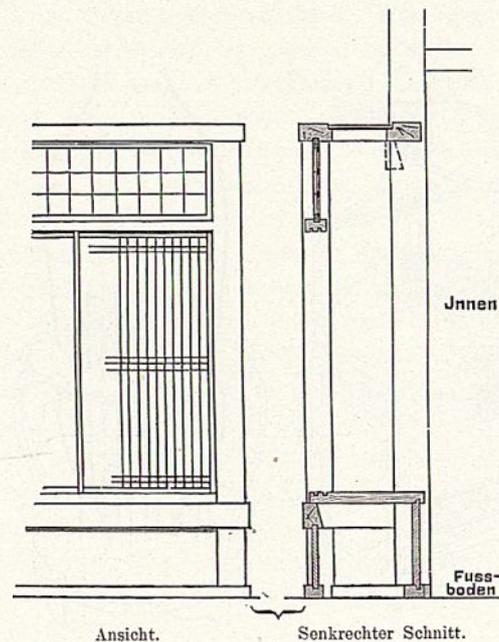


Abb. 129. Erkerartiges Fenster, Shoin. 1:25.

schreitend, den Abort. Daneben, aber durch eine feste Wand völlig getrennt hiervon, ist noch ein zweiter Abort nebst Pissoir für die Dienstboten vorgesehen, der von dem kleinen Flur an der Westseite des Hauses zugänglich ist. Dieser Flur verbindet Küche, Bad und Dienstbotenzimmer mit den Wohnzimmern. Das Dienstbotenzimmer von sieben Matten erhält Licht durch die an der Ostseite angeordneten, mit Holzgitterwerk gesicherten Schiebefenster und durch die Shoji an der Flurseite. An der nordöstlichen Ecke der Küche ist ein durch besonderes Vordach geschützter Wirtschaftseingang vorgesehen; auch die Küche ist reichlich mit festen Schränken ausgerüstet, die als Speise- und Vorratsschränke benutzt werden. An der nordwestlichen Hausecke liegt, mit einem besonderen Eingang für die Beheizung von außen zugänglich, das Bad, das durch vergitterte Holzschiebefenster Licht erhält. Der kleine Gang, der dem Baderaum südlich vorgelegt ist, enthält in der Ecke mehrere dreieckige Wandbretter übereinander, die zur Kleiderablage dienen. Bemerkenswerterweise ist der Baderaum nach dem Flur hin überhaupt nicht abgeschlossen und nicht abschließbar; nach japanischen Anstandsbegriffen bedarf es offenbar eines solchen Abschlusses nicht, um unberufene Zuschauer abzuhalten. Im Grundriß sind die Kästen für die Wetterläden, Tobukuro, als kleine

Rechtecke eingetragen, und ein daneben angedeuteter Pfeil gibt jedesmal an, in welcher Richtung die Amado zum Abschluß des Hauses während der Nacht aus dem Verschlag herausgezogen und in die Umfassungswände vorgeschoben werden müssen. Auch die mit Papier bespannten Holzgitterfenster werden zur Nachtzeit meist durch besondere, in gleicher Weise seitlich vorgeschobene Wetterläden geschützt.

Die drei großen Zimmer an der Südseite können nach Entfernung der Fusuma in einen einzigen Raum von mehr als 12 m Länge verwandelt werden, der durch Herausheben der Shoji und der äußeren Glaswände zu einer für die Südbrise völlig offenen Halle wird. Da auch die Ostwand des Empfangszimmers, die Nordwand des Mittelzimmers zur Hälfte und die Westwand des Dienstbotenraumes sowie der Glasabschluß des diesem vorliegenden kleinen Flurs völlig geöffnet

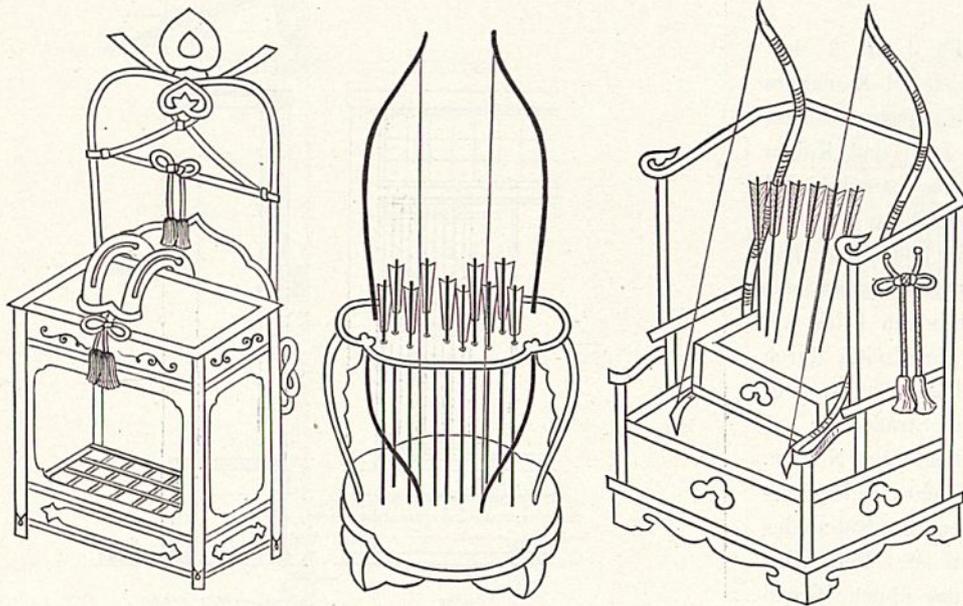


Abb. 130. Waffengestelle aus der alten Feudalzeit.

werden können, so läßt sich für die heiße Jahreszeit Durchzug von allen Seiten in jedem wünschenswerten Maße herstellen.

Die der Südfront vorgelegte Veranda ist durch ein niedrigeres Vordach — Hisashi — überdeckt, das durch einen als untere Wandpfette dienenden, in ganzer Länge aus einem Stück durchgehenden Stamm aus Rundholz unterstützt wird. Dieser Stamm von 17 cm mittlerem Durchmesser ist aus poliertem Zedernholz hergestellt und der besondere Stolz des Hausbesitzers; außer an den Enden ist er noch durch zwei Mittelpfosten unterstützt. Wie bei besserer Ausführung zu Bodenbelag und Decke der Veranda besonders schöne, mit gleichmäßiger Maserung gezeichnete und möglichst astfreie Hölzer verwandt werden, so sind auch die Hölzer zu den Gesimsleisten, Nageshi, Pfosten, Deckenbrettern und Deckenleisten der besseren Räume, ferner insbesondere für die Schwelle, die Hauptsäule und die Trennungswand des Tokonoma mit besonderer Sorgfalt ausgewählt. Infolgedessen macht das Innere eines solchen Hauses nicht nur den Gesamteindruck peinlichster Sauberkeit, sondern es mutet auch, trotz seiner großen Einfachheit und Anspruchslosigkeit, aufs wohlthuendste harmonisch und behaglich an und entbehrt nicht einer gewissen architektonischen Wirkung. Das beschriebene Gebäude umfaßt im ganzen rund 50 Tsubo — ein

Tsubo ist ein Geviert von 6 Fuß Seitenlänge = 3,3 qm; seine Herstellung hat seinerzeit 3200 Yen gekostet, also 64 Yen für den Tsubo oder 42 *Ō* für das Quadratmeter bebauter Grundfläche. Der Bodenwert beträgt zur Zeit an Ort und Stelle etwa 10 Yen für 1 Tsubo, das sind 6,40 *Ō* für das Quadratmeter — beides, wie man zugeben wird, nach europäischen Begriffen recht niedrige Einheitssätze.

Während das vorstehend beschriebene Landhaus in seiner ganzen Anordnung mehr den gegenwärtigen Lebensformen entspricht, gehört das eingeschossige Wohnhaus eines gewöhnlichen, nicht gerade besonders begüterten Landedelmannes (Samurai), das in dem Grundriß Abb. 5 Bl. 3 dargestellt ist, der Zeit vor der Restauration von 1868 an und bietet in seiner Eigenart ein nach verschiedenen Richtungen kennzeichnendes Bild aus der früheren, auf Nimmerwiederkehr entschwundenen Feudalzeit.

Der ganze Bau gliedert sich in mehrere, durch Flurgänge scharf voneinander abgetrennte Gruppen. Rechts vom Haupteingang — im Grundriß wie gewöhnlich durch einen Pfeil bezeichnet — liegen Prunkräume und Gastzimmer; in gleicher Richtung hinter der Haupteingangshalle die eigentlichen Wohnräume des jugendlichen, noch unverheirateten Besitzers; links davon folgen die Zimmer der Mutter, ferner Dienstboten- und Wirtschaftsräume, Küche und Bad. Daran schließen sich als besondere Gruppe weiter links die Zimmer des Vaters, der der japanischen Sitte huldigend sich frühzeitig von den Geschäften zurückgezogen hat und dem volljährigen Sohne die Sorge der Wirtschaftsführung überläßt. Diese einzelnen Gruppen des Hauses, die sogar alle mit gesonderten Abort-

anlagen versehen sind, lassen sich bequem gegeneinander abschließen, während andererseits die zusammengehörigen Räume jeder einzelnen Gruppe unter sich wiederum leicht zu einem zusammenhängenden Raume verschmolzen werden können. Die Einteilung der Matten ist im Grundriß angedeutet, so daß sich hiernach die Abmessungen der einzelnen Zimmer, die keineswegs sehr groß sind, leicht beurteilen lassen.

Von der überdachten Vorhalle oder Vorfahrt, Genka, aus gelangt man mittels einiger Stufen in die Haupteintrittshalle, an deren fester Rückwand ein etwa 2½ Fuß hohes, die Breite des ganzen Raumes einnehmendes Prunkgestell mit den Schwertern und Speeren, Pfeilen, Bogen und Köchern des Edelmannes angeordnet ist. Einige Beispiele für diese als Schmuck des Raumes ungemein malerisch wirkenden Waffengestelle aus der alten Feudalzeit sind in der Text-Abb. 130 mitgeteilt, die einer alten japanischen Sammlung entnommen wurden. Aus dem großen Eintrittsflur, der nur für Gleich- oder Höherstehende zu benutzen ist, gelangt man durch Öffnen der Fusuma zur Rechten nach den Empfangs-, Prunk- und Wohnzimmern des Herrn, zur Linken nach den Wirtschaftsräumen und nach dem abgetrennten Flügel, den der Vater des Besitzers bewohnt. Von den drei Gastzimmern, die nach rechts folgen, ist das letzte am besten ausgestattet,

mit Tokonoma und Chigaidana versehen; alle drei liegen an einer überdeckten Veranda, an die der Garten des Hauses angrenzt. In dem zweiten Raume — von vier Matten — pflegte der Herr des Hauses unter anderem die im ersten Vorzimmer sich niederlassenden Abgesandten von Daimios, d. h. reichsunmittelbarer Fürsten, zu empfangen, die Neujahrglückwünsche seiner Hörigen entgegenzunehmen und dergl. Aus dem ersten Wartezimmer tritt man durch eine kleine Drehtür (Sugi-do) auf die Veranda, die vor dem Wohnzimmer des Herrn entlang läuft; in diesen Räumen werden die nächstehenden Freunde und Bekannten empfangen und bewirtet. Vor- und Empfangszimmer können ohne weiteres in einen einzigen geräumigen Speisesaal verwandelt werden. Auch das Empfangszimmer hat als der beste Raum des Hauses Toko und Tana. Zur Linken neben dem Vorzimmer liegt ein kleiner Raum (nebst festen Schränken) von nur drei Matten, in dem die Jagdgeräte, Waffen, Sattelzeug, Jagdfalken und dergl. untergebracht waren. Links neben dem Empfangszimmer folgt das etwas mangelhaft beleuchtete Schlaf- und dahinter das Arbeitszimmer des Herrn mit dem erkerartigen Fenster (Shoin) nach dem Garten, in den man von hier aus durch eine kleine Drehtür ohne weiteres gelangen kann. Von dem Schlafzimmer führt eine Verbindung durch einen dunklen Raum von zwei Matten nach dem Wohnzimmer der Mutter, vor dem eine besondere Veranda angeordnet ist. Neben dem Raum für Jagdgeräte folgt nach links, ungefähr die Mitte des ganzen Baues einnehmend, ein offener Hausgarten — Nakaniwa —, an dessen vier Seiten bedeckte Verbindungsgänge entlang führen. Weiter links folgt ein Raum für die diensthabende Dienerin, an den sich ferner die Küche mit dem Herd, ein Raum zum Aufwaschen des Geschirres und ein Gelaß zum Aufstellen von Wassergefäßen, letzteres mit tief liegendem Fußboden und mit Wasserleitung aus Bambusrohr versehen, anschließen. Beleuchtung und Lüftung der Küche würde ziemlich viel zu wünschen lassen, wenn hierfür nicht durch ein geräumiges Oberlicht Sorge getragen wäre. Links von dem Zimmer der Mutter folgt ein Raum für die weiblichen Dienstboten, daneben liegt ein Gang, der nach dem für diese bestimmten Aborte führt, und der Baderaum, mit einem Eingang von außen versehen, durch den Heizstoffe und Wasser zugetragen werden und die Bedienung des Badeofens erfolgt.

An der der Straße zugekehrten Hofseite folgt links neben der Eintrittshalle der Nebeneingang für Leute in untergeordneter Stellung, Nakanokuchi, d. h. mittlerer Eingang; diesem zur Seite liegt der Raum für den Hausmeister oder obersten männlichen Dienstboten — japanisch Jisha —; dann folgt ein weiter, mit Dielen gedeckter Flurgang, von dem aus eine ziemlich enge Schiebetür nach der Küche und den Wirtschaftsräumen führt. Weiter links liegt der zu ebener Erde angeordnete eigentliche Wirtschaftseingang und Flur, Doma, von dem aus drei Stufen zur Höhe des Flurganges emporführen. Die linke Ecke des Hauses endlich nimmt ein völlig abgeschlossener Schuppen für Vorräte, Mono-oki, ein, der nur vom Flur aus Licht erhält.

Der lange Gang, der hinter dem Hausgarten angelegt ist, mündet zur Linken auf die Veranda, die die Zimmer des Vaters umgibt; auch hier finden wir einen Hauptraum

mit Tokonoma und festem Schrank und einen Nebenraum ohne Toko.

Wie man erkennt, entbehren die der vorderen Hof- und somit auch der Straßenseite zugewandten Räume sämtlich des intimeren Charakters; hier sind nach außen, von den eigentlichen Türen abgesehen, nur feste Wände oder Fensterwände mit Holzvergitterung oder hochstehende Schiebefenster (Ramma-mado) vorgesehen. Alle eigentlichen Wohnräume liegen an einer Veranda oder unmittelbar an dem Garten, der das Haus an der der Straße abgekehrten Seite umgibt. Die große Zahl der Aborte, die immer den Abschluß einer Veranda bilden, könnte überraschen; sie erklärt sich aus dem Bedürfnis, die verschiedenen Gruppen des Hauses auch in dieser Beziehung möglichst unabhängig voneinander zu machen, so daß man sie nötigenfalls völlig gegeneinander abschließen und getrennt benutzen kann. Wer beispielsweise die Gastzimmer rechts von der Haupteintrittshalle bewohnt, braucht unter Umständen mit dem Inhaber des mittleren und linken Flügels nicht im geringsten in Berührung zu kommen. An der Außenseite der verschiedenen Veranden sind auch hier die Kästen zum Aufbewahren der Wetterläden vorgesehen und im Grundriß in übereinstimmender Weise durch kleine Rechtecke angedeutet. Auch die den Hausgarten umgebende Veranda wird zur Nachtzeit in gleicher Weise geschützt, da es nach den früheren Vorschriften unzulässig war, irgend welche Öffnungen des japanischen Hauses zur Nachtzeit unverschlossen zu lassen. An der längeren Veranda vor den Zimmern des Vaters muß beim Schließen der Läden der erste Laden an der Ecke noch um einen rechten Winkel gedreht werden, um auch die kurze Seite des Verbindungsganges abzusperren. Das Verschwenken des Ladens wird in diesem und in ähnlichen Fällen dadurch ermöglicht, daß man die Stege der Führungsnuten in der an der Veranda befestigten Schwelle schon etwa einen Fuß vor der Ecke aufhören läßt.

Die Abb. 9 Bl. 4, die dem Buche von Morse entnommen ist, zeigt den Grundriß eines Flügels von einer Daimioresidenz in der alten Zeit. Als bezeichnendes Merkmal finden wir hier umgeben von mattenbelegten Fluren — Roka, einer Anlage, deren Herstellung in früherer Zeit unter anderem dem gewöhnlichen Kaufmann in seinem Privathause gesetzlich verboten war — das um eine Stufe erhöhte Jōdan, wörtlich hohe Stufe, einen mattenbelegten Raum mit Toko und Tana, in dem der Fürst des Hauses seinen Empfang abzuhalten pflegte. Diesem erhöhten Prunkraum, der in dieser Form übrigens auch in Tempelanlagen vorkommt, war gewöhnlich, so auch in unserem Beispiel, ein geviertförmiger, etwas kleinerer Raum, Gedan genannt, d. h. wörtlich unterste Stufe, ohne erhöhten Fußboden vorgelegt, von dem aus alle niedriger Gestellten bei dem Empfange zu dem Daimio im Jōdan emporzuschauen hatten. Auch im Jōdan, dessen Anlage also auf die wirklichen Daimiositze beschränkt war, ist häufig die erkerartige Fensteranordnung des Shoin zur Seite neben dem Tokonoma zu finden. In den kaiserlichen Palästen und Schlössern der früheren Shogune begegnet man mehrfach auch einem zweifachen, stufenweise gegeneinander erhöhten Jōdan in demselben Raume.

Beim Empfange pflegten die Hof- und Hausbeamten in den Flurgängen Platz zu nehmen, während der fremde Gast

sich nach gebührendem Warten im Gedan niederzulassen hatte, um von hier aus dem Daimio seine Aufwartung zu machen. Gewöhnlich trennte selbst bei geöffneten Fusuma noch ein ziemlich tief herabgelassener Vorhang aus Bambusstäben den Raum des Gedan vom Jodan, so daß der Gast nur wenig von dem erhabenen Anblicke des Fürsten zu sehen bekam.

In unserem Beispiele sind zwei erhöhte Jodan in zwei durch einen Hofraum getrennten Flügeln vorhanden, ein größeres und ein kleineres. Die Bedeutung und Benutzung der übrigen Räume dürfte durch die beigefügte Bezeichnung im allgemeinen verständlich sein. Die ganze Anlage ist so weitläufig und gegliedert, wie es eben nur der Reichtum an Mitteln und die völlige Unbeschränktheit an Baufläche ermöglichte.

Die Abb. 1 bis 4 Bl. 2, Abb. 1 bis 3 u. 6 bis 9 Bl. 3 sowie Abb. 1 bis 8 Bl. 4 stellen Beispiele von Beamtenwohnungen dar, die in ihrer Eigenart die Form des gegenwärtigen japanischen Wohnhauses mit verschiedener Abstufung von größeren zu einfacheren Anlagen wiedergeben. Da die Grundrisse nach dem Vorausgegangenen ohne weiteres verständlich sein dürften, so können die Erläuterungen auf das Notwendigste beschränkt werden. Die Mattenzahl ist im allgemeinen für jedes Zimmer angegeben.

Abb. 7 u. 8 Bl. 4 ist der Plan der Dienstwohnung eines hohen Ministerialbeamten in Tokio, die im Hauptgeschoß außer Küche und Bad sechs größere und zwei kleinere Räume, und im Obergeschoß noch zwei größere Räume enthält. Die Haupttreppe nach dem Oberstock führt vom Eintrittszimmer (von vier Matten) in gerader Richtung in die Höhe, während eine zweite Treppe für die Dienstboten links vom Haupteingange in einem Flur, der hinter dem Raum von  $4\frac{1}{2}$  Matten folgt, beginnt und mit zwei entgegengesetzten Wendungen ansteigt. Unter dem Treppenlaufe ist ein durch eine Drehtür verschlossener Verschlag angeordnet. Die Küche hat, wie allgemein üblich, ihren Nebeneingang vom Wirtschaftshofe aus und ist durch einen überdeckten Gang mit dem Brunnen verbunden. Getrennte Abortanlagen sind nicht weniger als drei, sämtlich im Erdgeschoß, vorgesehen.

Abb. 1 bis 3 Bl. 3 zeigen in Grundriß, Ansicht und Querschnitt eine einstöckige Anlage von größerer Tiefe, die um einen offenen Hof oder Hausgarten, Nakaniwa, gruppiert ist; außer Küche und Bad sind vier größere und vier kleinere Wohnräume vorhanden, und außerdem ein als Itanoma, d. h. gediehlter Raum bezeichnetes Gelaß links vom Haupteingang vorgesehen, das als europäisches Zimmer ausgestattet und benutzt wird. Der Raum von drei Matten rechts neben der Küche ist für Dienstboten bestimmt. Der Querschnitt (Abb. 2) zeigt die Anordnung des Tana und des um eine kleine Stufe erhöhten Tokonoma in der Ansicht. Das hier vorhandene europäische Zimmer ist natürlich ein Zugeständnis an den abendländischen Einfluß der letzten dreißig Jahre und wäre vor dieser Zeit undenkbar gewesen.

Die Abb. 6 bis 9 Bl. 3 stellen die einstöckige Dienstwohnung des Leiters der Neubauten der Chuo-Staatsbahn (von Hachioji nach Kofu und Nagoya) in Hachioji, einer kleineren Stadt westlich von Tokio, dar. Auch hier sind drei getrennte Abortanlagen vorhanden, zwei an beiden Enden der Veranda, die dritte für die Dienstboten vom Hofe aus zugänglich. Das Zimmer von sechs Matten, links vom Haupteingange, hat an

zwei Seiten seine eigene Veranda an einem durch Zäune abgetrennten Teil des Gartens, der die von der Straßenseite abgekehrte Hauptveranda des Hauses umgibt.

In den Abb. 1 bis 4 Bl. 2 ist die Dienstwohnung des Betriebsleiters der Hokuriku-Staatsbahn (von Tsuruga nach Toyama) in Kanazawa dargestellt; sie umfaßt vier größere und vier kleinere Räume, ferner Küche, Bad und einen kleinen Schuppen, japanisch Mono-oki, d. h. wörtlich „zum Aufstellen von Sachen“. Der hinter dem Eintrittsflur und links davon liegende Raum von drei Matten sowie das Zimmer von sechs Matten, das an dem einspringenden Winkel der Veranda liegt, entbehren des unmittelbaren Lichtes, eine Anordnung, die natürlich nur in dem sonnendurchfluteten Japan bei der Anwendung der durchscheinenden Papierwände zulässig erscheint. Auch hier fällt die reichliche Ausstattung mit — drei — getrennten Aborten auf.

Abb. 1 bis 3 Bl. 4 zeigen ein einstöckiges Doppelhaus für zwei Familien des mittleren Beamtenstandes. Hinter dem Eintrittsflur und hinter der Küche sind drei Räume von  $2, 4\frac{1}{2}$  und 3 Matten ebenfalls völlig eingebaut. Für die Dienstboten ist ein Abort auf dem Hofe neben dem Schuppen vorgesehen. Auch hier hat die Küche mit der Waschbank (Nagashi) ihren Nebeneingang vom Hofe aus. In dem Raum für das Bad ist der Fußboden nicht erhöht, sondern zu ebener Erde angelegt und mit Lehmschlag oder einem Estrich (Tataki) befestigt. Das ganze Haus ist genau symmetrisch zu der die beiden Wohnungen trennenden mittleren Scheidewand ausgeführt.

In den Abb. 4 bis 6 Bl. 4 endlich ist ein an den beiden Querseiten völlig eingebautes Haus für drei untere Beamte dargestellt. Die Räume beschränken sich hier auf je ein Zimmer mit Schrank von  $6, 4\frac{1}{2}$  und 2 Matten, ferner Eintrittsflur, Küche mit Waschbank, Abort und Veranda; im Hofe ist ein Schuppen und der Brunnen (teilweise gemeinschaftlich) vorgesehen. An der Straßenseite sind zwei durch den Eingang geteilte kleine Höfe, an der andern Seite vor der Veranda für jede Familie ein besonderer kleiner Garten angelegt. Die bebaute Grundfläche beträgt für jede Wohnung  $5,40 \times 8,10 = 43,70$  qm ohne Abort und Schuppen.

Die Grundrißformen nach Abb. 1 bis 6 Bl. 4, die einer Sammlung ausgeführter Grundrisse von Dienstwohnungen der japanischen Staatseisenbahn-Verwaltung entnommen sind, können, wie mir von seiten japanischer Fachmänner bestätigt wird, als Muster von vielfach vorkommenden Hausanlagen für mehrere Familien gelten.

## VI. Die feuerfesten Speicherbauten (Kura).

Während bei den Wohnhäusern auf dem Lande meist noch zahlreiche kleinere Anbauten, wie Scheunen, Ställe, Schuppen u. dergl. vorhanden sind, gehört in der Stadt zu jedem Hause der begüterten Klasse ein kleiner feuerfester Speicher, Kura, der meist in einer Ecke des Grundstücks, möglichst entfernt vom Wohnhause errichtet wird. Auch in jedem Tempelbezirk findet sich gewöhnlich einer oder mehrere dieser feuerfesten Bauten zur Aufbewahrung heiliger Schriften, alter Gewänder oder anderer wertvoller Tempelschätze. Diese Speicherbauten sind vermutlich schon in sehr alter Zeit in Aufnahme gekommen; geschichtlich besonders bemerkenswert schon wegen seines hohen Alters ist ein noch heute be-

stehender Getreidespeicher, japanisch Azekura, in Nara — Text-Abb. 131 —, dem man ein Alter von mehr als 1000 Jahren zuschreibt. Das Holzwerk stammt aus der sogenannten Tempio-Zeit, das Dach ist wohl späterhin erneuert worden. Der Bau ist ganz von Holz, also keineswegs feuersicher, und gehört daher strenggenommen nicht hierher; beachtenswert ist indes jedenfalls die „Blockhaus“-mäßige Verbindung der die Umfassungswände bildenden Hölzer von dreieckigem Querschnitte, denen man an einigen ähnlichen Gebäuden aus viel späterer Zeit im Tempelbezirke von Nikko wieder begegnet. Dort ist allerdings die Eckbildung verein-

ganze Familie dienen. Eine solche Speicherwohnung dürfte allerdings bei den klimatischen Verhältnissen Japans in der heißen Jahreszeit nichts weniger als angenehm sein. Die Umfassungswände sind auffallend stark und über einem hölzernen Gerippe aus Putz hergestellt, der in äußerst zahlreichen dünnen Schichten über einem Holzwerk von Bambus angetragen und durch regelmäßig eingebundene Hanfstricke, Seetang, Hackstroh oder andere geeignete Bindemittel befestigt wird. Bei der Ausführung, die, wie sich hieraus ohne weiteres ergibt, ziemlich mühselig ist und lange Zeit in Anspruch nimmt, werden große Schirmdächer aus Bambus-

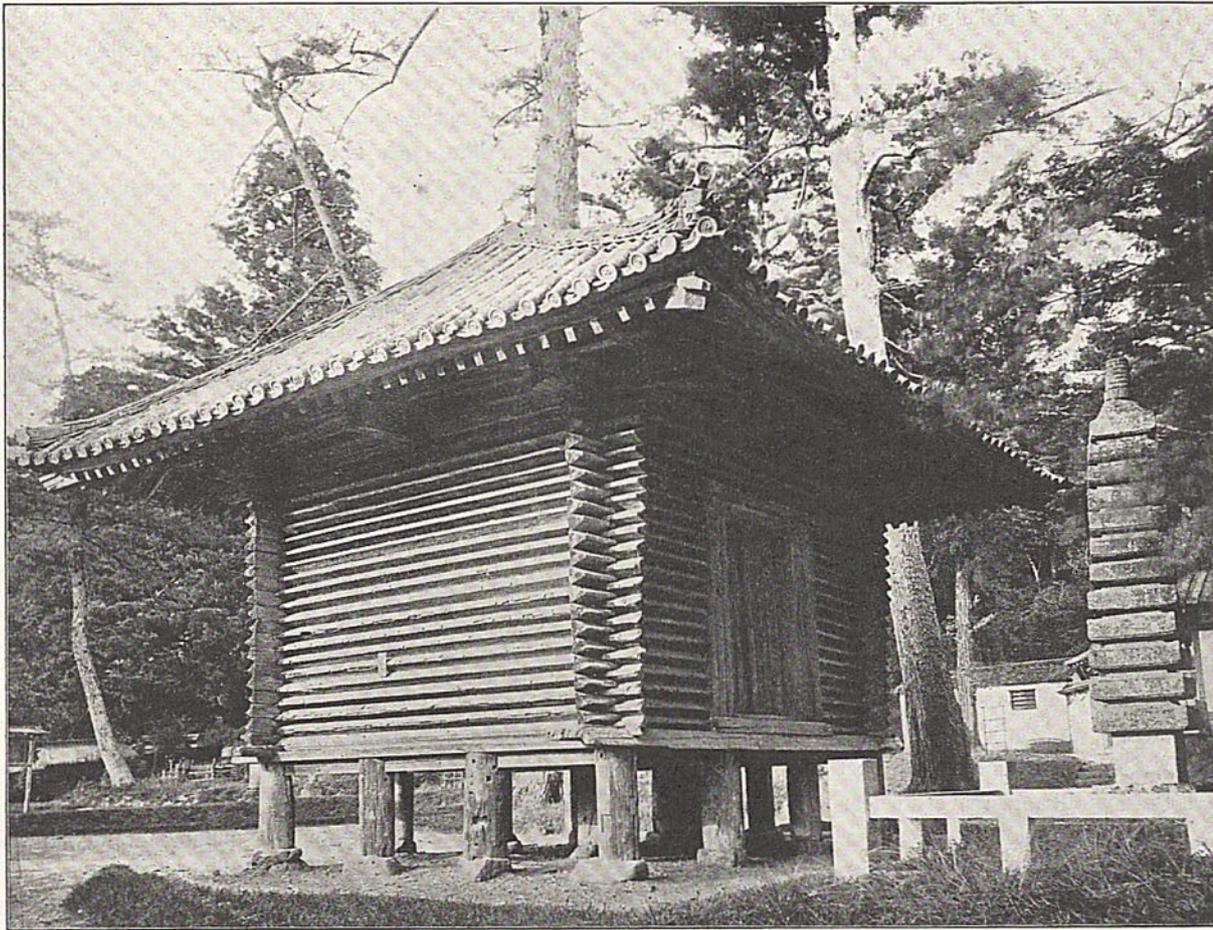


Abb. 131. Alter Getreidespeicher, Azekura, in Nara.  
(Aus der Tempio-Zeit; über 1000 Jahre alt.)

facht, indem die Hölzer von dreieckigem Querschnitt unter einem Winkel von 90 Grad auf Gehrung zusammenstoßen, ohne daß sie über den Schnittpunkt verlängert sind; bei jenen Tempelspeichern in Nikko sind diese Ecken durch reich verzierte Bronzebeschläge geschützt, was eine hervorragend architektonische Wirkung macht.

Die schon an anderer Stelle mehrfach erwähnten feuerfesten Speicher, die für die japanische Bauweise kennzeichnend sind, verdienen ihrer Eigenart wegen eine besondere Besprechung. Es sind nicht nur Speicher zur Aufbewahrung von Waren, Vorräten aller Art und Wertsachen, sondern sie dienen auch unter Umständen als Wohnungen. Im Stadtteile Nihonbashi von Tokio beispielsweise gibt es ganze Straßenzüge, in denen man nur diese eigentümlichen, meist in düsterem schwarzen Anstrich gehaltenen Gebäude antrifft, die hier sämtlich nicht nur als Geschäftsraum, Laden, Werkstatt und Lager, sondern auch zugleich als Wohnung für die

gerüst und Matten errichtet, um die Sonnenstrahlen abzuhalten, die ein zu rasches Trocknen und Reißen der frisch angetragenen Putzschichten bewirken würden. Die Feuersicherheit der Kura, die allerdings keineswegs eine unbedingte ist, wird dadurch erzielt, daß man alles Holzwerk, mindestens an der Außenwand mit einem schützenden Überzuge von Putz versieht.

Dieser Überzug soll und wird im allgemeinen wenigstens so lange standhalten, bis die ärgste Hitze vorüber ist und die Stichflamme im Holzwerke der benachbarten Gebäude keine Nahrung mehr findet; denn meist brennt das leichte Holzwerk der gewöhnlichen japanischen Häuser ziemlich rasch herunter, und so lange widersteht auch wohl der Putzüberzug der Kura, um diese selbst und ihren Inhalt vor dem Verderben zu schützen. Wenn aber bei einer größeren Feuersbrunst die Flammen sehr reichlich genährt werden und sich zu einer länger anhaltenden Glut entwickeln, dann

läßt auch die Feuersicherheit der Kura im Stich, und der Inhalt der Speicher wird meist mehr oder minder beträchtlichen Schaden leiden; der Putz der Wandflächen bekommt dann vielfach Risse, und das ganze Gebäude kann nur nach einer gründlichen Ausbesserung wieder als ein einigermaßen feuersicheres angesehen und benutzt werden.

Die Speicher sind ein- oder zweistöckig — dreistöckige dürften nur ganz vereinzelt vorkommen — und haben im allgemeinen verhältnismäßig kleine Fenster- und Türöffnungen, die durch schwere, meist zweiflügelige Dreh- oder Schiebeläden verschlossen werden können, und ein schweres, in den First- und Gratlinien meist reich verziertes Ziegeldach. Die Tür- und Fensterläden sind bei neueren Bauten mitunter wohl ganz aus Eisen, nach der vorherrschenden älteren Bauweise enthalten sie ein Holzgerippe, das mit einer sehr dicken Putzschicht überzogen ist. Bei der Ausführung bildet man in der Regel mindestens drei Anschläge oder Falze, die um den ganzen Rahmen des Flügels herumgeführt werden und diesem — vgl. die Giebelansicht Abb. 1 Bl. 5 — ein Ansehen verleihen, das etwas an die Türen unserer heutigen eisernen Geldschränke erinnert. Die Mauern der Speicher sind weißt oder graubraun gestrichen oder mit schwarz gefärbtem, feinem Stuck abgeputzt, dem man auch wohl durch sorgfältiges Polieren das Ansehen eines schwarzen Lacküberzuges zu geben pflegt. Es ist vielfach üblich, die äußeren Putzflächen der Kura gegen die Unbilden der Witterung durch eine leichte, rasch abnehmbare Bretterverkleidung zu schützen; diese besteht aus wagerechten, sich schuppenförmig überdeckenden Brettern von geringer Stärke und senkrechten davorgesetzten Leisten nach Art des früher erwähnten Hame. Um dieser Verkleidung, Sh'tami genannt, die, zu größeren Tafeln vereinigt, nur lose vor die Wandflächen vorgesetzt wird, Halt zu geben, werden in regelmäßiger Wiederholung an den Stielen der Außenwände eiserne Haken befestigt, in die Speicherwände eingeputzt und außen mit halbkugelförmigen Metallkappen überkleidet; an diesen Haken, die durch die Bretterverkleidung hindurchgreifen, wird letztere in der durch die Text-Abb. 132 veranschaulichten Weise befestigt. Wie man erkennt, kann die Verkleidung abgenommen werden, sobald man den zwischen den Leisten und den Haken eingetriebenen, durch zwei Nägel leicht befestigten Holzkeil gelöst und entfernt hat. Die Haken in den Außenwänden sind in der Giebelansicht, Abb. 1 Bl. 5, deutlich zu erkennen.

In den Text-Abb. 133 und 134 ist die Ausführung und Befestigung einer doppelflügeligen Eingangstür und eines ebensolchen Fensters in Ansicht und wagerechtem Schnitt mitgeteilt. Tür und Fenster haben zwei nach außen aufschlagende Flügel, deren Rahmwerk aus Holz mit zwei eisernen Bändern an den Drehzapfen der Umrahmung befestigt ist; die Bänder für die Tragzapfen sind über Eck in die Pfosten einer Umrahmung eingesetzt, die durch ein zweites hölzernes Gewände noch verstärkt wird. Der äußere Rahmen, der die Tür oder das Fenster unmittelbar aufnimmt, ist mit der inneren, in der Wand liegenden Umrahmung, wie Text-Abb. 133 erkennen läßt, so befestigt, daß er in seiner Höhe nach Bedarf etwas nachgestellt werden kann; die Keilanordnung ist in dem senkrechten Schnitt, Text-Abb. 133a, ersichtlich. Das Fenster- und Türgerippe wird

von allen Seiten mit Putz überzogen, wobei zugleich die in dem wagerechten Schnitt, Text-Abb. 133b, angegebenen Anschläge hergestellt werden, so daß die vollendeten Läden, wie auch die Giebelansicht Abb. 1 Bl. 5 zeigt, ein völlig massives Ansehen erhalten, das durch nichts das innere Holzwerk vermuten läßt. Zur Sicherheit gegen Einbruch erhalten die Fenster meist noch einen Abschluß durch eisernes Gitterwerk aus Stäben von geviertförmigem Querschnitt. Die Beschläge der Fenster und Türen werden streng nach der in Text-Abb. 134a dargestellten Weise ausgeführt; der eigentümlich geschwungene Überwurf, der das unbeabsichtigte Öffnen der Flügel verhindert, nebst Ring zum Öffnen des Fensters, ist durch ganz Japan in fast gleicher Form zu finden. Fenster und Türen sind gewöhnlich durch kleine Vordächer von oben und auch durch besondere Seitenwangen seitlich gegen den Schlagregen geschützt. Die Tür- und Fensteröffnungen kann man auf der Innenseite meist noch durch eine aus starken Bohlen gebildete Schiebelade ab-

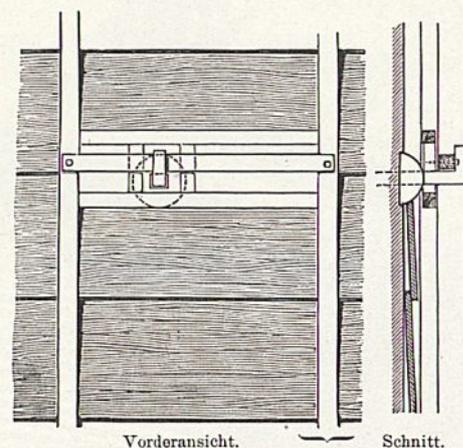


Abb. 132. Abnehmbare Bretterverkleidung.

schließen, die ganz nach Art der Shoji in einer oben und unten angebrachten Nut seitwärts bewegt wird. Die Fuge zwischen dieser Schiebelade und einer besonders vorgesehenen Anschlagleiste, die in den wagerechten Schnitten, Text-Abb. 133b und 134b, angegeben ist, wird, wenn Feuer ausbricht, durch bereit gehaltenen Lehmschlag ausgefüllt, so daß man das Innere des Speichers in kurzer Zeit rauchdicht abschließen kann.

Die Anordnung einer schweren Schiebetür wird durch die Text-Abb. 135 in Grundriß und senkrechtem Schnitt verdeutlicht; auch in diesem Falle ist noch eine innere Schiebelade vorgesehen, die man in gleicher Weise, wie vorher erwähnt, abdichten kann. Die senkrechten Tragpfosten des Rahmwerks, die in die Wand von allen Seiten eingeputzt werden, erhalten auf der Außenseite eine Art Sägezähne oder rechteckige Einkerbungen, in welche die wagerechten Stäbe des Rohrgeflechts für den Putz eingelegt werden, und in denen auch der Putz selbst zugleich besser haften soll. Zwischen den Pfosten wird ein engmaschiges Flechtwerk aus Bambus oder Rohr hergestellt; an den Kreuzungspunkten der senkrechten und wagerechten Rohrstäbe werden regelmäßig meist geteerte Hanfstricke eingebunden, die mit verputzt werden. Das ganze Gewebe wird durch Putzbewurf oder eingebrachten Lehm oder Straßenschlick ausgefüllt und durch vielfach wiederholtes Antragen von Putzschichten schließlich auf die beabsichtigte Stärke gebracht. Um das Ständerwerk

in gehörigen Längsverband zu bringen, werden, wie dies beim gewöhnlichen japanischen Fachwerkbau bereits erwähnt wurde, hochkantig gestellte schmale Bretter, Nuki, als wagerechte Riegel verwandt; diese durchdringen die Pfosten und werden in diesen mit Keilen festgetrieben. Schrägstreben zur Versteifung und Verkreuzung der Gefache sind aber auch hier, wie sonst beim japanischen Hausbau, ganz ungebräuchlich.

Nach den vorstehenden Bemerkungen ist zur Erläuterung der auf Blatt 5 dargestellten eingeschossigen und zwei-

läden für Tür und Fenster, wie aus dem Grundriß ersichtlich, zweiteilig angeordnet und werden nach beiden Seiten hin auseinander geschoben. Die Treppe ist mit einem durch zwei freistehende Pfosten gestützten Vordach überdeckt. Der innere Teil des Unterbaues der Umfassungswände wird bei dem vorliegenden Beispiele durch ein in regelmäßigen Schichten hergestelltes Hausteinmauerwerk gebildet; ferner sind, wie der Querschnitt Abb. 1 Bl. 5 erkennen läßt, zwischen den Fachwerkstielen nach der Innenseite zu noch

wagerechte Bretter hochkantig eingesetzt, die den Putz nach innen zu abschließen. Bei sorgfältiger Ausführung wird hier, wie es der wagerechte Schnitt Text-Abb. 137 verdeutlicht, zwischen Putzfläche und Bretterverkleidung eine durch die ganze Höhe des Bauwerks durchgehende Schicht von etwa 3 cm Stärke offen gelassen, die man bis oben hin mit trockenem Sande verfüllt; diese Sandfüllung hat den Zweck, das Eindringen von Ratten zu verhindern; jeder Versuch, ein Loch herzustellen, soll an der Sandschicht scheitern, indem der Sand von oben nachsinken und das Loch sofort schließen soll. Ob man mit dieser Anordnung den

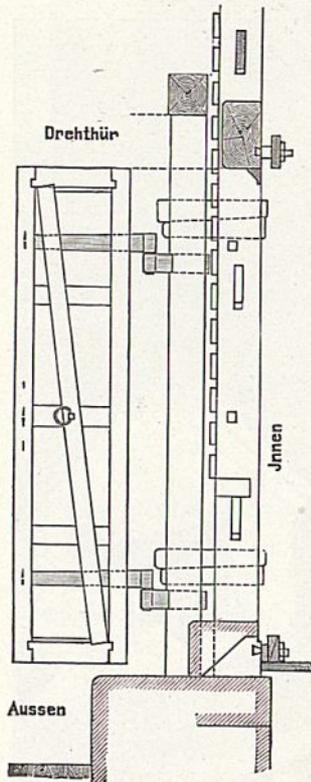


Abb. 133a. Senkrechter Schnitt durch die Drehthür.

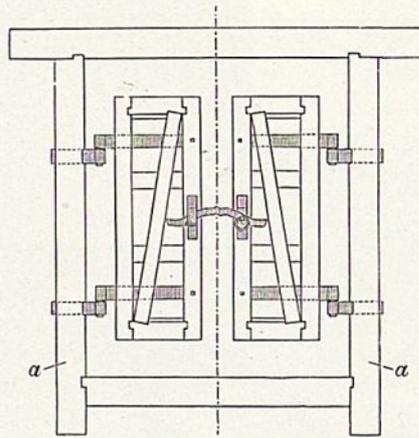


Abb. 134a. Vorderansicht.

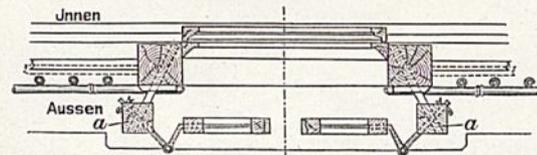


Abb. 134b. Grundriß des Kura-Fensters.

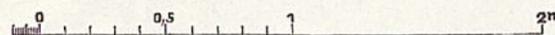


Abb. 134. Zweiflügliges Kura-Fenster.

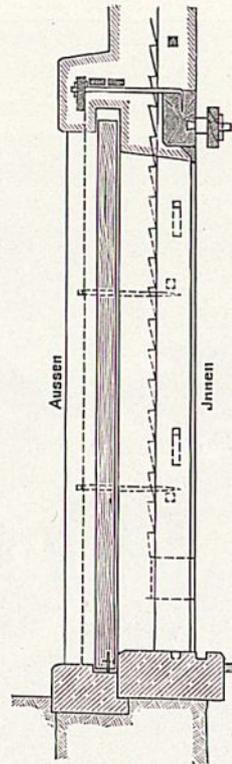


Abb. 135a. Senkrechter Schnitt durch die Schiebetür.

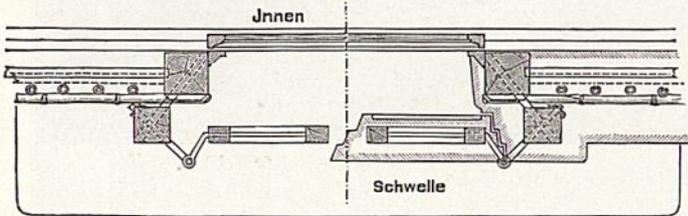


Abb. 133b. Grundriß der Drehthür.  
Abb. 133. Zweiflüglige Eingangs-(Dreh-)Tür.

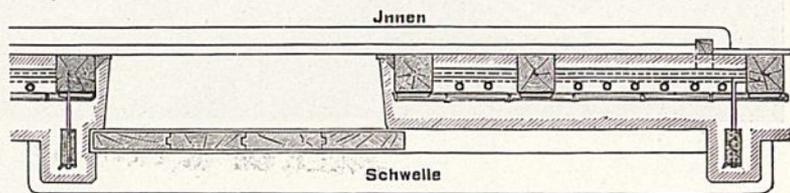


Abb. 135b. Grundriß der Schiebetür.  
Abb. 135. Kura-Schiebetür.

geschossigen Speicheranlagen — Abb. 1 Bl. 5 zeigt die gegenwärtig mehr gebräuchliche Form — nicht viel hinzuzufügen. In beiden Fällen ist der Fußboden etwas über die Erdgleiche erhöht, um mehr Schutz gegen die Erdfeuchtigkeit zu haben. Beim eingeschossigen Speicher stehen die mit Putz verkleideten Pfosten, die die Balkenlage tragen, unterhalb frei, wie bei dem Getreidespeicher in Nara, Text-Abb. 131, so daß die Luft ungehindert unter dem Fußboden hindurchstreichen kann. Die Fensteröffnungen sind hier durch starke senkrechte Holzstäbe von geviertförmigem Querschnitt ausgefüllt und können wie die Türöffnung innen durch schwere, seitlich verschiebbare Schiebeläden verschlossen werden. Für diese seitliche Bewegung muß natürlich beiderseits eine Begrenzung oder eine Art Anschlag vorhanden sein; dieser ist im Grundriß dargestellt. Bei dem zweigeschossigen Speicher sind die inneren Schiebe-

beabsichtigten Zweck wirklich sicher erreicht, möchte wohl dahingestellt bleiben. Die Text-Abb. 137 zeigt zugleich die

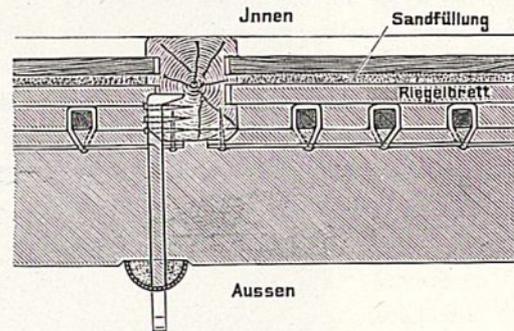


Abb. 137. Speicherwand mit Sandschicht.  
Wagerechter Schnitt.

Befestigung der eisernen Haken an den Wandstielen. Die in der Giebelansicht Abb. 1 Bl. 5 angegebenen Wandhaken lassen

deutlich erkennen, wie die übliche Bretterverkleidung, wenn sie angebracht wird, die Außenflächen des Speichers oberhalb des Sockelvorsprungs bis hinauf unter das wenig vortretende Hauptgesims umgibt. Dieses wird sehr bezeichnend Hachimaki, d. h. wörtlich die „Stirnbinde“, genannt. (Die Stirnbinde wird im Sommer von jedem Arbeiter getragen, um zu verhüten, daß der Schweiß in die Augen gerät.) Die halbkugelförmige Metallkappe, japanisch Chichi, d. h. weibliche Brüste — wegen der Ähnlichkeit ihrer Form —, die den Mauerhaken überdeckt,

Die architektonische Wirkung dieser meist schwer und infolge des dunkeln Anstrichs düster erscheinenden Bauten ist m. E. bedeutend, zumal, wenn wie gewöhnlich auf die Verzierung der Dächer größere Sorgfalt verwandt wird.

Auf den niedrigeren Vordächern unter den Fenstern des Oberstocks der Kura findet man vielfach einen mit Metallblech, oftmals Kupferblech, überzogenen Holzbalken angeordnet, der mittels besonderer, oft verzierter Stützknaggen über dem Dach befestigt ist. Dieser Balken hat den Zweck, bei aus-



Abb. 136. Anblick einer Straße im Stadtteile Shiba von Tokio.

ist keineswegs eine bloße Verzierung. Diese Kappe wird vielmehr mit Mörtel ausgefüllt und soll so den Hakenschaft bei Feuersbrunst vor zu rascher Erhitzung schützen, die sonst durch Vermittlung des eisernen Hakens den Feuerbrand in gefahrdrohender Weise auf das innere Holzgerippe übertragen könnte. Ähnlichen Metallkappen von Bronze oder Eisenblech sind wir bereits früher bei Erwähnung der Beschläge japanischer größerer Tore begegnet. Das ganze Speichergebäude macht nach seiner Vollendung einen durchaus massiven Eindruck, da, abgesehen von den hölzernen Verdachungen für Tür und Fenster, kein Holzwerk äußerlich sichtbar bleibt.

brechendem Feuer das Schließen der oberen Außenläden zu ermöglichen; in solchem Falle treten Arbeiter auf diesen Balken und verdichten schleunigst die nach Schluß der Fensterläden verbleibenden Fugen mit Lehm, den man in bereitgehaltenen Gefäßen aufbewahrt, um zu verhüten, daß Rauchgase in das Innere des Speichers hineinschlagen. In der Text-Abb. 136, die den Anblick einer Straße mit zahlreichen Ziegeldächern im Stadtteile Shiba von Tokio wiedergibt, ist diese Einrichtung auf dem Vordache des Speichers zur Rechten vom Beschauer deutlich erkennbar.

(Schluß folgt.)

## Santa Maria della Roccelletta.

(Alle Rechte vorbehalten.)

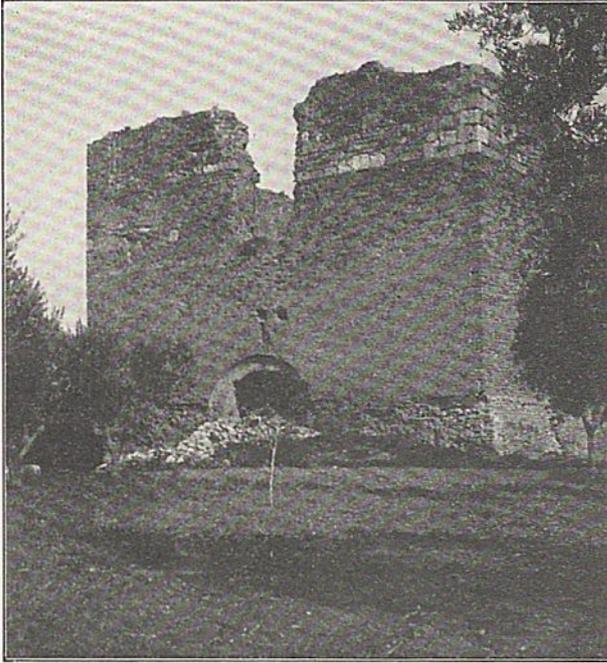


Abb. 1. Santa Maria della Roccelletta. Westseite.

Über die Stätten von Taras, Metapontion, Sybaris, Kroton, Lokri usw. an der verödeten Südküste des alten Großgriechenland, oft dicht dem Meere entlang, führt heute die Eisenbahn. Kurz nachdem die Station Catanzaro Marina durchfahren ist und die Bahn den Corace überschritten, gewahrt man landeinwärts auf dem ansteigenden Gelände die gewaltigen Reste einer aus unverputzten Backsteinen aufgeführten Kirche, deren tief braunroter Ton aus dem satten Grün

hervorleuchtet. Die Eigenartigkeit des Anblicks veranlaßte den Schreiber dieser Zeilen das Bauwerk zu besuchen. Es liegt in der Nähe des Örtchens Roccella zwischen Oliven-, Feigen- und Orangenbäumen, etwa 1 km von der Küste des jonischen Meeres und ungefähr doppelt so weit vom rechten Ufer des Corace entfernt. Wenn wir uns von Osten her auf der nach S. Floro-Borgia führenden Straße nähern, wenden sich uns die Apsiden zu, von denen zwei fast in ganzer Höhe erhalten sind. Nachdem die Einfriedigung einer wohlbebauten Felderanlage durchschritten ist, die den Herren Massara in Borgia gehört, erreichen wir mit wenigen Schritten die mächtig vor uns aufsteigenden Mauern. Sie gehören einer dachlosen Ruine an, die hier überwuchert von Brombeergesträuch und Disteln ein richtiges Dornröschendasein führt. Von den Umfassungsmauern ist im Laufe der Jahre ein großer Teil, insbesondere das Querschiff und die Choranlage teils eingestürzt, teils abgebrochen worden. Unter dem Eindruck, den die prächtige Ruine auf den Schreiber machte, wendete er sich an die städtische Bücherei in Catanzaro, deren Vorstand, Herr Carlo de' Nobili, ihm sehr freundlich entgegenkam und ihn mit der diesem Gegenstand gewidmeten Schrift des Herrn Ingenieur Giuseppe Foderaro bekannt machte. Sie ist betitelt: *La Basilica della Roccelletta presso Catanzaro, nelle sue relazioni coll' arte e colla storia. Catanzaro 1890.* Ein Besuch bei dem Herrn Verfasser, den ich in seinem herrlich auf der Höhe des Apennin angesichts des tyrrhenischen und jonischen Meeres thronenden Landsitze antraf, machte mich mit ihm bekannt und setzte mich in den Besitz der Veröffentlichung, die im Buchhandel nicht erhältlich ist. Ich lege sie meiner Studie zugrunde. Wie Herr Foderaro dort,

wollen auch wir ans Werk gehen: „prima l' esame, poi la diplomatica.“

Wir geben in Abb. 4 den Grundriß der Kirche, den wir unter Benutzung der von Herrn Foderaro veröffentlichten Aufnahmen in den Hauptausmaßen aufgetragen, im einzelnen aber nach eigenen Aufnahmen ergänzt und teilweise berichtigt haben. Noch stehende Mauern sind schwarz angelegt worden, die sicher nachweisbaren Teile wurden punktiert und schraffiert. Der Plan zeigt die Grundform des lateinischen Kreuzes. Das Langhaus war anscheinend einschiffig, das Querschiff tritt

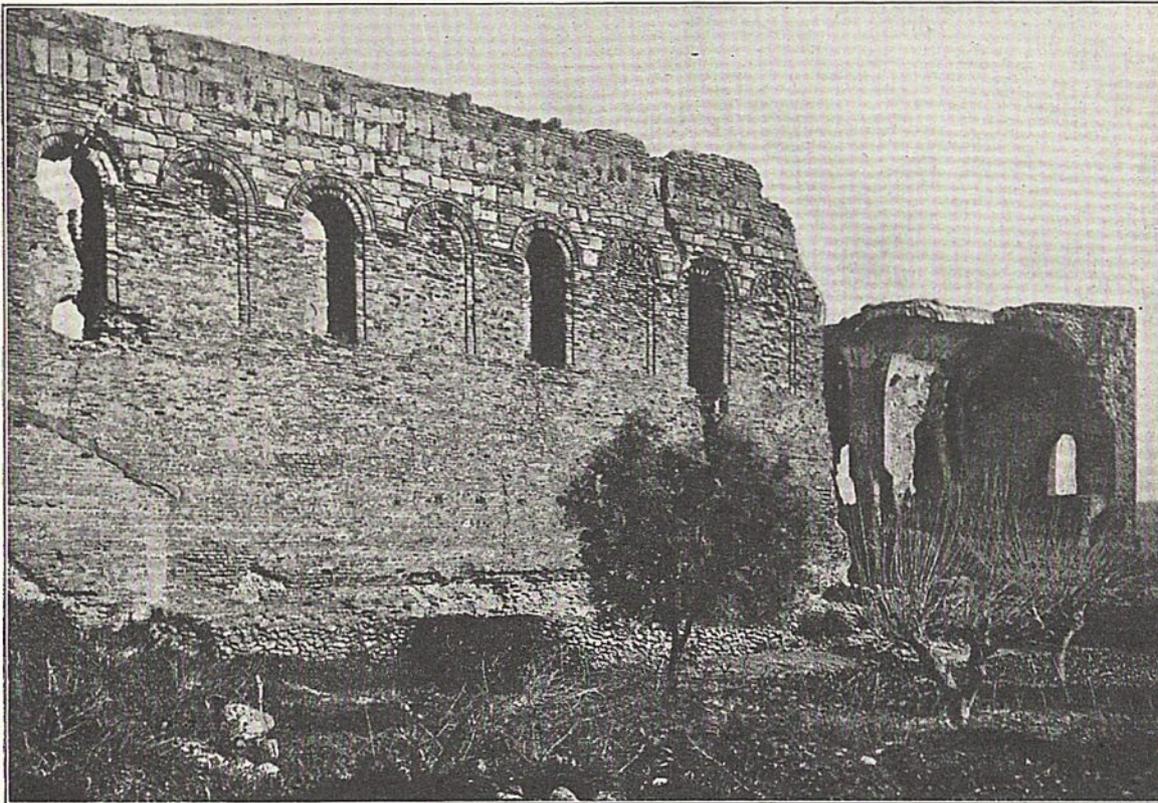


Abb. 2. Santa Maria della Roccelletta. Blick von der Südseite in das Presbyterium.

(Nach Foderaro.)

beiderseits bedeutend über das Langhaus vor. Es sind ihm östlich drei Apsiden unter Einschaltung je eines nahezu quadratischen Chores vor den Seitenapsiden angefügt, während die mittlere Apside durch Einschiebung eines oblongen Raumes über erstere vorgeschoben wird.

Das Presbyterium, das vermutlich die Apsiden samt Querschiff umfaßte, war, wie mit Sicherheit anzunehmen ist, gewölbt. Für die mittlere und die linke Apsis nebst Chören sind die Gewölbe aus den vorhandenen, in Abb. 2 ersichtlichen bedeutenden Resten noch nachweisbar. Nischenartige Wölbungen schlossen die Apsiden. Die erhaltenen Gewölbeteile lassen deutlich erkennen, daß sie sich erst aus einer ringsum ersichtlichen Abschlußwand vertiefen. An diese Wand schließen sich als Decke des vorliegenden Chores und vermutlich bis an die westliche Abschlußwand des Querschiffes durchgeführt, halbkreisförmige Tonnen an. Durch quergerichtete Tonnen entstehen über den Seitenchören Kreuzgewölbe. In gleicher Weise müssen wir auch das Querschiff mit einer Tonne überdeckt denken, so daß auch über diesem

Mauerkörpers selbst, in welchen sich einerseits eine Nische vertieft, während andererseits das Querschiff weiter fortgesetzt ist. Ebensovienig darf die Grundrißform bei *D* als Gurt-

pfiler angesehen werden. Tatsächlich springt dort nur eine Ecke rechtwinklig ein, die sich noch weit unterhalb der Kämpferhöhe wieder ausschneidet; dies ist auf der nach photographischer Aufnahme hergestellten Abb. 2 deutlich zu erkennen. Fraglicher Einsprung hat ersichtlich nur dekorativen Zweck. Er wurde in Abb. 3 dargestellt und dürfte sich auch bei *E* (Abb. 4) wiederholen haben. Die Hauptapsiden zeigen außen drei Reihen Fensteröffnungen und Nischen übereinander. In der obersten, etwa 20 m über dem äußern Gelände laufenden Reihe befinden sich sieben gleichgroße Nischen; beschränkt sich diese Nischenreihe auf die Hauptapsis, so zieht eine zweite tiefere Reihe auch um die Seitenapsiden. Wir sehen je in der Mittelachse eine größere Nische, der sich an der Hauptapsis je drei, an den Seitenapsiden je eine kleinere Nische seitlich anschließt. Die größere Mittelnische ist heute fensterartig durch-

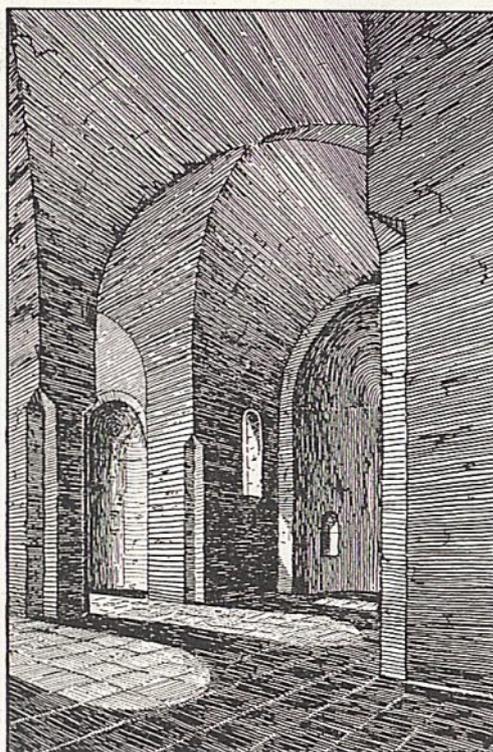


Abb. 3. Blick in das Presbyterium.

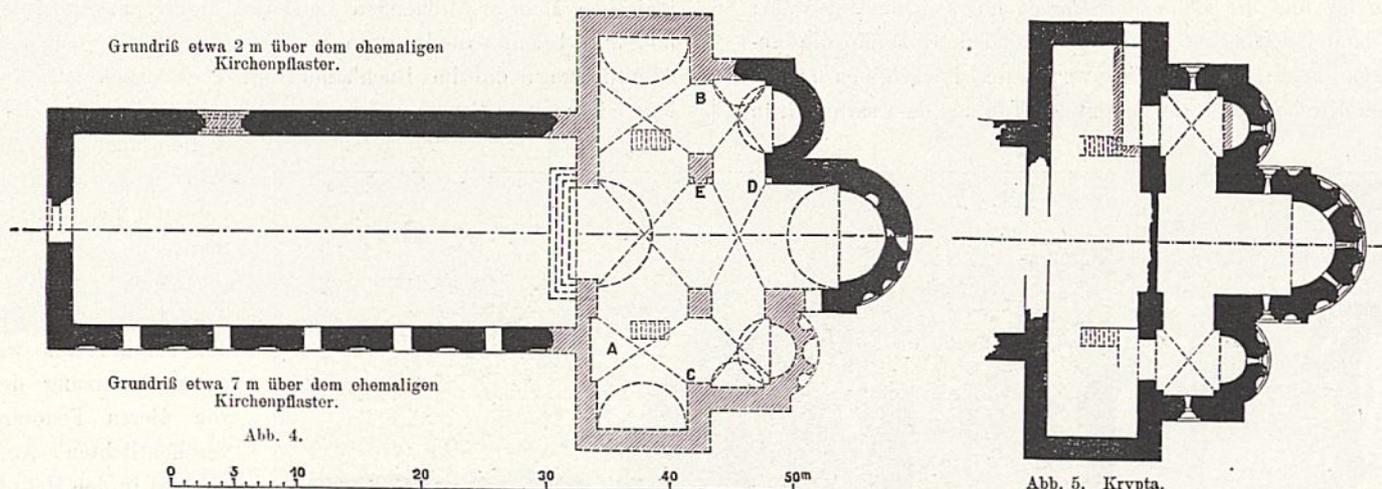


Abb. 4.

Abb. 5. Krypta.

Abb. 4 u. 5. Santa Maria della Roccelletta.

durch Durchkreuzung mit den längsgerichteten, von den Chören ausgehenden Tonnen drei Kreuzgewölbe entstanden sein werden. Ob bei *A* eine vertiefte Schildwand gewesen, wissen wir nicht. Da sie vermutet werden kann, Anhaltspunkte aber nicht vorliegen, haben wir sie nur auf einer Seite des Grundrisses eingezeichnet.

Der zur Linken der mittleren Apsis erhaltene Gewölbeteil läßt deutlich ersehen, daß die kleinere Quertonne durch spitzbogige Form scheinbar gleich mit der größeren Tonne des Mittelchores geführt war, und ferner, daß Gurte nicht vorhanden waren. So zeigt sich also die Einwölbung als ein System sich kreuzender Tonnengewölbe. Die bei *B* und *C* im Grundrisse erscheinenden pfeilerartigen Mauerkörper sind nicht als Vorlagen zu betrachten, sondern sind die Reste des

brochen; ob sie von Anfang so gestaltet war, oder ob der Durchbruch erst später erfolgte, konnten wir mangels der nötigen Hilfsmittel nicht feststellen. Auf der Höhe dieser Nischenreihe zeigt der Mittelchor eine seitliche Lichtöffnung. Als dritte Reihe ziehen sich, zum Teil schon unter dem heutigen Boden liegend, die Fensteröffnungen der Krypta um sämtliche Apsiden (Abb. 6). Die Mauertechnik vermag aus Abb. 2 und 6 erkannt zu werden. Im Inneren der Mittelapsis finden sich drei halbkreisförmige Nischen, die in der Höhe zwischen der mittleren Nischenreihe und den Krypta-Lichtöffnungen liegen. Lichtöffnungen dürfen wir wohl auch an den Seitenchören und an den Giebelseiten des Querschiffes annehmen.

Während, wie ein Blick auf den Grundriß und die Abb. 2 lehrt, ein großer Teil des Presbyteriums bis auf die

ehemalige Fußbodenhöhe, zum Teil sogar noch weiter abgetragen ist, stehen die Umfassungsmauern des Langhauses noch in einer Höhe von etwa 15 m über dem ehemaligen Kirchenpflaster. Pfeiler, die eine Teilung des Langhauses vermuten lassen, sind nicht ersichtlich, lassen sich auch unter den angehäuften Bergen von Bausteinen nach dem Verhältnis der Breite des Langhauses zu jener des Mittelchores und in Rücksicht auf die nur mögliche äußerst geringe Breite der Seitenschiffe kaum vermuten. Die Bezeichnung „Basilica“ ist also nur in bedingter Weise zulässig. Unbedingte Sicherheit über diese und weitere Fragen könnte die mit geringen Mitteln auszuführende Schuttabräumung verschaffen. Weder in den Langmauern noch an der westlichen Giebelwand lassen sich Spuren von Gewölbeansätzen nachweisen. Da es statisch undenkbar ist, daß die hohen Umfassungen ein Gewölbe von 15 m Spannweite zu tragen vermöchten, so nehmen wir mit Herrn Foderaro an, daß das Langhaus nicht gewölbt, sondern mit hölzerner Flachdecke oder wahrscheinlicher mit offenem Dachstuhl versehen war. An den Langseiten des Langhauses sind außen abwechselnd mit sechs seichten halbkreisförmig geschlossenen Blindbogen fünf ebensolche Lichtöffnungen erhalten. Sie befinden sich wohl in einer Höhe von 7 bis 8 m über dem ehemaligen Kirchenpflaster und liegen ungefähr um ihre ganze Höhe tiefer als die obere äußere Nischengalerie der Hauptapside, so daß sie etwa dem Zwischenraume zwischen dieser und der mittleren Nischenreihe dort entsprechen. Auf den Westgiebel erstreckte sich das Fenster- und Blindbogenband nicht. Hier ist nur ein einziges großes Fenster zu erkennen (vgl. Abb. 1), das etwa 9 m über dem jetzigen äußeren Boden beginnt. Lichtöffnungen und Blindbogen sind mit zwei übereinander vortretenden Backsteinbogen überwölbt. Über den oberen Bogen kragen zwei gelegte Backsteinschichten vor, so daß in dieser Weise die Wirkung einer breiten Archivolte erzielt wird. Diese gelegten Schichten verbinden



Abb. 6. Santa Maria della Roccelletta. Ansicht der Apsiden.

(Nach Foderaro.)

die Archivolten auf Kämpferhöhe. Die gleiche Dekoration zeigt die mittlere Nischenreihe im Äußeren der Apsiden. Sie ist der einzige Schmuck, den das Gebäude aufweist.

Die Lichtöffnungen waren wohl mit Holzgittern verschlossen. Der Haupteingang befand sich auf der Westseite, wo die große, aller Zierglieder beraubte halbkreisförmig überwölbte Türöffnung erhalten ist (Abb. 1). An der nördlichen

Langseite scheint ein zweiter Eingang bestanden zu haben. Der Fußboden war nach Foderaro mit großen quadratischen Ziegeln belegt. Über den Boden des Langhauses erhob sich nicht unbedeutend jener des Presbyteriums. Unter diesem liegt eine Krypta; ihr Umfang läßt sich, ohne daß die gewaltigen Mauertrümmer weggeräumt werden, die im Sturz den größten Teil der Kryptengewölbe durchgeschlagen und verschüttet haben, nicht mit Sicherheit feststellen, doch scheint sie nur die Apsiden und die ihnen unmittelbar vorliegenden Chöre umfaßt zu haben (vgl. Abb. 5). Ebenso ist der Zugang zu derselben aus der Kirche ohne Wegräumung des Schuttes heute nicht sicher nachweisbar. R. Schöner<sup>1)</sup> spricht wohl von „verschütteten Treppen“, die „in unterirdische Räume“ hinabführten, ohne jedoch ihre Lage anzugeben. Herrn Foderaros Ansicht, daß sich die Zugänge in den Ecken des Querschiffes befanden und die Gestalt von Wendeltreppen hatten, ist nicht wahrscheinlich;

richtig wohl die Angabe bei Enrico Caviglia<sup>2)</sup>, der je eine Treppe in den Seitenflügeln des Querschiffes angibt; aus dem dortigen Grundriß, der sich auf Foderaros Aufnahme stützt und sich von dieser nur in der Lage der Treppen unterscheidet, übernehmen wir die Anordnung der letzteren. Der heute von der Nordseite des Querschiffes in die Krypta führende Gang scheint nicht ursprünglich zu sein. Da auch

1) Im Herzen von Calabrien. Allgem. Zeitung 1893 Nr. 199. Beilage Nr. 165. S. 5.

2) Rassegna d'arte 1903, Seite 51 usf. La Roccella del Vescovo di Squillace.

die nördliche Apsis dort offenbar später ausgemauert worden ist, so möchte die Herstellung des Ganges in die gleiche spätere Zeit fallen und wohl mit der Verwendung der Krypta zu profanen Zwecken in Verbindung zu bringen sein. Nach dem in der Krypta erhaltenen Gewölbe zu schließen, war diese genau wie das Presbyterium mit gurtenlosen Tonnengewölben eingewölbt. Die Beleuchtung erfolgte durch schmale Fensterschlitze, die nach außen nischenartig ausgebildet sind und sich nach innen bedeutend erweitern.

Aus der Betrachtung der Anlage geht hervor, daß Kirche und Krypta ein auf eine einzige Bauzeit zurückzuführendes Gebäude sind; gleichwohl möchten wir sie nicht als einheitlich bezeichnen, da es den Anschein erweckt, als ob die Ausführung des Langhauses einem veränderten Plane, der vielleicht einer größeren Gemeinde Rechnung tragen wollte, entsprungen wäre. Die Außenflächen der etwa 1,50 m starken Umfassungsmauern sind mit Backsteinen hergestellt, während zwischen denselben sich ein betonartiges Gußmauerwerk befindet. Die Gewölbe scheinen ausschließlich aus Backsteinen gemauert gewesen zu sein. Im Inneren sind die Apsiden verputzt, während das Langhaus des Verputzes entbehrt. Das Backsteinformat ist sehr groß; leider sind unsere Aufzeichnungen darüber verloren gegangen. Die Mörtelfugen messen bis zu 5 cm. Die chemische Untersuchung des Mörtels ergab nach Herrn Foderaro eine starke Beimischung vegetabilischer Kohle, die er als Mittel gegen das Schwinden erklärt. Wir möchten eher annehmen, daß sie auf den Vorgang des Kalkbrennens zurückzuführen sein wird, also keine absichtliche Beimischung, sondern eine Verunreinigung des Kalkes darstelle. Während das Mauerwerk des Langhauses bis über die Fensterbogen gleichmäßiges Backsteinmaterial zeigt, ist dort, von einer sich deutlich aussprechenden Grenze an, Haustein- und Backsteinmaterial regellos durcheinander verwendet, so daß im Gegensatz zu der soliden einheitlichen Ausführung der unteren Mauerflächen, der obere Teil den Stempel flüchtiger Ausbesserung oder Herstellung trägt; hierdurch wird wohl eine Instandsetzung nach einem Brande oder Erdbeben gekennzeichnet.

Die Ruine, deren Ostteil, gehoben durch das berührte Abfallen des Geländes, sich mächtig vor uns aufbaut, macht in ihrer Schmucklosigkeit einen ernsten, großartigen Eindruck, der durch die Einheitlichkeit der Farbe wesentlich gehoben wird. Keine Inschrift, keine Spur von Malerei, kein Relief ist an den erhaltenen Mauerteilen ersichtlich, die den Bann des märchenhaften Reizes brechen würden, den die Unsicherheit über die Entstehung des Denkmals um dasselbe webt. Der Bauverständige wird es als „romanisch“ bezeichnen, wie dies auch R. Schöner<sup>3)</sup> tut und im Bande „Unteritalien und Sizilien“ von Meyers Reisebüchern, 1902 S. 197 zu lesen ist.

Wir wenden uns nun wieder Herrn Foderaros Schrift zu. Während der erste Teil derselben die Einleitung bildet, und der zweite Teil der Untersuchung des Bauwerkes gewidmet ist, der gegenüber wir im vorstehenden uns mehr in Einzelheiten vertieft haben, hat er im dritten Teil die Äußerungen zusammengestellt, die ihm aus der italienischen Literatur über die Kirche bekannt geworden sind. Die An-

3) Vgl. Anm. 1).

schauungen der einzelnen Schriftsteller gehen in einer Weise auseinander, wie sie zerfahrener nicht gedacht werden kann. Wir stellen sie in Gruppen zusammen.

Die erste Gruppe behauptet, die Kirche sei „di architettura greca“ oder „di stilo greco“, ohne sich weiter in eine Erklärung und Begründung einzulassen, wird damit aber wohl die klassisch griechische Architektur im Auge haben. Wir führen in der Fußnote <sup>4)</sup> die Werke nach Foderaro an, ohne sie selbst nachgelesen zu haben. Nach Foderaro bringen sie die Kirche mit einer angeblich in jener Gegend gelegenen Stadt: Crotolla, Castro Hannibalis, Milea, Itone, welche letztere später Lusitana oder Lisitania geheißen haben soll, in Verbindung. Was die Anschauung betrifft, die Kirche sei „di architettura greca“ genügt unter Hinweis auf die Grundrisse Abb. 4 u. 5 die Feststellung, daß in keinem Teil ihrer Anlage etwas zu finden ist, was diese Behauptung rechtfertigen und mit „architettura greca“ irgend eines Zeitabschnittes verglichen werden könnte. Die genannten Schriftsteller finden es wohl am naheliegendsten, hier im Gebiete Großgriechenlands unbekümmert um die Zeitfrage griechische Einflüsse vorauszusetzen, gehen auch überdies nach Foderaros Anführungen so flüchtig über die Frage hinweg, daß sie deutlich bekunden, besonderes Interesse für dieselbe nicht zu besitzen und es nicht übel zu nehmen, wenn andere anderer Meinung sein sollten.

Ob je an fraglicher Stelle ein griechischer Tempel gestanden, wissen wir nicht; Reste sind nicht sichtbar über dem heutigen Boden, und selbst wenn unsere Kirche auf alten Grundmauern erbaut sein sollte, so haben diese die Gestaltung der Kirche in wesentlichen Punkten nicht beeinflusst.

In eine zweite Gruppe können wir jene Schriftsteller zusammenfassen, welche die Entstehung der Kirche in das IV. bis VI. Jahrhundert nach Christus verlegen. Dahin gehört zunächst Lenormant<sup>5)</sup>. Er sagt: „Le plan de cet édifice est purement latin, sans trace d'influence byzantine . . . tout d'une fort belle construction romaine, encore toute classique, qui rappelle les édifices de l'époque immédiatement post-constantinienne. Ce monument que ne signale aucun guide du voyageur est le reste le plus considérable des premiers siècles chrétiens dans les provinces méridionales de l'ancien royaume de Naples“. Settembrini<sup>6)</sup> will sie nach Foderaro dem V. Jahrhundert zuweisen, während sich Grimaldi<sup>7)</sup> auf die Vermutung beschränkt, „forse il tempio appartiene alla distrutta città di Lissitania che in quel luogo dicesi esistita nel VI. secolo“.

Von dieser Gruppe von Schriftstellern läßt sich also Lenormant am eingehendsten zur Sache vernehmen. Doch lesen wir zunächst an der oben wiedergegebenen Stelle weiter. Er sagt dort: „C'est évidemment de l'église ruinée que provient un charmant bas-relief byzantin en marbre, d'une sculpture très fine, représentant la Vierge Marie et l'enfant Jésus, lequel est aujourd'hui encastré dans une muraille sur le bord de la route, où la dévotion des paysans l'entoure d'hommages.“

4) Corcia, Storia Universale. Lupis, Elementi di storia Universale tom. VI. Amato, Storia di Catanzaro. Padre Fiore, Calabria illustrata.

5) François Lenormant, La Grande-Grèce. Paysages et histoire. Paris 1881, 1884, 3 Bde. II. Band S. 254.

6) Ricordanze di mia vita.

7) Studi archeologici sulla media Calabria.

Le costume de la Vierge est exactement celui de l'impératrice Théodora dans les mosaïques de San Vitale de Ravenne . . . .“ Daß Lenormant diese moderne Provinzarbeit, deren Altertümlichkeit sich nur auf kostümliche Einzelheiten beschränkt, für alt halten konnte, berührt geradezu komisch. Herr Foderaro erbringt den Beweis, daß dieselbe von Michele Barilari da Serra im Jahre 1854 hergestellt worden ist. Nach dieser Leistung können uns auch Lenormants Äußerungen über die Kirche selbst nicht mehr überraschen, und man darf es Herrn Foderaro nicht verargen, wenn er sagt: „Le deduzioni del Lenormant . . . . mostrano sempre più con quanta leggerezza vengano spesso, da gli stranieri, giudicate le antichità italiane“.

Der Altersbestimmung der Kirche durch Settembrini neigt auch Herr Foderaro und, anscheinend auf seinen Ausführungen weiterbauend, Enrico Caviglia zu, wie wir noch zu besprechen haben werden.

In letzter Reihe erwähnen wir nach Foderaro die Bemerkungen Riedesels<sup>8)</sup>, die wir anscheinend nach Salazaro<sup>9)</sup> in folgender Weise wiedergegeben finden: „sussiste un edificio di mattoni che mi si era annunziato come un antico tempio greco, ma ch'io piuttosto crederei dalla sua forma un edificio dei Goti o dei Normanni. È vero ch'esso ha la forma di un quadrato ma le torri agli angoli, della stessa forma, provano ch'esso non fu mai fabbricato dai Greci . . . .“

Diesem italienischen Wortlaute seiner angeblichen Ausführungen schließt sich, wie Herr Foderaro erwähnt, auch Arnone<sup>10)</sup> an.

Noch möchte festzustellen sein, daß Salazaro die bei Foderaro nicht beachtete Annahme vertritt, daß unsere Kirche „dell'età stessa del tempio di Stilo“ stamme, von dem er erwähnt „vuolsi sia stato edificato nell'VIII. o IX. secolo“. Sonach tritt er für eine bisher nicht aufgestellte Annahme ein.

Keiner dieser Schriftsteller macht den Versuch, seine Behauptung zu begründen, so daß diese nur als kritiklose Wiederholung haltloser Überlieferungen oder Aufstellungen erscheint. Gering dürfte die Zahl der Denkmäler in Europa sein, die sich bei solchem Umfang so lange Zeit einer kritischen Betrachtung entzogen haben und ein von der Kunstgeschichte fast vergessenes Dasein führen.

Betrachten wir nun Herrn Foderaros Ausführungen, auf denen er seine Schlußfolgerungen aufbaut, näher. Seine Beweisführung stützt sich einerseits auf allgemeine geschichtliche und kunstgeschichtliche Daten, andererseits auf die Zeitbestimmung, welche Camillo Boito in dem Aufsätze „La chiesa di Sant' Abondio e la Basilica di sotto“<sup>11)</sup> für diese unterirdische Basilika vertritt. Der Grundriß derselben, den wir in Abb. 7 nach jener Veröffentlichung wiedergeben, zeigt das ausgebildete lateinische Kreuz. Boito sucht den Beweis zu erbringen, daß er dem V. Jahrhundert angehört. Anknüpfend an Boitos Satz „la croce immessa piglia dunque nel V secolo il luogo della commissa o patibulata“ fährt Foderaro fort: „E che sia proprio così lo conferma non solo la gran navata longitudinale, priva affatto di navi minori, ma eziandio la

poca sporgenza dell'abside rispetto al corpo dell'edificio, caratteristiche queste rituali architettoniche di tutte le basiliche cristiane dei primi sette secoli dell'era volgare. — Da ciò si scorge chiaramente che la nostra basilica per il suo sistema di costruzione, per la sua forma, per la disposizione delle sue parti, o in complesso per la sua costituzione organica e simbolica non può riferirsi ad un periodo di antichità diverso da quello che scorre fra il V ed il VII secolo dell'era volgare.“ Da nach Ughelli unter Papst Gregor dem Großen, also in den Jahren 590 bis 604, der Bistumsitz von Lusitana nach Squillace verlegt worden ist, so glaubt Foderaro, obwohl in dem von ihm nicht näher bezeichneten Dokumente von Sta. Maria della Roccelletta keine Erwähnung geschieht, „pure ad essa va certamente riferito, sia perchè niun altro avanzo di tempio cristiano ivi si scorge come pel fatto che i ruderi di quello in esame sono tecnicamente riferibili al periodo cennato dal documento stesso“. So kommt Foderaro zu dem Schluß, „che l'epoca di costruzione della Basilica della Roccelletta debba fissarsi al V secolo dell'era volgare.“

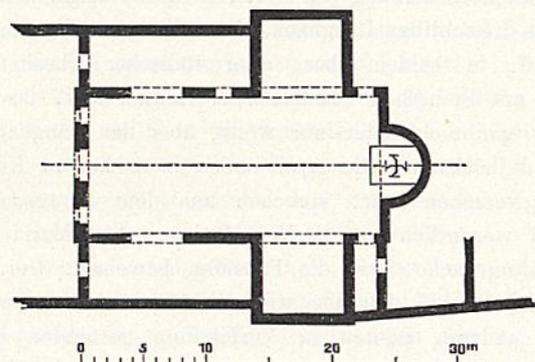


Abb. 7. Basilika unter der Kirche S. Abondio in Como.

Der nach Foderaro von einigen Seiten erhobenen Behauptung gegenüber, daß das Baudenkmal „di origine pagana, trasformato poscia al culto cristiano“, tritt der Verfasser mit der Feststellung der Einheitlichkeit des Bauwerkes entgegen und stützt sich des weiteren auf eine Äußerung Professor Melanis, den er um sein Urteil gebeten, und der ihm darauf geschrieben: „si tratta di una costruzione sulla quale è la traccia di rari tipi d'arte corrispondenti ai tre diversi periodi ai quali mi accenna: greco, romano e bizantino“. . . . „La pianta è davvero grandiosa e a me pare che così com'è possa benissimo essere l'originale della chiesa si capice.“ Was Herr Melani an dem Bauwerke auf griechische oder byzantinische Einflüsse zurückzuführen gewillt ist, unterläßt er leider mitzuteilen.

Melanis Auslassungen ermutigen Herrn Foderaro wiederholt zu dem Schlusse: „ci troviamo dunque di fronte ad una basilica del V secolo“. Die Folgerungen, die der Herr Verfasser aus seinem Ergebnis für die Architektur Calabriens zieht, können übergangen werden, da ersteres der Prüfung nicht standhält.

Wir werden nun auf die hauptsächlichsten Mängel in der Beweisführung des Herrn Foderaro kurz einzugehen haben. Betrachten wir zunächst den in Abb. 7 wiedergegebenen Grundriß der unter S. Abondio in Como entdeckten frühchristlichen Kirche. Die Richtigkeit der von Boito für ihre Zeitbestimmung angeführten Beweise zu prüfen, kann hier nicht unsere Aufgabe sein, wir wollen nur kurz

8) Reise durch Sicilien und Großgriechenland. Zürich 1771.

9) Salazaro Demetrio, Studi sui monumenti dell'Italia Meridionale dal IV. al XIII. secolo. Neapel 1877. II. Band S. 52.

10) Calabria illustrata.

11) Architettura del medio Evo. Milano 1880.

hier feststellen, daß, diese Richtigkeit vorausgesetzt, jene Entdeckung für die Geschichte der Entwicklung des Basilikengrundrisses von großer Bedeutung ist. Da wir bisher erst in karolingischer Zeit die Aufnahme dieser Grundrißform, die Erweiterung des Presbyteriums durch die Verlängerung des Langhauses über das Querschiff hinaus und zwar im fränkischen Rheinland mit Hessen nachweisen können, so würde jene Kirche das erste Auftreten des lateinischen Kreuzes, die Verwandlung der *crux commissa* oder des *signum tau* in die *crux immissa*, *crux capitata* darstellen und somit beweisen, daß dasselbe kein karolingisches Motiv, und daß die Annahme eines stilgeschichtlichen Stillstandes von Konstantin dem Großen bis Karl den Großen<sup>12)</sup> nicht durchaus aufrecht erhalten werden kann, zumal vermutet werden darf, daß jene Kirche nicht vereinzelt geblieben ist, wenn auch bis heute weitere nicht nachgewiesen wurden. Vergleichen wir den in Rede stehenden Grundriß mit dem von Sta. Maria della Roccelletta. Während jene Basilika in Como, abgesehen von der bemerkten Anordnung des Querschiffes, ganz das Schema frühchristlicher Basiliken (im weiteren Sinne) zeigt, den Pronaos, das dreischiffige Langhaus, ein verhältnismäßig schmales Querschiff, in beiden aber, alter italischer Überlieferung folgend, mit Sicherheit Flachdecke vermuten läßt, das Presbyterium gar nicht oder nur wenig über das Langhaus erhöht und höchstens die Apsis mit einem halben Kuppelgewölbe versehen war, sprechen aus dem letztgenannten Grundriß wesentlich andere Verhältnisse. Sta. Maria stand in der Hauptsache, wie die Fassaden beweisen, frei, und nur das Querschiff könnte, was aber nicht wahrscheinlich ist, mit anderen Bauten in Verbindung gestanden haben, das Presbyterium war nur durch die *Porta Triumphalis* mit dem Langhause in Verbindung und ist diesem gegenüber, wie auch Herr Foderaro feststellte, wesentlich erhöht gewesen; wir sehen eine durchgebildete Krypta, also das vollständige Aufgeben der *Confessio*; zwischen Querschiff und die drei Apsiden sind nahezu quadratische Chöre eingeschoben, die wie das ganze Presbyterium gewölbt waren, diese Wölbung ist in Form von teils kreis-, teils spitzbogigen Tonnen folgerichtig durchgeführt. Die erhaltenen Gewölbereste lassen erkennen, daß die Gewölbescheitel durchaus auf gleiche Höhe gebracht waren. Durch die Durchschneidung der Tonnen entstanden über den Chören und vermutlich auch im Querschiff Kreuzgewölbe, durch die Durchschneidung des Mittelchorgewölbes mit dem Gewölbe des Querschiffes aber eine dem Quadrat sich nähernde Vierung, und wir können weiter nicht umhin, die Vierungspfeiler zu rekonstruieren.

Herr Foderaro stellt fast alle diese Elemente fest, versäumt es aber, daraus den unabweisbaren Schluß zu ziehen, daß diesen Tatsachen zufolge unsere Kirche als ein der romanischen Stilzeit angehöriges Bauwerk anzusprechen ist. Daß alle die entstandenen Kreuzgewölbe nicht über vollständigen Quadraten sich erheben, kann an dieser Überzeugung nichts ändern, wenn es auch für die besondere Zeitbestimmung in Betracht gezogen werden darf. Wenn Herr Foderaro des weitern anführt, daß das große, der Seitenschiffe entbehrende Langhaus und der geringe Vorsprung der Apsiden bezeichnende Eigentümlichkeiten aller christlichen Basiliken der ersten

sieben Jahrhunderte seien, so mag das bezüglich der Apsiden in gewissem Sinne gelten, nicht aber was er über das Langhaus sagt. Hinsichtlich dieses einschiffigen Schemas ist entgegenzuhalten, daß sämtliche Baudenkmäler, an denen es uns entgegen tritt, entweder nachweislich oder doch höchst wahrscheinlich nicht kirchlichen, sondern heidnisch profanen Ursprungs sind<sup>13)</sup>. Im Gegensatz zu Foderaros Behauptung muß als Norm die Mehrschiffigkeit der frühchristlichen Basilika betont werden, für die im Gegensatz zu dem vollständig gewölbten Bema unserer Kirche die Flachdecke Regel ist und die aus der römischen Gewölbetechnik nichts als die nischenartige Einwölbung der Apsis übernimmt. Gewölbte Basiliken aus jener Zeit sind nicht nachweisbar, und so eigentümlich es auch ist, die großen Gewölbebauten der Römer, wie des Maxentius' gewaltige Halle, sind ohne Einfluß auf den abendländischen Kirchenbau geblieben, der bis in den Beginn der romanischen Zeit bei der in seiner Frühzeit gewonnenen Gestalt beharrt. Es ist die große Aufgabe der mittelalterlichen Architektur, die Umbildung der flachgedeckten Basilika in den organischen Gewölbebau. Auch die Form der Krypta ist romanisch; ältere als aus dem VII. Jahrhundert stammende Krypten lassen sich mit Zuversicht überhaupt nicht nachweisen, und diese frühesten zeigen den primitiven Typus, nicht aber eine derartige entwickelte Form. Angesichts so schwerwiegender Beweismomente treten Fragen, wie: ob Fenster in den Apsiden vorhanden gewesen und hierin etwa ein ravennatisches Motiv zu erkennen sei, ob die Behandlung der Fenster im Äußeren, die tatsächlich ganz an jene der Sta. Pudenziana in Rom erinnert, besondere Beachtung verdiene, ob sich die entstandenen Kreuzgewölbe unmittelbar an die Schildmauern anschlossen oder nicht — in den Hintergrund.

Foderaros Beweisführung schließt sich Enrico Caviglia<sup>14)</sup> an. Er verlegt die Entstehungszeit in die Jahre 550 bis 600 und führt als Stütze für seine Behauptung den schon erwähnten Umstand an, daß die Kirche anscheinend einen Turm nicht besessen hat. Um die Haltlosigkeit dieses Versuches darzutun, nehmen wir nur auf die Ordensvorschrift der Zisterzienser Bezug: „*turres lapideae ad campanas non fiant.*“

Greifen wir wieder auf die eingangs gegebene Literaturübersicht zurück. Auch Salazaros Anschauung über das Alter der Kirche, das er gleich mit dem der — von ihm dem VIII. oder IX. Jahrhundert zugeschriebenen — Kirche in Stilo „*La Cattolica*“ hält, vermögen wir nicht beizustimmen. La Cattolica ist zweifellos byzantinischen Ursprungs, während Sta. Maria della Roccelletta in nichts byzantinischen Einfluß verrät und, wie schon aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, jünger ist. Zeigen auch z. B. der Grundriß der Hagia Theotokos in Konstantinopel und jener von La Martorana in Palermo (gegründet 1143) in dem Dreiapsidenabschluß einige Ähnlichkeit, so beweisen diese Kirchen doch durch den Umstand, daß das mittlere Feld mit seiner Kuppel die Anlage beherrscht und weiter durch das mangelnde Querschiff ihre Zugehörigkeit zu der Gruppe der Zentralbauten.

Wir kommen zu der letzten Gruppe von Schriftstellern, welche die Entstehung der Kirche angeblich mit den „*Goti o Normanni*“ in Verbindung bringt. Angesichts der Un-

12) Dehio und v. Bezold, Die kirchliche Baukunst des Abendlandes. I. Band S. 161.

13) Dehio und v. Bezold, a. a. O. S. 82.

14) Vgl. Anm. 2.

möglichkeit, die durch diese Namen verkörpert Bauzeiten nebeneinander zu stellen, erscheint es angezeigt, nachzusehen, was Riedesel tatsächlich geschrieben hat. Wir lesen dort<sup>15)</sup>: „Unter Catanzaro, nach Cosenza der größten Stadt in Calabria und der Hauptstadt von Calabria ultra, steht ein Gebäude von Mattoni, welches man mir als einen griechischen Tempel beschrieben hatte. Seine Form aber macht, daß ich solches eher für ein Gotisches oder Normännisches Gebäude halte: denn obwohl dasselbe ein längliches Viereck ist, so muß man doch aus den viereckten Türmen, welche an seinen Ecken stehen, schließen, daß es unmöglich von den Griechen erbaut worden, weil man siehet, daß diese Türme so alt als das Gebäude selbst sind, und nicht, wie etwa von den schmalen und gewölbten Fenstern desselben geschehen könnte, sagen kann, daß solche in späteren Zeiten seyen verfertigt worden“. Das lautet wesentlich anders, als die italienische Übersetzung. Die Frage zu untersuchen, welcher von den italienischen Schriftstellern die oben angeführten Entstellungen in die Welt gesetzt hat, hat kein Interesse. Was die Bezeichnung „gotisch“ betrifft, ist zu berücksichtigen, daß für den mit den technischen Fachausdrücken der deutschen Kunstgeschichte nicht vertrauten Übersetzer ein Irrtum sehr nahe liegt. Da diese italienische Übersetzung den Stempel der Kritiklosigkeit trägt, dürfen wir annehmen, daß alle jene, die wie z. B. Arnone das gleichlautende Urteil wiederholen, voneinander abgeschrieben haben.

Im Wortlaut verliert Riedesels Äußerung etwas von dem Laienhaften, das die Übersetzung in seine Worte hineingebracht hat. Freilich hinsichtlich der „Türme“ begegnet ihm ein schlimmer Irrtum, denn er sieht zweifellos die damals noch vorhandenen Hochwände des beiderseits vortretenden Querschiffes als solche an. Salazaro erwähnt bei der Wiedergabe der Äußerung Riedesels, ohne dessen Irrtum zu berichtigen, in einer Fußnote zu „Türme“: „Le torri alle chiese nel medio evo erano apposte per difesa dalle invasioni barbariche. N' esiste ancora alcuna a Cassino ed in altri punti“, und läßt dadurch vermuten, daß er unsere Kirche nicht gesehen hat.

Dem Fachmann mag es wohl ein überflüssiges Bemühen dünken, das Alter der Kirche des längeren zu erörtern, denn angesichts des Grundrisses kann sich die Frage nur um Jahrzehnte drehen. Wenn Schreiber es gleichwohl unternimmt, weiter darauf einzugehen, so mag das damit begründet werden, daß die Kirche in amtlichen Veröffentlichungen<sup>16)</sup> als Werk des V. Jahrhunderts angeführt wird. Gewährsmann ist wohl Herr Foderaro, dessen Schrift trotz des in die Augen springenden Irrtums, in dem er befangen ist, von der Ia. Esposizione Nazionale di Architettura in Torino 1890 prämiert worden ist. Nur der unermessliche Reichtum Italiens an Kunstschätzen aller Art und Zeitabschnitte läßt es erklärlich erscheinen, daß eine so bedeutende Ruine wie diese bisher seitens italienischer Kunstforscher eine kritische Betrachtung nicht erfahren hat. Leider ist sie vom Staate nicht erworben und zum Monumento Nazionale erklärt worden, sondern befindet sich, wie eingangs erwähnt, im Privatbesitz, und auf dieser Seite fehlt für dasselbe, wie

15) Vgl. Anm. S. a. a. O. S. 118.

16) Elenco degli edifici monumentali in Italia, herausgeg. vom Ministero della Pubblica Istruzione. Roma 1902. S. 403.

die Verstümmelung des Querschiffes und der Zustand des Denkmals beweisen, jedes Verständnis.

Doch wir wollen zur positiven Darstellung unserer Anschauung übergehen.

Der Grundriß hat nicht unbedeutende Abmessungen; das Presbyterium stand mit dem Langhause anscheinend nur durch die Porta Triumphalis in Verbindung. Aus der Geräumigkeit des ersteren läßt sich schließen, daß dasselbe für ein bischöfliches Kapitel oder für die Konfraternität eines Klosters bestimmt war. Die Vermutung, daß eine Kirche von solchen Abmessungen nicht von Anfang einsam und weitab von menschlichen Wohnstätten gestanden, liegt nahe. Herr Foderaro nimmt mit Marafioti, Grimaldi u. a. an, daß sie zu der Stadt Lusitana oder Lusitania gehört habe. Der Zeitpunkt der Zerstörung oder des Aufgebens und Verlassens dieser Stadt kann aus einem Briefe Gregors des Großen<sup>17)</sup> als kurz vor oder in die Zeit des Pontifikates dieses Papstes, also um die Jahre 590 bis 604 fallend, entnommen werden. Die Örtlichkeit jener Stadt ist nicht festgestellt. Ughelli<sup>18)</sup> sagt selbst: „creditur fuisse prope Squillacium sive sit quae nunc dicitur Stilus sive alia inter Catanzarum et Squillacium, cujus vestigia cernuntur ad mare ubi castrum dicitur sive Turris.“ Wenn Ughelli die Gegend der Roccelletta im Auge hatte, warum sollte er es vermieden haben, diesen die Örtlichkeit sofort feststellenden Namen zu nennen? Ist es schon, wie oben ausgeführt worden ist, vom architekturgeschichtlichen Standpunkte ausgeschlossen, die Kirche in so frühe Zeit zu setzen, so mag doch noch bemerkt werden, daß mit der zu Ende des VI. Jahrhunderts erfolgten Verlegung des Bischofstuhles nach Squillace und wegen der aus dem erwähnten Briefe zu entnehmenden Verhältnisse zunächst alle Voraussetzungen zur Ausführung eines derartig umfangreichen Neubaus fehlten. Sichere Kunde von dem Bestehen unserer Kirche gibt erst eine Urkunde aus dem Jahre 1094, in welcher es heißt: „Ego Rogerius . . . . . dedi atque in perpetuum concessi monasterio beatae Mariae de rokella apud paleapolim et hieronimo eiusdem monasterii abbati . . . nemus de bono terrasque ibi multas . . . .“ Regii Neapolitani archivi monumenta. Neapoli 1861. VI. S. 159.

Im Jahre 1096 wird Johannes de Nicephoro Canonicus et Decanus Melitensis Ecclesiae von Roger von Sizilien zum Bischof von Squillace bestimmt, und das dort von jenem gegründete lateinische Bistum mit Gütern ausgestattet. Unter den in das Bereich desselben fallenden Ortschaften und Klöstern wird u. a. auch die „Abatia S. Maria de Roccella“ genannt.<sup>19)</sup>

17) Inc. S. a. 536 der Münchener Hof- und Staatsbibliothek, Pars II. Epist. 26. Fol. XIX. Pastoralis officii cura nos admonet destitutis ecclesiis proprios constituere sacerdotes, qui gregem dominicum pastoralis debeant solitudine gubernare. Propterea te Johannem ab hostibus captivatum Lusitane civitatis episcopum in Squillacina ecclesia cardinalem necesse duximus constituere sacerdotem, ut et susceptam semel animarum curam intuitu future retributionis impleas. et licet a tuo hoste imminente depulsus sis: aliamque a pastore vacat debeas ecclesiam gubernare. Ita tamen ut si civitatem illam hostibus liberam effici et domino protegente ad priorem statum contingerit. revocari in eam in qua et prius ordinatus es ecclesiam revertaris. Sin autem predicta civitas continua captivitatis calamitate premitur in hac in qua a nobis incardinatus es debeas ecclesia permanere. . . .

18) Italia Sacra IX. S. 182.

19) Ughelli a. a. O. Scyllacenses seu Squillacenses Episcopi IX. pag. 426, 427. Ego Rogerius Siciliae Comes et Calabriae una cum uxore mea nomine Adelasia . . . . Squillacensis Ecclesiae cepi condolare casui et ruinae tristis factus et ingemiscens quod in tam nobili civitate ubi tot christicolae, ubi tanta vigeat Normandorum copia,

Durch ihre Eigenschaft als Klosterkirche erklärt sich die Größe des Presbyteriums in einfacher Weise.

Eine Urkunde vom 1. März 1100<sup>20)</sup>, die sofort nach der Wahl des Bischofs Petrus von Squillace abgefaßt worden ist, verlautbart, daß „. . . Adalasia Comitissa Siciliae et Calabriae supplens Rogerius filius ejus . . . . . in proprietatem et in perpetuum dominium ipsius ecclesiae Squillacensis, ecclesiam Sanctae Mariae de Roccella cum omnibus pertinentiis suis, terris cultis et incultis et nemoribus, villanis sicut Hieronymus, qui Abbas fuit ipsius Ecclesiae ante obitum tenuit una die et una nocte, et sicut Comes Rogerius eadem omnia ipsi Abbati donavit“ gegeben hat.

Sonach hat schon um das Jahr 1100 das Kloster Sta. Maria della Roccella zu bestehen wieder aufgehört. Sein letzter Abt scheint Hieronymus gewesen zu sein. Welche Vorgänge zur Aufgabe des Klosters und zur Schenkung der Zugehörungen desselben an das Bistum Squillace Veranlassung gewesen, ob sich die Örtlichkeit als ungesund erwies, ob es einem räuberischen Einfall zum Opfer gefallen, ob damals das Dach der Kirche in Flammen aufging und dadurch insbesondere das Langhaus beschädigt wurde — die Urkunde läßt allen Vermutungen offenes Feld.

Die genannten und schon früher — wann, geht aus den Urkunden nicht hervor — durch Papst Urban II. zugewiesene Schenkungen werden durch eine Bulle Papst Paschalis II. vom 5. April desselben Jahres bestätigt. Es heißt dort: „. . . . ea quae in conspectu fratrum nostrorum Episcoporum Siciliae omnium et Calabriae quorundam coram praedicto Rogerio Comite . . . . . probata sunt, ea nihilominus, quae Squillac. Ecclesiae Beatus legitur Gregorius contulisse, firma semper et integra in tua . . . . . possessione permaneant; Porro colonos seu praedia de Palaeopoli sive Roccella, quae Adelais Comitissa cum filio Rogerio pro redemptione animae supradicti Comitis Rogerii Squillacen. Ecclesiae tradidit.“

Der Urkunde vom Jahre 1094 zufolge, die den Herren Foderaro und Caviglia nicht bekannt geworden ist, lag unser Kloster bei einer Stadt Palaeopolis. Dieselbe ist längst verschwunden, muß aber damals noch bestanden haben. Vielleicht hat ihr Untergang seinen Grund in den gleichen Ereignissen, die ihre Spuren an der Kirche zurückgelassen haben. Herr Foderaro nimmt an, daß die oben festgestellte flüchtige und zweifellos spätere Aufmauerung auf dem Langhause durch Roger hergestellt worden sei, nachdem die Kirche durch Sarazenen angezündet worden; für diese Annahme fehlt jede Grundlage. Wir kehren zu der Frage zurück, welche Einflüsse für die Gestaltung der Kirche maßgebend gewesen sind. Aus der Betrachtung des Bestandes geht hervor, daß sie nicht das Kind des Bodens ist, auf dem sie entstanden. Die Gliederung der Apsiden mit rundbogenförmigen Nischen erinnert an ober-

Pontificalis et Latina nondum extiterat Ecclesia cujus ego casum miseratus et ruinam atque meum pectus tundens, quoniam in curia nostra Squillacen. Ecclesia sic muta erat, sic inutilis erat, sic sine patre, sine consilio et opibus sic a laudibus divinis tacita, consilio Casanensis Episcopi Saxonis et Vicarii D. Urbani Papae . . . . D. Joannem de Niceforo, qui Canonicus et Decanus venerabilis sancte Militensis Ecclesiae erat, vir honestus, vir prudens, atque omni copiosus honestate, ibique in Magistrum elegi et Pontificem et Ecclesiam suam quot et quantis mihi placuit beneficiis ditavi et honestavi dignitatibus, et quantum ad me pertinuit, destinavi et descripsi suam Parochiam . . . . .

20) Ughelli a. a. O. S. 429.

italische Zwerggalerien; das weitvortretende Querschiff ist ebenso eine in Unteritalien fremde Erscheinung; die Mauertechnik verrät römische Überlieferung, während die Gebundenheit des Presbyteriums und seine hallenartigen Gewölbe, die kräftigen Pfeiler dort, die Unbehilflichkeit, die sich in der Verbindung des Langhauses mit dem Bema zeigt, und die jede Ausschmückung, sogar die Gurte verschmähende Ausgestaltung des Inneren überhaupt nicht italischer Art sind und selbst in der weiteren Umgebung nicht ihresgleichen haben. Einige Verwandtschaft zeigt wohl der Dom in Monreale auf Sizilien, gegründet 1174, doch unterscheidet er sich im Grundriß wesentlich durch die Dreischiffigkeit und das ganz geringe Vortreten des Querschiffes, dessen äußere Giebelwände mit den Außenwänden der Seitenapsiden gleichlaufen. Schon im allgemeinen muß sich unsere Vermutung auf Frankreich lenken. Besonders das weit vortretende Querschiff verweist auf den normännischen Westen, wo wir auch die oben erwähnte und in Abb. 2 u. 3 dargestellte senkrechte Gliederung ähnlich, nur reicher, z. B. an der aus dem XI. Jahrhundert stammenden Kirche in Montevilliers (Seine-inférieure) wiederfinden. Gleichwohl zeigt sich die Verwandtschaft mit französischen Normannenbauten nicht als tiefgehend und fehlt in der Dekoration. Von den uns bekannt gewordenen Grundrissen normännischer Gründungen in Italien zeigt keiner, von jenen auf französischem Boden nur jener der Kirche von St. Etienne in Caen, begonnen 1064, wiederhergestellt im XIII. Jahrhundert, in der Ungeschicklichkeit der Verbindung von Presbyterium und Langhaus, in der Anlage des Querschiffes und der Chöre — obwohl hier die seitlichen Chöre des halbkreisförmigen Abschlusses entbehren — einige Ähnlichkeit. Über eine solche geht auch die Fassadenbehandlung nicht hinaus.

Herr Foderaro wendet sich gegen die Annahme, Sta. Maria della Roccelletta sei normannische Gründung mit der Frage: „se i Normanni nel 1065 iniziarono la costruzione della Cattedrale di Venosa e nel 1080 quella di Acerenza quasi eguali fra di loro, come mai avrebbero costruito contemporaneamente la basilica della Roccelletta adottando un sistema sostanzialmente diverso nella struttura e nella forma?“

Dem gegenüber müssen wir feststellen, daß nur die Klosterkirche Sta. Trinità in Venosa noch als Bau der normännischen Zeit neben einem neueren aus dem XIII. Jahrhundert stammenden Kirchenbau erhalten ist. Sie ist schon vor Victor III. (1085 bis 1088) begonnen und die Grabkirche ihres Gründers Robert Guiscard geworden. Den Bau der Kathedrale in Acerenza (Acherontia) begann Erzbischof Arnald im Jahre 1080.<sup>21)</sup> Die jetzige Kathedrale ist aber nicht mehr der Bau Arnalds. Lupus Protospatrius erwähnt<sup>22)</sup> zum Jahre 1090: „mense Augusti Acherontia cremata est a se ipsa“ und Romuald. Salern. erzählt nach Muratori<sup>23)</sup>, des Lupus Protospatrius kurze Worte weiter ausführend „eodem anno (1090) Acherontia civitas cremata est mense Augusti; in tantum enim eodem vastata est igne, ut nulla domus, nullum invenietur aedificium, quod non ab igne consumtum deperierit“. Die jetzige Kathedrale ist ein Bau aus dem Ausgange des XIII. Jahrhunderts, und dieser späte

21) Lup. Protosp. in Pertz, Mon. Germ. hist. V. 61.

22) a. a. O. S. 62.

23) Script. rer. Ital. VII. 176.

Neubau stimmt bis auf seine breiteren Verhältnisse mit der neueren Kirche Sta. Trinità in Venosa überein. Diese Übereinstimmung ist für uns belanglos, daß jener normännische Bau in Venosa aber mit Sta. Maria della Roccelletta keine Verwandtschaft zeigt, müssen wir bestätigen, wenn wir diesem Umstande auch nicht jenes Gewicht beimessen können, das Herr Foderaro ihm zuerkennt. Immerhin treten auch wir nicht für die Annahme ein, daß unsere Kirche eine normännische Gründung sei, wir sehen vielmehr in derselben eine innige innere Verwandtschaft mit südfranzösischen Bauten.

Insbesondere sind es zwei Kirchen, die einen Vergleich nahe legen, die einschiffige kleine Kirche in Cognat (Allier) und die Kirche in Saint Guillem-du-Désert (Hérault). Bei der

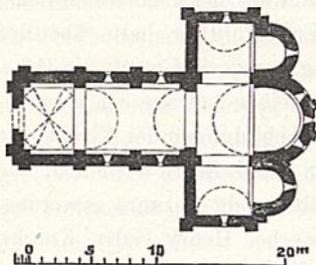


Abb. 8. Kirche in Cognat.

ersteren, deren Grundriß wir in Abb. 8<sup>24)</sup> geben, setzen sich die Apsiden unmittelbar an das Querschiff, und das Langhaus ist insofern organisch mit dem Presbyterium verbunden, als es das Querschiff durchsetzt und in der mittleren Apside seinen Abschluß findet. Die Apsiden sind über den Halbkreis vertieft. Trotz dieser Verschiedenheiten spricht aus der Anlage mit der gurtlosen Langhaustonne ein grundsätzlich verwandter Bagedanke. Sie ist, abgesehen von der mangelnden Vierung, reifer und einheitlicher als unsere Kirche und zweifellos später. Ob sie aus dem XI. oder XII. Jahrhundert stammt, läßt Baudot offen, doch ist nach ihrer übrigen Ausgestaltung mit Sicherheit anzunehmen, daß sie dem XII. Jahrhundert angehört. Noch größer ist die innere Verwandtschaft unserer Kirche mit jener von Saint Guillem-du-Désert, trotz der Dreischiffigkeit der letzteren. Wir geben den Grundriß in Abb. 9 nach Henri Revoil.<sup>25)</sup>

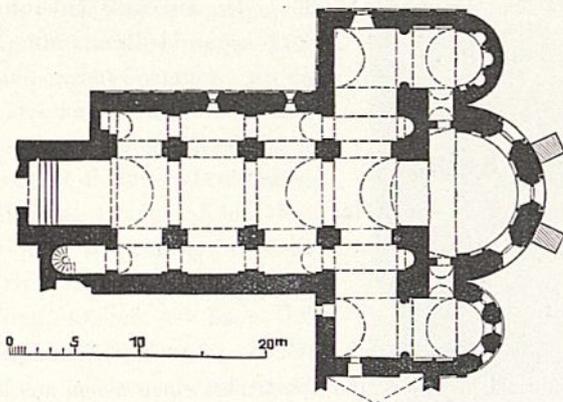


Abb. 9. Kirche in Saint Guillem-du-Désert (Hérault).

Aus diesem spricht eine überraschende Unbehilflichkeit in der Verbindung des Presbyteriums mit dem Langhause, eine Eigenschaft, die Reber<sup>26)</sup> neben der Gliederlosigkeit als ein besonderes Merkmal südfranzösischer Anlagen erwähnt. Diese Unbehilflichkeit geht in vorerwähnter Kirche so weit, daß

24) Nach A. de Baudot, *Eglises de Bourges et Villages*. Paris 1877. II. Band. Die Konstruktion der Gewölbe haben wir nach den Schnitten ergänzt.

25) *Architecture Romane du Midi de la France*. Paris 1873. Bd. I. Pl. XXXVIII.

26) *Kunstgeschichte des Mittelalters*, Leipzig 1886. S. 302 u. f.

durch die schwerfällige Vierungsanlage die Wirkung der großen mittleren Apsis für das Langhaus vollständig verloren geht. Verwandtschaft mit Sta. Maria della Roccelletta vertragen auch die zwischen Querschiff und Apsiden eingeschobenen Chöre und die Verbindung der seitlichen mit dem Mittelchor, die Gliederung der Apsiden auf der Innenseite mit Nischen, die Zwerggalerie der Mittelapside im Äußeren. Auch die Einwölbung des Presbyteriums zeigt, daß sich beide Kirchen sehr nahe stehen. Wir haben die Gewölbe in den Grundriß von Saint Guillem-du-Désert mit Hilfe der bei Revoil beigegebenen Schnitte einzuzeichnen versucht.

Die Kirche Saint Guillem-du-Désert, deren Gründung um das Jahr 804 fällt, verdankt ihre Gestalt dem Anfang des XI. Jahrhunderts.

Im Hinblick auf die mangelhafte Verbindung der Seitenschiffe mit dem Querschiff bietet die Kirche in Fontevault ein bemerkenswertes Beispiel. Dort nehmen Dehio und v. Bezold<sup>27)</sup> deshalb einen Wechsel im Bauplane an; vielleicht trat auch bei unserer Kirche, wie wir oben angedeutet haben, ein solcher Wechsel ein, immerhin sind die Abmessungen derselben nicht so bedeutend, daß sie nicht im ganzen Umfange hätte in Arbeit genommen werden können.

Es sind Kirchenbauten der Languedoc, Provence und Dauphiné, also der Rhonemündung, in denen wir nahe-stehende Anlagen erkennen.

Die Verwandtschaft unserer Kirche mit Saint Guillem-du-Désert, insbesondere der Umstand, daß für sie zweifellos eine gewölbte Hallenkirche als Vorbild diente, und vermutlich in letzter Stunde der ursprüngliche Plan teilweise verlassen worden ist, um statt des dreischiffigen hallenartig gewölbten Langhauses ein einschiffiges zur Ausführung zu bringen, bestärkt uns in der Annahme, daß sie nicht nur von Südfrankreich beeinflußt, sondern sogar eine Gründung südfranzösischer Mönche ist. Auch die römischen Anklänge in der Mauertechnik unserer Kirche finden außer durch die Örtlichkeit des Baues in den zahlreichen römischen Überresten in jenen Gegenden Südfrankreichs ihre ausreichende Erklärung. Ob unsere Kirche, wie sich vermuten läßt, eine Gründung der Karthäuser ist, ob ihre Gründung mit der durch den hl. Bruno selbst erfolgten Erbauung von Santa Maria in Deserto in Zusammenhang gestanden, diese Fragen werden uns noch weiter beschäftigen.

Einer genauen stilkritischen Zeitbestimmung setzt unsere Kirche durch den Mangel jeglicher dekorativen Einzelheiten große Schwierigkeiten entgegen. Wohl möchte die oblonge Form der Vierung als ein Merkmal der Frühzeit angesehen werden, aber darüber hinaus fehlt uns jeder sichere Anhaltspunkt. Der Beginn der Normannenherrschaft in Calabrien fällt um das Jahr 1059; sie macht dem byzantinischen Herrschaft ein Ende und schafft allmählich Ruhe in den von den Sarazenen heimgesuchten Küstenstrichen. Vor diesem Zeitpunkt kann die Gründung der Kirche aus diesem äußeren Grunde und aus inneren, stilgeschichtlichen Erwägungen nicht vermutet werden. Herr Direktor Dr. v. Bezold, den ich um seine Äußerung gebeten, schreibt mir, er würde die Kirche in das XII. Jahrhundert datieren, lägen die urkundlichen Nachrichten nicht vor. Da das „monasterium beatae Mariae de rokella“

27) a. a. O. I. Bd. S. 345.

im Jahre 1094 urkundlich erscheint, so muß seine Entstehung in die letzten Jahrzehnte des XI. Jahrhunderts fallen. Wir müssen annehmen, daß die Kirche zwar in erster Linie als Klosterkirche erbaut wurde, daß sie aber zugleich einer großen Gemeinde Rechnung trug. Nach Caviglia finden sich in der Umgegend zahlreiche Baureste; sie werden wohl als Überbleibsel der oben erwähnten Palaeopolis zu betrachten sein; wenig wahrscheinlich ist, daß sich, wie Caviglia will, Squillace bis hierher erstreckt habe. Die Ansiedlung lag im Malaria-gebiet, und dies war wohl der Grund, daß das Kloster, wie aus den oben angeführten Urkunden hervorgeht, schon 1110 wieder aufgegeben worden ist. Vielleicht war die Kirche damals noch gar nicht ganz fertig gestellt, wie die offenen, bei Caviglia besonders betonten Gerüstlöcher und die Verputzlosigkeit der Innenseiten des Langhauses beweisen mögen.

Im Widerspruch mit dem Ergebnis unserer Untersuchungen des Gebäudes steht eine Bemerkung, welche wir bei Heinrich Wilh. Schulz<sup>28)</sup> gelegentlich der Besprechung der Kirche La Cattolica in Stilo finden. Dort heißt es: „Eine alte Kirche Sta. Maria della Roccelletta, auch aus Backsteinen, findet sich am Meeresstrande zwischen Squillace und Catanzaro am linken Ufer des Corace; vgl. Baron Riedesel, Reise durch Großgriechenland, Zürich 1771 und Capialdi, Brief an Bonucci und Leoni, della Magna Grecia e delle tre Calabrie. Napoli 1845, I. Seite 2. Die fünf Kuppeln stehen bei dieser Kirche nach einer Skizze des Verfassers im geraden Kreuze.“ Für die Voraussetzung von Kuppeln geben uns weder der Grundriß, noch die erhaltenen Gewölbeteile Anhaltspunkte. Wenn wir gleichwohl versuchen, sie zu rekonstruieren, so sind wir um so mehr in Verlegenheit, als ihre gegenseitige Stellung beschrieben ist, während wir fünf Kuppeln „im geraden Kreuz“ weder bekommen, wenn wir über den drei

<sup>28)</sup> Denkmäler der Kunst des Mittelalters in Unteritalien, Bd. II. S. 356. Anm. 2.

Chören und der Vierung, noch wenn wir über der Vierung und über den beiden äußeren Chören und Seitenschiff-Feldern Kuppeln errichtet denken. Sie würden an Aquitanien denken lassen, während byzantinische Einflüsse durch die Grundrißgestalt ausgeschlossen sind. Angesichts der inneren Unmöglichkeit bleibt nur die Annahme übrig, daß bei der nach Schulz' Tode durch Ferd. v. Quast besorgten Herausgabe des Werkes irgend eine Verwechslung stattgefunden hat, wie wir bezüglich der Lage der Kirche einen Irrtum feststellen müssen; dieselbe liegt nicht auf dem linken, sondern auf dem rechten Ufer des Corace.

Vergeblich haben wir versucht, die fragliche Skizze zu Gesicht zu bekommen. Nachforschungen nach dem Schulz'schen Nachlasse waren weder in der königl. Bibliothek in Dresden, wo Herr Professor Dr. Manitius dieselben freundlichst übernahm, noch in Berlin von Erfolg. Hier hatte überdies auf unser Ansuchen Herr Geh. Regierungsrat Lutsch die Güte, sich an die Familie v. Quasts mit einer Anfrage zu wenden, leider gleichfalls erfolglos. Ältere Abbildungen der Kirche, die vielleicht Auskunft geben könnten, sind Herrn Foderaro, wie er mir auf meine Anfrage mitteilte, nicht bekannt geworden, auch finden wir die Kirche weder bei Henry Gally Knight, d'Agincourt noch bei Mothes. So müssen wir uns darauf beschränken, diesen Widerspruch hier festzustellen.

Wir möchten an dieser Stelle Herrn Foderaro für sein liebenswürdiges Entgegenkommen danken und bedauern, daß wir ihm nicht zustimmen konnten. Wenn das Ergebnis unserer Studie wesentlich abweicht von den Schlußfolgerungen, die er gezogen hat, so können wir uns mit Tibulls Worten: „Est nobis voluisse satis“ bescheiden; mit ihm und Herrn Caviglia aber vereinigen wir uns in dem Wunsche, es möchte die Regierung das mächtige und für die Landschaft reizvolle Baudenkmal, das ein bemerkenswerter Denkstein in der Entwicklung Calabriens ist, vor dem gänzlichen Verfall durch baldigste Hilfe sichern.

München, im April 1903. Dr. Julius Groeschel.

## Das neue Stadttheater in Köln.

Architekt Regierungs-Baumeister Karl Moritz in Köln.

Mitgeteilt vom Stadtbauinspektor B. Schilling in Köln.

(Mit Abbildungen auf Blatt 47 bis 50 im Atlas.)

(Fortsetzung statt Schluß.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Die architektonische Formgebung und der bildnerische Schmuck.

Über seine künstlerischen Absichten äußerte sich der Erbauer bei der Eröffnung des Hauses mit folgenden Worten: „Wenn ich anstrebte, in modernem Geiste zu schaffen, so bewegte ich mich auf gefährlichem Boden. Breite Kreise auch des gebildeten und kunstverständigen Publikums sind gegen die moderne Bewegung stark voreingenommen und leider oft mit Recht, da unter der angemaßten Flagge einer neuen Kunst arg viel Nichtkönnen einhersegelt. In dem Wogen und Gären der neuen Strömungen hat man vielfach noch keinen festen Standpunkt für sein Urteil gefunden und behilft sich mit der Nomenklatur der glücklich überwundenen archäologischen Periode des Kunstbetriebes. Man spricht von

den historischen Stilen und konstruiert einen neuen aus lauter nebensächlichen Formen, die den Kern des baukünstlerischen Schaffens nicht treffen. Dieser aber ist in der Architektur der gleiche, wie in der Malerei und Plastik. Soll man überhaupt von einer Baukunst reden, so muß der Architekt die in seiner Aufgabe enthaltenen Stimmungswerte herausempfinden und diese derart mit den Mitteln seiner Kunst zum Ausdruck bringen, daß die gleiche von ihm vorempfundene und gewollte Stimmungsreihe in dem Beschauer ausgelöst wird. Nur darin liegt künstlerisches Schaffen. Nur auf diesem Wege kann ein persönlicher, nationaler, wahrer Stil unserer Zeit entstehen. Alles sonst, Nachahmen der alten und Ausgebären neuer Formen, ohne diesen Weseninhalt, ist Hand-

werk oder Spielerei, aber niemals Kunst. Fühle ich mich auch weit vom Ziele und bin ich mir vollbewußt, daß eine neue Kunst nur durch das gleichklingende Zusammenwirken Vieler unter seelischer Beteiligung des ganzen Volkes zustande kommen kann, so danke ich ihnen aufrichtig, daß Sie mir Gelegenheit geboten haben, bei diesem Bau mein künstlerisches Glaubensbekenntnis abzulegen.“

In bewußtem Gegensatz zu jener älteren Auffassung des Theaterbaues, die alle die verschieden gearteten Bestandteile des Hauses in einen einzigen weiten Mantel hüllte, entwickelt sich der äußere Aufbau „von innen heraus“ und gliedert sich sichtbar in die einzelnen Baugruppen, als Zuschauerhaus, Bühnenhaus, Speichergebäude, Wirtschaft. Auch die architektonische Einzeldurchbildung zeigt diese „Verinnerlichung“ der äußeren Form. Dem großen, durch mehrere Geschosse reichenden Innenraum der Hauptwandelhalle entsprechen die großen senkrechten Gliederungen der Vorderfront mit ihren hohen Nischen, deren architektonischer Daseinszweck über die Aufgaben gewöhnlicher Figurennischen hinausgeht. Anders die Front an der Richard Wagnerstraße, deren Kleingliederung die mehrgeschossige Unterteilung des Inneren ungescheut durchscheinen läßt. Losgelöst vom Hauptbau, und doch innig in der Gesamtgruppe aufgehend, legt sich die Wirtschaft in den Garten hinein, in ihren heiteren Formen anklingend an die lieblichen Lustschlößlein der Barockzeit. — Den Beziehungsreichtum der Architekturgliederungen krönt der bildnerische Schmuck. An den Gebäudeecken deuten Charaktermasken bekannter dramatischer Figuren auf die innere Bestimmung des Hauses. Medea, König Lear (Text-Abb. 5), Lohengrin (Text-Abb. 6), Siegfried, Brünnhild, Gretchen, Königin von Saba, Götz und Tell finden wir hier als Vertreter der Schauspiel und Opernwelt. Wie die Janusköpfe der Colonia und des Vater Rhein am Garteneingang (Text-Abb. 7 u. 8) sind sie mit den sämtlichen ornamental und den kleineren figürlichen Bildwerken aus der Hand des Bildhauers Faustner in Köln hervorgegangen.

Musik und Mimik, die beiden Künste, denen das Haus geweiht, sind in ihrer machtvollen Wirkung auf den lauschenden Hörer durch den Kölner Bildhauer Meisen, jetzt in Berlin, in den Bronzegruppen zur Darstellung gebracht, die zu Seiten der Eingänge in die großen Frontnischen hineingestellt sind (vgl. Bl. 47 u. 49). Die senkrechten Linien der letzteren

setzen sich über das Hauptgesims hinaus fort zu pylonenartigen Abschlußbauten, auf denen Figurengruppen des Kölner Bildhauers Schreiner „Furcht und Mitleid“, als Wirkung der dramatischen Künste versinnbildeln. Das nach dem Modell der Berliner Bildhauer Meißner und Hoffmann ausgeführte

große Relief im Mittelgiebel des Zuschauerhauses zeigt die herabschwebende Begeisterung auf einem von vier Rossen gezogenen Wagen, begleitet von der Personifikation des Ruhmes. Weiter rückwärts sehen wir die Giebel des Bühnenraumes, gekrönt von zwei Figurengruppen des Bildhauers Altmann in Köln, die Macht der Musik darstellend, wie sie nach antiker Legende selbst das wilde Tier berauschend zähmt. Hoch über dem Bühnenhaus schwebt kränzeschwingend der Genius des Beifalls, aus steiler, fast unnahbarer Höhe dem aufblickenden Mimen winkend, als wollte er ihn aufmuntern, in stetem Streben nach dem Höchsten seine Gunst zu erringen. Der in großem Maßstabe gehaltene bildnerische Schmuck der Fronten ist in der Haupteingangshalle noch fortgesetzt, wo zu beiden Seiten der Treppenaufgänge mächtige, von Bildhauer Haller in Köln geschaffene Atlanten (vgl. Bl. 50) auf die in den Dienst der szenischen Kunst gestellten Naturkräfte hindeuten. Der feineren Gliederung der dem Auge näher gerückten Innenräume entspricht es, daß in der weiteren Ausschmückung nunmehr die Bildnerie der farbenspendenden Schwesterkunst und den Darbietungen des Kunstgewerbes den Vortritt läßt.

Besteigen wir die aus schwarzgeadertem, weißem Argentinermarmor zusammengefügt, im mittleren Teile mit sattrottem Velourläufer belegten Stufen der Haupttreppe, so wird das Auge durch die prächtige Kunstschmiedearbeit der Treppengeländer erfreut, deren Wirkung durch aufgelegte blaue Glasflüsse zu vornehm, aber nicht übertriebenem Reichtum gesteigert wird. Die durch Flachstück gegliederten Wände harren noch eines farbigen Bildschmuckes.

In den Kleiderablagen des Balkons wie des Parketts sind die Gips-Ummantelungen der Eisenstützen, wie die Pilaster und Architekturglieder der Wände in grauem Stein-ton gestrichen, der durch nachträgliches Bespritzen mit weißer Farbe eine belebende Aufhellung erfahren hat. Die Decken sind ganz weiß gehalten, während die sparsam darüber verteilten Flachornamente vergoldet sind. Der Fußboden ist mit Linoleum belegt, die Holztäfelungen der Wände,



Abb. 5. Pfeilermaske „König Lear“.



Abb. 6. Schlußstein „Lohengrin“.

wie die Logentüren sind schwarz gebeizt und haben durch Überpudern mit Silberstaub und Gold einen eigentümlichen Lüster erhalten. Die verbleibenden Wandflächen sind stumpfblau gestrichen, den gleichen Grundton haben die mit gelblichweißem Linienwerk überzogenen Tuchvorhänge über den Ablegetischen und die Polster der an den Kopfen der Flure aufgestellten Ruhebänke. Im ganzen sind die Vorräume auf eine matte, kältere Farbenwirkung gestimmt, die das Auge empfänglich halten soll für den Farbenreichtum des Zuschauerraumes. Betreten wir diesen, so sehen wir die Bühnenöffnung durch einen breiten Rahmen eingefasst, in den seitlich die Proszeniumslogen eingeschnitten sind, während den Deckenbogen ein Bildfries schmückt. Neben dem Proszenium sind beiderseits noch je vier Logen in jedem Rang zu Gruppen vereinigt und durch reichere Architekturgestaltung ausgezeichnet. Die übrigen Logen sind zu je zweien architektonisch zusammengefaßt und mit kleinen auf Säulen ruhenden Rabitz-Kreuzgewölben überspannt. Infolge der heutigen baupolizeilichen Bestimmungen, welche glutsichere Ummantelung der Eisenteile fordern, erhielten die Tragsäulen der Ränge eine größere Dicke, als sie der Besucher älterer Theater zu sehen gewohnt ist. Für die architektonische Gliederung ist dies zweifellos kein Nachteil, wengleich das Verlangen, von allen Plätzen ungehinderten Blick auf die Bühne zu haben, sich hierdurch einige Einschränkung gefallen lassen muß. Die Saaldecke ruht auf acht Stützpunkten, zwischen denen vier größere und vier kleinere Stichkappen den Übergang von den Umfassungswänden zur Decke vermitteln. Letztere zeigt eine große zusammenhängende Bildfläche, die durch keine Mittelkronen zerrissen ist, deren blendende Lichtfülle überdies für die Besucher der obersten Ränge sehr lästig zu sein pflegt. Als Hauptbeleuchtungskörper dienen vielmehr acht Wandarme, die an den Deckenstützpunkten angebracht sind und eine aus elektrischem Bogen- und Glühlicht gemischte Beleuchtung ausstrahlen.

Die für Theatersäle übliche Farbgebung — Gold, Weiß, Rot — letzteres hier mit einem Stich ins Lachsfarbene, ist zur feineren Abstimmung mit grauen und tiefblauen Tönen durchsetzt. Die Logenrückwände sind mit seidenartiger Tekkotapete bespannt. Das Gestühl ist aus gebogenem Holz gefertigt und hat ebenfalls eine rote Färbung erhalten. Die Sitze sind auf den besseren Plätzen mit rotem Leder gepolstert, im zweiten Rang bestehen sie aus gelochtem Holze nach amerikanischer Art.

In dem großen Deckengemälde führt Robert Seuffert aus Düsseldorf, ein geborner Kölner und Schüler von Professor v. Gebhardt, uns vor, wie Prometheus den göttlichen Funken der Kunst herabbringt zur verlangenden Menschheit, die alles Niedrige von sich wirft, um ungetrübten Auges die Ideal-

gestalten der Schönheit und Wahrheit zu erkennen. Von demselben Meister sehen wir im Proszeniumsbogen dargestellt die thronende Kunst, umgeben von den größten Dichtern aller Zeiten, und in den großen Masken der Deckenzwickel Charakterköpfe verschiedener Dramen. Die Schildbogen der Seitenwände sind mit vier großen Wandbildern von Karl Rickelt aus München geschmückt; monumentale Ideallandschaften deuten in den beiden linksseitigen Bildern auf die Antike, in den rechtsseitigen auf die Romantik. Auf den Brüstungen der Proszeniumslogen und der anstoßenden Logengruppen sind kleinere dekorative Gemälde in Zartblau von dem Düsseldorfer Maler Karl Hemming gemalt, der auch die ornamentale Ausmalung des Zuschauerraumes und der Hauptwandelhalle nach den Angaben des Architekten ausführte. — Neben der Bühnenöffnung kommt noch einmal die Bildhauerkunst zum Worte in versilberten Flachfiguren der Schönheit und Wahrheit, vom Kölner Bildhauer Haller in Stuck modelliert. Der große von Maler Wagner in München gemalte Vorhang zeigt uns in einem gegen den Zuschauerraum durch einen dreiteiligen Portikus geöffneten Ehrenhof die Vertreter der hauptsächlichsten Opern- und Dramenfiguren. Außer dem Hauptvorhang ist ein Zwischenaktvorhang, als gelber Stoffvorhang mit roten Einfassungen gemalt, sowie ein Wagnervorhang vorhanden. Letzterer ist nach Bayreuther Art in der Mitte geteilt und wird nach den Seiten aufgezogen.

Die Hauptwandelhalle (das Foyer). Bei der Segmentform dieses Raumes ist es naturgemäß die konkave Außenwand, die sich dem Beschauer am vorteilhaftesten darbietet und in der die architektonische Aus-

bildung gipfelt. Die Gliederung dieser Außenwand war durch die aus dem Grundriß ersichtlichen, vorgelagerten Fensterischen gegeben. Der ganze Saal ist der Länge nach mit einer korbbofgenförmigen Rabitztonne überdeckt, deren ungliederte Fläche die geschlossene wuchtige Raumwirkung dieser Halle hervorruft.

Versuchen wir die Farbinstimmung dieser Wandelhalle zu schildern, die einer künstlerisch vertieften Betrachtung wohl als der bemerkenswerteste Raum des ganzen Hauses erscheint. Die Architekturgliederungen sind in grauem Steinon gestrichen und durch mattgrüne Stuckmarmorfüllungen belebt. Der ganze Fußboden ist mit einem schweren Velourteppich ausgelegt, dessen sattrote Farbe einen Stich ins Gelbe hat und für die übrige Farbinstimmung einen festlichen Grundton abgibt. Das Holzwerk der Sitzbänke ist schwarz gebeizt und mit Goldstaub überpudert, die Flachschnitzereien desselben sind vergoldet, die Vergoldung aber ist abgetönt durch nachträgliches Überwischen, infolgedessen die Grundfarbe teilweise durchschillert. Die Sitze sind mit karmesinrotem, blauschwarz gestreiften Sammet gepolstert.



Abb. 7. Januskopf des Vater Rhein am Garteneingang.

Über diesen farbengesättigten Raum spannt sich ein tiefblauer, mit grauweißen Sternen übersäter Himmel, in den, aus der grauen Steinarchitektur gleichsam herauswachsend, ein in schwarzen, weißen und grauen Tönen gemalter Figurenkreis hineinragt, der zu den bemerkenswertesten Darbietungen neuzeitlicher Kunstauffassung gehört. Sascha Schneider läßt uns hier die ganze Eigenart seiner künstlerischen Schöpfungs-

das Alter der Menschheit überhaupt innerwerden läßt. Die wilde Vorgeschichtszeit ist dann in der Mitte der Wand durch eine Tartarusgruppe angedeutet, zu deren Seiten ein sterbender altägyptischer und assyrischer Krieger auf dem Boden ausgestreckt liegen. Die in der rechten Ecke sitzende Gestalt des Herkules leitet zu den griechischen Mythen über, die als schwebende Genien im Nebelgrau der Frühgeschichte hinüberschweben zur Vorderwand, wo ein griechischer Krieger in Äginetenrüstung die altgriechische Zeit vertritt. Die sich gegenüberstehenden, durch einen erschlagenen Krieger getrennten Figuren Alexanders des Großen und Cäsars führen uns die großen Eroberer der alten Welt vor, wie sie auf ihr Leben zurückblickend erschlagene Kriegsscharen und zertretene Völker, durch die hingestreckte Kriegergestalt versinnbildet, schauen. Die folgende Gruppe mit einer am Boden ausgestreckten Frauengestalt deutet auf den Zusammenbruch des römischen Weltreiches, das von Sinnenlust und Weichlichkeit entnervt dahingesunken ist. Die große Mittelgruppe um Karl den Großen, umgeben von dem geißelschwingenden Attila und kraftstrotzenden Rittergestalten, symbolisiert das Mittelalter, auf das die sitzende Figur eines Renaissancephilosophen sinnend zurückschaut. Es folgen die trauernde und die triumphierende Germania, zwischen denen das blutige Opfer des glorreichen Sieges am Boden liegt. Schließlich ist die Zukunft dargestellt als eine halbfertig aus einem Marmorblock gemeißelte Figur, neben der verhüllte Genien ins ungewisse Grau der Zukunft hinüberschweben, während das Auge weiter schweifend wieder anlangt beim Urmenschen des Menschheitsbeginnes.

Auf den Wandpfeilern ist das Weltschrifttum, das uns

die Menschheitsgeschichte überliefert, durch Symbolgestalten in starker Farbengebung dargestellt. Vier kräftige Männergestalten auf den Pfeilern der Innenwand vertreten die hebräische, griechische, römische und altnordische Literatur des Altertums, vier Frauengestalten an der Fensterwand die italienische, deutsche, französische und englische Poesie der nachchristlichen Zeit. — Fensterumrahmungen aus rotem Sammet mit grauen und goldenen Aufnäharbeiten und Spitzengehängen vor den Fenstern vervollständigen die Ausschmückung des Saales, der, ebenso wie der Zuschauerraum, nicht durch

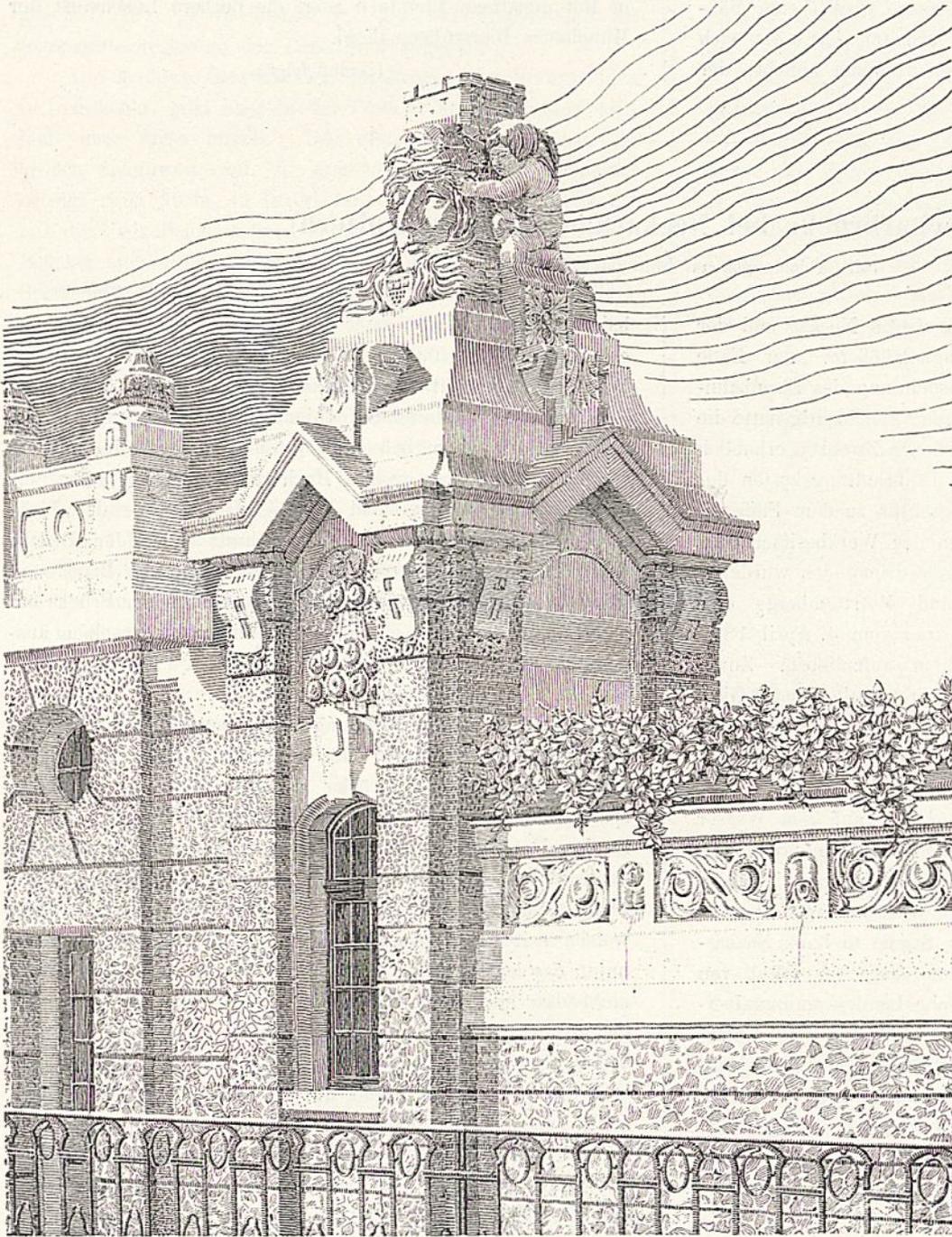


Abb. 8. Januskopf der Colonia am Garteneingang.

kraft in ihrer monumentalen Herbheit und Markigkeit kosten. Dient das Theater zur Darstellung des menschlichen Lebens und der Geschehnisse der Einzelnen, so ist hier die Geschichte der Menschheit in großen Zügen zur Darstellung gebracht, auf der fensterlosen Innenwand die in sagenhaftes Dunkel gehüllte Vorgeschichte, auf der lichtdurchbrochenen Außenwand der vom Lichte fester geschichtlicher Überlieferung durchleuchtete Zeitraum. Auf der Rückwand links beginnt die Darstellung mit der Gestalt eines Greises der Urzeit, der uns die Langlebigkeit der ersten Menschengeschlechter wie

Deckenkronen, sondern seitliche Wandarme mit gemischter Bogen- und Glühlichtbeleuchtung erhellt wird.

Eine reichere Ausstattung haben schließlich noch die Räume der Gastwirtschaft erhalten. Der an den Wänden herumgeführte Linkrusta-Sockel ist auf blaugrauem Grunde vergoldet und das Gold durch Überwischen von den erhabensten Teilen des Musters mehr, von den flacheren weniger stark wieder entfernt, wodurch der ganze Sockel eine glänzende fischschuppenartige Färbung erhalten hat, die sich äußerst prächtig von dem roten Velourteppich abhebt, der

den ganzen Fußboden der oberen Wirtschaftsräume bedeckt. Die Decken sind von dem Kölner Dekorationsmaler Mauß in goldgelber Grundstimmung gehalten und mit blauen und grauen Tönen durchsetzt, das Holzwerk der Fenster und Türen wie der Möbel silbergrau, die Lederpolsterung der letzteren mattblau und die seidene Fensterbehänge blau und grün. — Die von der Straße aus zugängliche, vornehmlich in Rot gehaltene Bierstube zeigt die derbere Lebenslust der Münchener Bierstubenmalerei.

(Schluß folgt.)

## Die Neckarbrücke bei Neckarhausen (Hohenzollern).

(Mit Abbildungen auf Blatt 54 u. 55 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Die seit alten Zeiten auf dem oberen Neckar und der Glatt schwunghaft betriebene Langholzflößerei war Ende vorigen Jahrhunderts infolge der Ausdehnung des Eisenbahnnetzes mehr und mehr zurückgegangen; gleichzeitig hatte die Ausnützung dieser Flüsse zu gewerblichen Zwecken erheblich zugenommen. So kam es, daß die Unterhaltungskosten der Floßstraßen in keinem richtigen Verhältnis zu dem Flößereibetrieb standen, während die Klagen der Werkbesitzer über Störungen durch diesen Betrieb immer dringender wurden.

Die Regierungen Preußens und Württembergs entschlossen sich daher durch Staatsvertrag vom 4. April 1899 die Flößerei auf diesen Wasserläufen aufzuheben. Zuvor war diesem Verträge gemäß von dem preußischen Dorfe Glatt nach der Bahnstation Neckarhausen eine Landstraße zur Fortsetzung der durch den württembergischen Teil des Glatttales führenden Staatsstraße mit Übergang über den Neckar zu erbauen, welche die Beförderung des bisher auf dem Wasser verfloßten Langholzes aufnehmen sollte. Da das preußische Gebiet im Glatttal nur wenige Kilometer Länge mit einem einzigen Dorfe umfaßt, übernahm der württembergische Staat den größten Teil der Baukosten der Straße und der Neckarbrücke, zu welchen der preußische Staat, der Fürst von Hohenzollern und der Hohenzollernsche Landeskommunalverband feste Beiträge leisteten; die Ausführung und Unterhaltung der Bauten fiel dem Hohenzollernschen Landeskommunalverband zu. Die Straße in bevorzugter landschaftlicher Lage bietet technisch wenig Bemerkenswertes, während die Brücke durch ihre Abmessungen, Ausführung und Ausstattung beachtenswert ist.

### Allgemeine Anordnung der Brücke.

Die Lage der Brücke, deren Entwurf aus dem Jahr 1896 stammt, ist bestimmt durch die Mündung der Glatt, für deren Hochwasser ein Vorland von 70 m belassen werden mußte, ferner durch die Forderung der Staatsbahnverwaltung, daß die Staatsbahn oberhalb der Endweiche des Bahnhofes Neckarhausen zu kreuzen sei, und durch die Absicht, den Neckar tunlichst senkrecht zur Stromrichtung zu überschreiten. Der Längenschnitt war festgelegt durch die Staatsbahn, welche in Schienenhöhe zu kreuzen war, und durch die Bestimmung, daß die Brückenrampen nicht mehr als 1,5 v. H. Steigung erhalten sollten. Für die Durchflußweite war das

bekannte größte Hochwasser von 1778 mit 650 cbm/Sek. bei einem Gefälle von 0,0018 maßgebend; die Meereshöhe dieses Wassers war nicht genau bekannt, aber aus den späteren Hochwassern insbesondere denjenigen der Jahre 1824 und 1849 auf 405,78 m berechnet worden; als zulässige mittlere Geschwindigkeit des größten Hochwassers wurden 3,5 m/Sek. angenommen, entsprechend dem groben Gerölle der Flußsohle. Der freie Hochwasserquerschnitt unter der Brücke ergab sich so zu 168 qm; um die Stützweite der Brücke auf 50 m zu verringern, wurde das Vorland unter der Brücke auf eine Länge von 80 m oberhalb und unterhalb desselben auslaufend um 50 cm abgehoben, wodurch 23 qm Durchflußweite gewonnen wurden.

Vergleichende Berechnungen ergaben, daß eine Brücke mit mehreren Öffnungen oder mit eisernem Oberbau gegenüber einer gewölbten Brücke mit einer Öffnung keine Ersparnisse gebracht hätten. Die Bogenzwickel tauchen 1,75 m in das Hochwasser ein; Bedenken hiergegen sind nicht zu erheben, nachdem die Brücke in Inzigkofen, bei welcher die Zwickel noch tiefer in das Hochwasser eintauchen, und welche seit der Erbauung mehrere große Hochwasser, darunter das bedeutendste seit hundert Jahren durchflutet haben, nicht den geringsten Schaden genommen hat. Der Aufstau der Brücke mit 23 cm oder nach der zu erwartenden Senkung der Sohle mit 20 cm war zulässig, da Gebäude im Staugebiet nicht liegen, während die Eisenbahn und die Straßen noch nahezu 1 m über dem Hochwasserspiegel hinziehen. Die Gründung der Brücke konnte nach den Bohrungen auf Anhydrit erfolgen; die 6 m unter Gelände angefahrenen dolomitischen Mergel (Orbicularisbänke), deren 3 bis 10 cm starke Bänke mit 1 bis 30 mm starken Tonschichten durchsetzt waren, zeigten genügende Tragfähigkeit, aber eine zweifelhafte Sicherheit gegen Abgleiten der Widerlager auf oder mit denselben; diese Bänke waren durch früheren Gletscherdruck aus ihrer ursprünglichen Lagerung verschoben und zeigten besonders in der linken Baugrube Faltungen bis 1,5 m Höhe. Die Massen der Widerlager wurden demgemäß tunlichst nach der Breite angeordnet, wodurch die Drucklinie rasch gesenkt und die Gefahr des Abgleitens vermindert wird. Vergleichende Berechnungen und ein Modell hatten gezeigt, daß bei dieser Anordnung zwar mehr Massen erforderlich sind, um die gleiche Standsicherheit gegen Kippen

des Widerlagers zu erreichen, als bei Anordnung der Widerlagermassen in der Längsrichtung, daß aber bei letzterer Anordnung die Gefahr des Gleitens eine größere ist. Da die Standsicherheit gegen Kippen sich statisch ermitteln läßt, während die Bestimmung der Reibungszahl eine unsichere bleibt, ist die Anordnung der Widerlagermassen der Breite nach zu bevorzugen, wo nicht von vornherein die Sicherheit gegen Gleiten gewährleistet ist. Die Widerlager sind als sogenannte verlorene der Drucklinie angepaßt.

Die äußere Gestaltung der Brücke ähnelt derjenigen in Inzigkofen, geht aber in der Freiheit der Anordnung vielfach über diese hinaus. Das Pfeilverhältnis ist trotz der großen Spannweite auf  $\frac{1}{11}$  ermäßigt, der Scheitelhalbmesser beträgt rund 90 m, in Inzigkofen nur 65 m. Es dürfte damit die Neckarhauserbrücke unter allen ausgeführten massiven Brücken den größten Scheitelhalbmesser aufweisen; die neue Straßenbrücke über das Petrustal bei Luxemburg (Centralbl. der Bauverw. Jahrg. 1902 S. 461) hat z. B. nur 54 m Scheitelhalbmesser\*). — Die Stützweite zwischen den Gelenken beträgt 50 m, die lichte Weite zwischen den Widerlagern 50,82 m, die Pfeilhöhe zwischen dem Scheitelgelenk und der Wagerichten durch die Kämpfergelenke beträgt 4,545 m.

Die Breite des Gewölbes wächst nach der Parabel von 4,8 m am Scheitel auf 5,60 m an den Kämpfern, wodurch eine erhöhte Standsicherheit gegen Winddruck, Hochwasser und Eisstoß erzielt wird. Das Gewölbe ist am Scheitelgelenk 85 cm, an den Kämpfergelenken 90 cm, an der Bruchfuge 1,2 m stark. Die Pfeilerchen zur Unterstützung der Fahrbahn sind 52/60 cm stark, ihr lichter Abstand beträgt nach der Breite der Brücke 73 cm, nach der Länge 1,34 m. Die äußeren Pfeilerchen haben zur Ausgleichung zwischen der Erbreiterung des Gewölbes und der geraden Stirne entsprechenden Anlauf erhalten. Die Fahrbahnplatte ist im Mittel 32 cm stark, die nutzbare Breite der Brücke zwischen den Geländern ist 5,5 m, wovon 4 m auf die Fahrbahn und je 75 cm auf die erhöhten Gehwege entfallen. Die Gehwegplatten ragen 625 cm über die Gewölbesterne hinaus und sind mit der Fahrbahn verankert, sie dienen gleichzeitig als

\*) Vielfach wird noch die Kühnheit einer Brücke nur nach der Spannweite beurteilt, diese ist nicht, oder doch nicht allein maßgebend; den Ausschlag gibt für diese Beurteilung vielmehr eben der Scheitelhalbmesser, da er die Größe des wagerechten Schubes bedingt. Die Gleichung für den wagerechten Schub des Parabelbogens — Drucklinie für gleichmäßige Belastung — lehrt, daß solche Bogen, sofern sie Abschnitte einer und derselben Parabel sind, d. h. sofern die Parameter die gleichen sind, den gleichen wagerechten Schub ausüben unabhängig von der Spannweite, solange nur die Belastung auf die Längeneinheit die gleiche bleibt. Letzteres gilt für die bewegliche Last ohne weiteres, solange es sich um eine Brücke für einen bestimmten Verkehr handelt, die Eigenlasten können innerhalb weiter Grenzen gleich sein oder gleich gemacht werden. Es ist nämlich, wie bekannt, der wagerechte Schub des Parabelbogens  $H = \frac{q l^2}{8 f}$ , wenn  $q$  die gesamte Belastung auf das

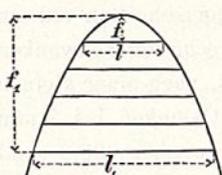


Abb. 1. Parabel.

die Bogen verschiedener Spannweite Abschnitte derselben Parabel bilden (Text-Abb. 1), in welchem Falle sich die wagerechten Schübe der Eigenlast und bei voller Belastung aller Öffnungen gegenseitig aufheben.

Meter Spannweite,  $l$  die Spannweite, und  $f$  die Pfeilhöhe bedeuten. Die allgemeine Gleichung der Parabel  $\frac{y^2}{2x} = p$  geht mit  $\frac{l}{2} = y$  und  $f = x$  über in  $\frac{l^2}{8f} = p$ ; daraus folgt  $H = q \cdot p = q \cdot \frac{l^2}{8f}$ , wenn  $q$  der Krümmungshalbmesser im Scheitel der Parabel ist. — Bogenbrücken mit mehreren ungleichen Öffnungen werden am besten so angeordnet, daß

Hauptgesims. Die Entfernung der Widerlagermitten beträgt 69,55 m, diejenige der Widerlagervorderkanten 62,38 m, die der Widerlagerhinterkanten 76,75 m.

Die Breite des Grundbetons ist 9,2 m, gleich der doppelten, ursprünglich nur zu 4,6 m angenommenen Breite des Gewölbes am Scheitel.

Das reiche von Kragsteinen und den verzierten Schlußsteinen der kleinen Entlastungsbogen getragene Hauptgesims krönt das verzierte schmiedeiserne Geländer.

Die Ortpfeiler, 7 m breit, ruhen auf den Widerlagern unmittelbar auf; an sie schließen sich steile Böschungskegel an; zum Schutze des Vorlandes gegen Unterspülung ist dieses unter der Brücke auf je 4 m Breite von den Widerlagern aus mit einer Betondecke auf Steinpackung versehen.

Die Brücke ist mit Gelenken ausgestattet; acht Paare von je 50 cm Breite sind im Scheitel und je neun Paare von gleicher Breite in den Kämpfern angeordnet. Wie

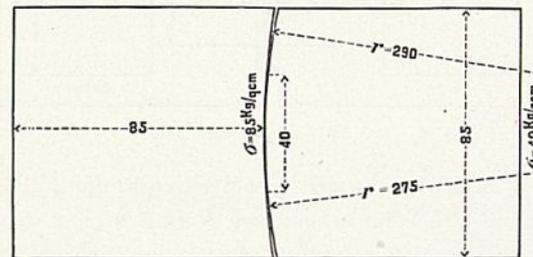


Abb. 2. Betongelenk.

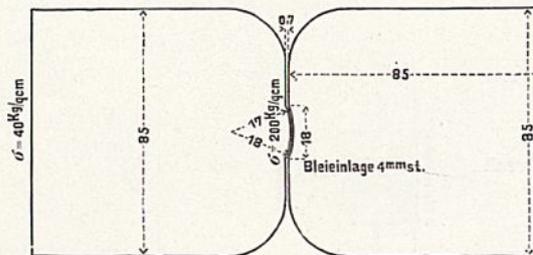


Abb. 3. Granitgelenk.

bei der Brücke in Inzigkofen wurden gußeiserne Stühle verwendet, die als Träger von gleichem Widerstand berechnet sind und 10 cm starke Stahlbolzen umfassen, da diese im Vergleich zu anderen Gelenkanordnungen billig, bequem zu versetzen und sicher wirkend sind (Abb. 7 Bl. 55). Reine Stein- oder Betongelenke, wobei die Gelenkteile aufeinanderrollen (Text-Abb. 2 u. 3) waren nicht verwendbar, da selbst bei einer Inanspruchnahme der Berührungsflächen der Gelenke von 85 kg/qcm für Beton und von 200 kg/qcm für Granit diese Flächen 40 cm und 18 cm breit hätten werden müssen; auch bei der sorgfältigsten Bearbeitung dieser Flächen ist eine Gewähr für die der Rechnung entsprechende Übertragung der Kräfte nicht vorhanden; außerdem wäre das Versetzen der großen Stücke, welches besondere Rüstungen erfordert hätte, nicht weniger teuer und schwierig geworden, als die Beschaffung von Steinen von hervorragender Festigkeit. Wenn auch Stahlgelenke mit gußeisernen oder stählernen Unterlagen, wobei die Gelenkteile aufeinanderrollen (Text-Abb. 4 u. 5), und wie solche z. B. bei der Neckarbrücke in Tübingen (Text-Abb. 6) in Anwendung kamen, einen sehr geringen Widerstand gegen Drehung leisten, so ist deren genaues Versetzen und Anpassen an die Wölbsteine derart mit Schwierigkeiten verknüpft, daß auch wenig Gewähr für

eine der Rechnung entsprechende Wirkung gegeben ist, außerdem werden diese Gelenke bei den hohen Stahlpreisen ebenfalls sehr teuer. Die Wahl der gußeisernen Zapfgelenke

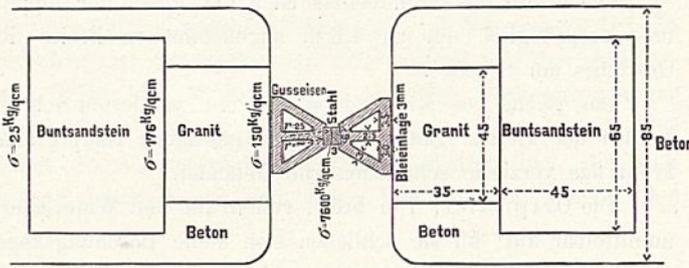


Abb. 4. Rollgelenk.

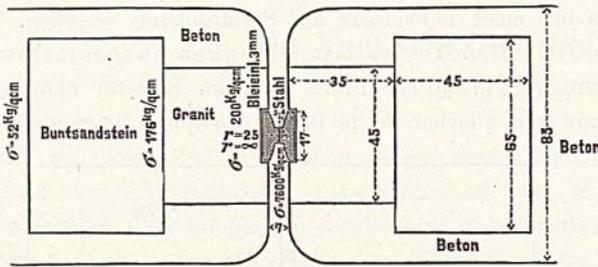


Abb. 5. Rollgelenk.

(Abb. 7 Bl. 55) ist noch gerechtfertigt worden, durch Versuche, die auf Veranlassung des Verfassers mit solchen Gelenken in der Materialprüfungsanstalt in München vorgenommen wurden; es sind infolge dieser Versuche gemäß den Berechnungen des Verfassers auch die Prinzregentenbrücke

in München und demnächst die Isarbrücke bei Bogenhausen mit solchen Gelenken versehen worden. Die Versuche, die Herr Professor Föppl leitete und deren Ergebnis er

in Nr. 32 des Jahrganges 1901 des Zentralblattes der Bauverwaltung (S. 197) veröffentlichte, erstreckten sich insbesondere auf die Feststellung der Reibungswiderstände in den Gelenken und der zweckmäßigsten Schmierfette für dieselben. Es war zu erwarten, daß die bekannten Angaben über die Reibungszahlen bei den hohen Pressungen, wie sie in den Gelenken auftreten, nicht zutreffen. Die Versuche haben für solche Gelenke aus gußeisernen Stühlen mit eingeschlifften Stahlbolzen das Folgende ergeben:

1. Die Reibungszahl nimmt mit zunehmendem Druck in erheblichem Maße ab. Kleine Bolzendurchmesser sind also vorzuziehen.
2. Eine dünne Haut des Schmierfettes verbleibt auch bei hohem Druck zwischen Stuhl und Bolzen. Es wird also eine dauernde Schmierung erhalten.
3. Paraffin ist weitaus das günstigste Schmierfett für solche Gelenke, da für dieses Fett die Reibungszahl sehr klein ist und bei einer Zunahme der Pressung von 100 kg/qcm bis 600 kg/qcm auf die Querschnittsfläche des Bolzens von 0,0062 auf 0,0025 sinkt.

4. Auch bei ungeschmierten Bolzen ist die Reibungszahl eine mäßig große. Sie betrug für das Modell bei 50 kg/qcm Pressung 0,235, bei 200 kg/qcm 0,216. Die Drehung der Gelenke ist nach diesen Versuchen außer Frage. Es kann bei der Berechnung der durch die Reibung erzeugten Zusatzspannungen in den Gelenken und am Gewölbe mit sehr kleinen Reibungszahlen gerechnet werden. Hiernach stehen bei zweckentsprechender Erstellung, Zapfgelenke, die viele sonstige Vorteile bieten, den stählernen Rollgelenken hinsichtlich des erzeugten Reibungswiderstandes wenig nach.

Für die Gelenke der Neckarhauser Brücke war noch eine Reibungszahl  $\mu = 0,4$  angenommen worden; welche Annahme nach den Versuchen Föppls viel zu ungünstig ist.

Als Baustoff der Brücke wurde Beton gewählt. Obwohl gute Bausteine des Buntsandsteins, des Keupers und des Muschelkalks in 8 bis 10 km Entfernung von der Baustelle erhältlich waren und der zum Betonieren erforderliche Sand 76 km weit mit der Bahn hergeschafft werden mußte, ergaben vergleichende Berechnungen, daß die Betonbrücke erheblich billiger als eine Steinbrücke wurde; von der Anwendung eines Betoneisenbaues wurde abgesehen, da die größeren Massen der reinen Betonbrücke günstig gegenüber den Verkehrslasten wirken und Ersparnisse mit einem Betoneisenbau nicht zu erzielen gewesen wären. Auch die Formgebung wird für eine reine Betonbrücke, weil der reinen Steinbrücke ähnlich, befriedigender, als bei einer Betonbrücke mit Eiseneinlagen. Der äußeren Ausstattung der Brücke ist dadurch ein besonderer Schmuck verliehen, daß die sichtbaren Hauptflächen in Granitnachahmung hergestellt sind, während die gegliederten Teile der Gesimse, die Kragsteine, Schlußsteine und die Binderschichten des Gewölbes in roter Sandsteinnachahmung ausgeführt sind (Text-Abb. 7).

**Berechnung der Brücke.**

Stützweite zwischen den Gelenken  $l = 50$  m,  
 Pfeilhöhe  $\frac{1}{11} l = 4,545$  m,  
 Verkehrslast 400 kg/qm Fahrbahn, 500 kg/qm Gehwege.  
 Gehwege  $2 \cdot 0,75 \cdot 500 = 750$  } 2350 kg = 1 cbm Beton auf  
 Fahrbahn  $4 \cdot 400 = 1600$  }

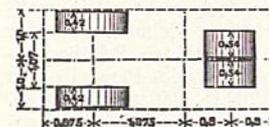


Abb. 8.

ein Längenmeter der ganzen Brückenbreite, dazu eine Dampfwalze von 15 t (Text-Abb. 8) als Einzellast = 5 cbm Beton neben dem Menschengedrange.  
 $15000 \text{ kg} - 2 \cdot 4,67 \cdot 400 \text{ kg} = 11264 \text{ kg} = 5 \text{ cbm}.$

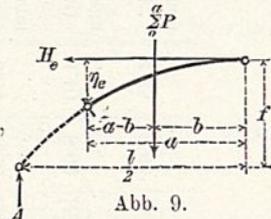
Die Gewölbeachse ist der Drucklinie für Eigenlast angepaßt, die Gewölbestärken sind für die Belastung mit Verkehrslast nach Belastungsscheiden so bemessen, daß in keinem Querschnitt die Pressung 40 kg/qcm überschreitet, während die größten Beanspruchungen in allen Querschnitten nahezu gleich werden — gemäß der ersten Berechnung schwanken dieselben zwischen 37,4 und 39,5 kg/qcm, nach einer kleinen Verschiebung der Achse von 0 an den Gelenken bis 7 mm an der Bruchfuge bleiben dieselben zwischen 38,2 und 39,8 kg/qcm. — Zugspannungen treten nicht auf. Die lotrechten Abstände  $\eta_e$  der Drucklinie für Eigenlast von der Scheiteltwagerechten ergeben sich für die Querschnitte mit dem Abstand  $a$  vom Scheitel, wenn  $P$  das Gewicht und  $b$  den

Abstand der Schwerlinie des Gewölbeteiles  $a$  vom Scheitel bedeutet, aus:

$$1) \eta_e = \frac{\sum_0^a P(a-b)}{H_e} \quad (\text{Text-Abb. 9}),$$

$$2) H_e = \frac{\sum_0^{\frac{l}{2}} P(\frac{l}{2}-b)}{f} = \frac{2647,12}{4,545} = 582,425 \text{ cbm},$$

$$3) A_e = \sum_0^{\frac{l}{2}} P = 232 \text{ cbm}.$$



$$5) \dots \dots \dots R = \sqrt{H^2 - V^2}.$$

$$6) \dots \dots \dots e = \frac{M}{R}.$$

Hierbei bedeutet:  $H$  wagerechter Schub,  $V$  Querkraft,  $Mx$  Biegemoment,  $W$  Widerstandsmoment,  $e$  Ausschlag der Drucklinie für einseitige Belastung von der Drucklinie für Eigenlast,  $b$  Breite,  $h$  Höhe für den untersuchten Querschnitt. Es ist

für den Belastungsfall I:	für den Belastungsfall II:
$V = V_{kx} + V_{k\frac{l}{2}} + V_w + V_e.$	$V = V_{k\frac{l}{2}-x} + V_w + V_e.$
$H = H_{kx} + H_{k\frac{l}{2}} + H_w + H_e.$	$H = H_{k\frac{l}{2}-x} + H_w + H_e.$
$M = M_{kx} + M_{k\frac{l}{2}} + M_w.$	$M = M_{k\frac{l}{2}-x} + M_w.$

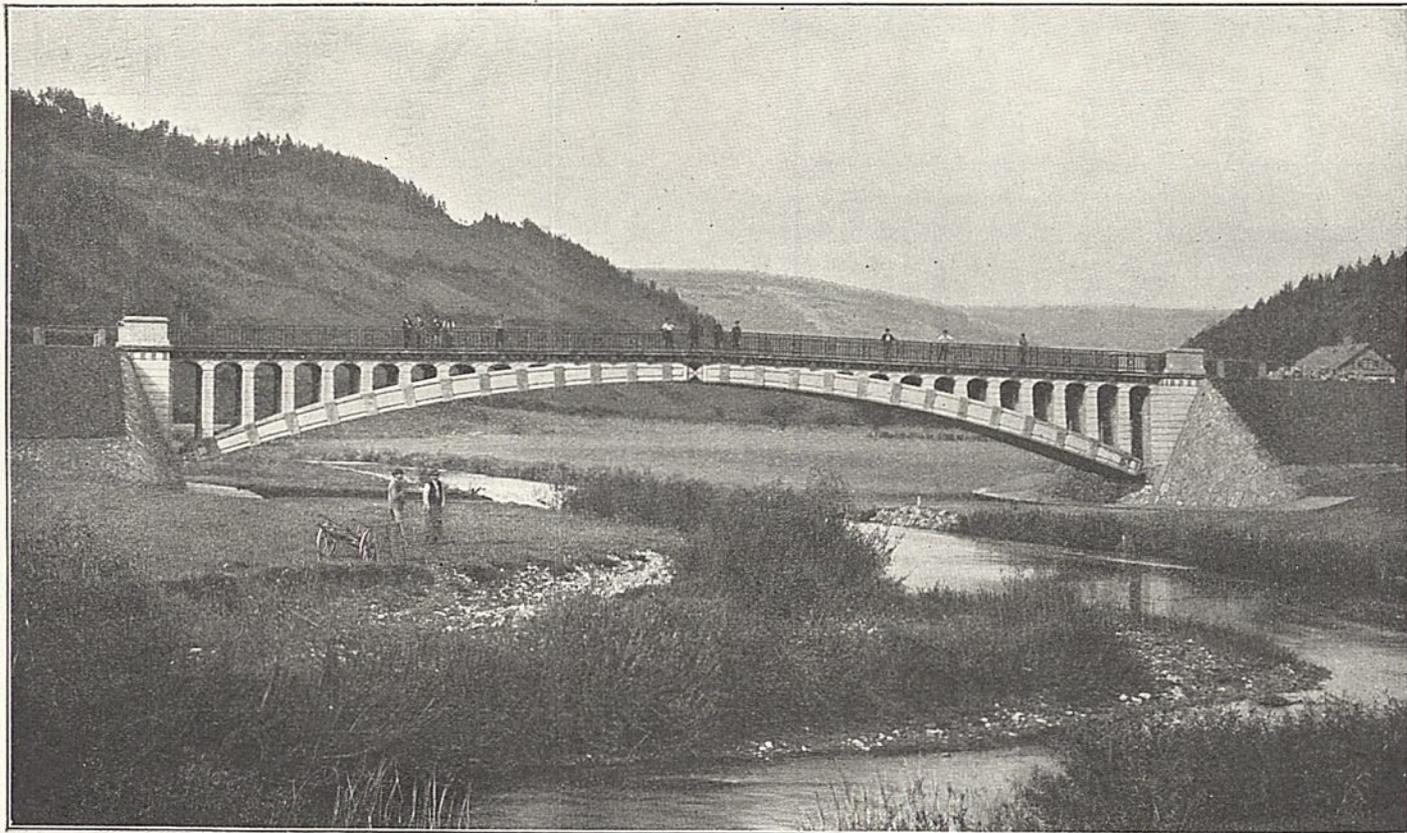


Abb. 7. Ansicht der Brücke bei Neckarhausen.

Teile	1	2	3	4	5	6	7	8
$a =$	1,450	3,250	5,050	6,850	8,650	10,450	12,250	14,050
$\eta_e =$	0,012	0,063	0,155	0,290	0,471	0,700	0,979	1,311
Teile	9	10	11	12	13	14	15	
$a =$	15,850	17,650	19,450	21,250	23,050	24,850	25,000	
$\eta_e =$	1,694	2,133	2,630	3,189	3,805	4,486	4,548	

Die größten Beanspruchungen  $\sigma$  durch Verkehrslast ergaben sich aus der Belastung eines Gewölbeteiles mit gleichmäßig verteilter Last, bis zur Belastungsscheide neben der Belastung mit der Dampfwalze (s. S. 283 Jahrgang 1896 dieser Zeitschrift) und zwar:

I. Fall: Belastung rechts der Lastscheide mit Dampfwalze möglichst nahe rechts am Scheitel (Abstand der Schwerlinie der Walze vom Scheitel 1,4 m).

II. Fall: Belastung links der Lastscheide mit Dampfwalze auf dem untersuchten Querschnitt.

Allgemein ist

$$4) \dots \dots \sigma_{\max} = \frac{R}{F} \pm \frac{Mx}{W}$$

für rechteckigen Querschnitt  $= \frac{R}{F} \left( 1 + \frac{be}{h} \right).$

Hierbei bezeichnen die Zeiger  $k_x$ ,  $k_{\frac{l}{2}-x}$  und  $k_{\frac{l}{2}}$ , die durch Belastung der Strecken  $x$ ,  $\frac{l}{2}-x$  und  $\frac{l}{2}$  mit  $k = 1 \text{ cbm/m}$  erzeugten Wirkungen, der Zeiger  $w$  die Wirkung der Belastung mit der Walze und der Zeiger  $e$  die Wirkung der Eigenlast. Die Werte  $V_e$  und  $H_e$  sind unmittelbar berechnet oder dem Kräfteplan für die Eigengewichtsdrucklinie, die übrigen Werte den Einflußlinien (Abb. 5 Bl. 55) entnommen, In Tabelle I und II sind die Werte für  $\sigma_{\max}$  auf Grund dieser Entnahmen berechnet.

Die Berechnung der Gelenke erfolgte unter der Annahme gleichmäßig verteilten Druckes auf die Grundflächen nach Biegebungsbeanspruchung. Das zu den Stühlen verwandte Gußeisen hatte eine Zugfestigkeit von 1735 kg/qcm.

Es ist:

1. Wagerechter Schub für Eigenlast  $H_e = 582,425 \text{ cbm} = 1339,58 \text{ t}$ ,
2. Wagerechter Schub für Vollbelastung mit Walze im Scheitel  $H_{k+w} = 664,93 \text{ cbm} = 1529,34 \text{ t}$ ,
3. Wagerechter Schub für Belastung einer Gewölbhälfte mit Walze dicht rechts des Scheitels  $H_{\frac{k}{2}+w} = 630,56 \text{ cbm} = 1450,29 \text{ t}$ ,

Tabelle I. Für Belastung rechts der Belastungsscheide (größere  $\eta_1$ .)  
Dampfwalze 1,4 m rechts im Scheitel.

Posten-Achsverschiebung	$V_{kz}$	$V_{kz} + V_w$	$V_0 = \sum P$	$V = \sum V$	$H_{kz}$	$H_{kz} + H_w$	$H = \sum H$	$H^2$	$V^2$	$R^2 = V^2 + H^2$	$M_{kz} + M_w$	$M_w$	$M$	$R = \sqrt{R^2}$	$e = \frac{M}{R}$	$b_e$	$h$	$1 + \frac{b_e}{h}$	$b_1$	$b_h$	$\frac{R}{b_h} = \frac{eR}{b_h} \left(1 + \frac{b_e}{h}\right)$	$R \left(1 + \frac{b_e}{h}\right)$	$\sigma_{max}$ in kg für die ganze Gewölbeweite	$\sigma_{max}$ in kg für nur 4,8 m Breite vor der Achsverschiebung	Posten-Achsverschiebung	
2 1 mm	0,81	8,60	22,94	32,35	4,13	629,78	633,91	401892	1047	402889	19,39	6,80	26,28	634,73	0,041	0,246	0,97	1,253	4,81	4,665	136,1	170,5	39,21	39,26	39,05	2
4 2 mm	1,68	8,60	51,08	61,36	8,09	629,78	637,87	406878	3766	410644	37,16	12,46	49,62	640,81	0,077	0,462	1,11	1,416	4,86	5,39	118,9	168,3	38,71	39,15	38,85	4
6 4 mm	2,52	8,60	82,01	93,13	11,45	629,78	641,23	411176	8673	419849	48,25	15,39	63,64	647,94	0,098	0,588	1,18	1,498	4,94	5,83	111,1	166,5	38,29	39,44	38,96	6
8 7 mm	3,34	8,60	115,48	127,42	14,37	629,78	644,15	414930	16236	431166	53,53	16,33	69,86	656,63	0,106	0,636	1,205	1,328	5,05	6,08	107,9	164,9	38,03	39,92	39,01	8
10 7 mm	4,10	8,60	151,49	164,19	16,85	629,78	646,63	418131	26958	445089	46,92	13,78	60,70	667,14	0,091	0,546	1,18	1,462	5,20	6,14	108,7	158,9	36,55	39,63	38,73	10
12 5 mm	4,85	8,60	189,90	203,35	18,96	629,78	648,74	420864	41351	462215	31,28	8,87	40,15	679,86	0,059	0,354	1,09	1,325	5,38	5,865	115,7	153,2	35,24	39,00	38,77	12

\*)  $e_1$  Ausschlag der Drucklinie nach der Achsverschiebung; die fetten Zahlen sind die nach der Achsverschiebung gewonnenen endgültigen Werte. Die Belastungen sind in Kubikmetern Beton à 2300 kg ermittelt.

Tabelle II. Für Belastung links der Belastungsscheide (kleinere  $\eta_2$ .)  
Walze über dem untersuchten Querschnitt.

Posten-Achsverschiebung	$V_{kz}$	$V_w$	$V_0 = \sum P$	$V = \sum V$	$H_{kz}$	$H_w + H_0$	$H = \sum H$	$H^2$	$V^2$	$R^2 = V^2 + H^2$	$M_{kz}$	$M_w$	$M$	$R = \sqrt{R^2}$	$e = \frac{M}{R}$	$b_e$	$h$	$1 + \frac{b_e}{h}$	$b_1$	$b_h$	$\frac{R}{b_h} = \frac{eR}{b_h} \left(1 + \frac{b_e}{h}\right)$	$R \left(1 + \frac{b_e}{h}\right)$	$\sigma_{max}$ in kg für die ganze Gewölbeweite	$\sigma_{max}$ in kg für nur 4,8 m Breite vor der Achsverschiebung	Posten-Achsverschiebung	
2 1 mm	-3,76	+2,84	22,94	22,02	30,12	594,38	624,50	390000	485	390485	18,28	7,80	26,08	624,89	0,042	0,252	0,97	1,259	4,81	4,665	133,95	168,6	38,78	38,82	39,05	2
4 2 mm	-1,04	+3,19	51,08	53,23	26,33	592,40	618,73	382827	2833	385660	34,30	15,70	50,00	621,02	0,0805	0,483	1,11	1,435	4,86	5,39	115,2	165,3	38,02	38,45	38,76	4
6 4 mm	+1,70	+3,56	82,01	87,27	22,95	590,42	613,37	376223	7616	383839	42,23	20,70	62,93	619,55	0,101	0,609	1,18	1,515	4,94	5,83	106,3	161,0	37,03	38,16	38,71	6
8 7 mm	+4,50	+3,94	115,48	123,92	20,03	588,44	608,47	370226	15356	385582	44,41	23,30	67,71	620,95	0,109	0,656	1,205	1,544	5,05	6,08	102,05	157,6	36,25	38,13	39,03	8
10 7 mm	+7,39	+4,28	151,49	163,16	17,59	586,46	604,05	364877	26621	391498	38,40	21,50	59,96	625,70	0,096	0,576	1,18	1,487	5,20	6,14	101,9	151,5	34,85	37,84	38,81	10
12 5 mm	+10,18	+4,63	189,90	204,71	15,38	584,48	599,86	359832	41906	401738	24,41	14,60	39,01	633,83	0,062	0,372	1,09	1,341	5,38	5,865	108,1	145,0	33,35	37,38	38,19	12

\*)  $e_1$  Ausschlag der Drucklinie nach der Achsverschiebung; die fetten Zahlen sind die nach der Achsverschiebung gewonnenen endgültigen Werte. Die Belastungen sind in Kubikmetern Beton à 2300 kg ermittelt.

4. Die bei Belastung einer Gewölbehälfte entstehende Querkraft im Scheitel  $V = \frac{kl}{8} + \frac{w}{2} = 8,75 \text{ cbm} = 20,125 \text{ t}$ ,

5. Die Eigenlast einer Brückenhälfte  $\sum_0^{\frac{l}{2}} P = 232 \text{ cbm} = 533,60 \text{ t}$ .

Die oberen Vorzeichen für Scheitelbewegung abwärts  
 „ unteren „ „ „ aufwärts.

**Zusatzspannungen infolge der Reibungswiderstände in den Gelenken.**

Wirkung der Zapfenreibung. Bei einer Senkung des Scheitels durch Wärmeeinflüsse oder Belastung und bei der Ausschaltung des Gewölbes erzeugt die Reibung in den

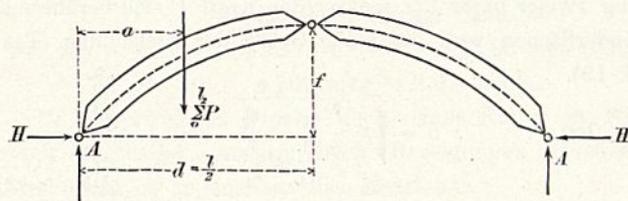


Abb. 10.

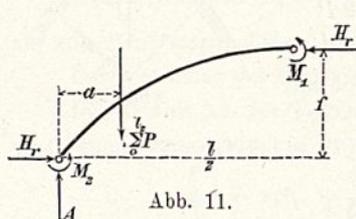


Abb. 11.

Gelenken die in den Text-Abb. 10 u. 11 angedeuteten Momente. Wird die geringfügige Änderung der Pfeilhöhe außer acht gelassen (um den reinen Einfluß der Reibung bei Beginn der

Bewegung festzustellen), so ergibt eine Momentengleichung für einen Querschnitt dicht rechts des Kämpfers Text-Abb. 12 u. 13:

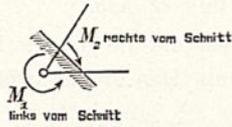


Abb. 12.

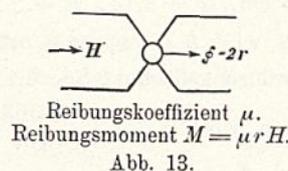


Abb. 13.

7)  $M_2 = M_1 + H_r f - \sum_0^{\frac{l}{2}} P a$ , worin

8)  $M_1 = + \mu r_1 H_r$   
 9)  $M_2 = - \mu r_2 R_r$  für Zapfengelenke

10)  $R_r = \sqrt{H^2 + \sum_0^{\frac{l}{2}} P^2}$ .

Durch Einführung der Werte der Gleichung 8 und 9 in Gleichung 7 und durch Auflösung der Wurzel nach der Formel  $\sqrt{a^2 + b^2} = 0,96 a + 0,368 b$  für  $a > b$  wird der aus der Reibung erwachsende wagerechte Schub:

11)  $H_r = \frac{\sum_0^{\frac{l}{2}} P a \mp (0,368 \mu r_2 \sum_0^{\frac{l}{2}} P)}{f \pm (\mu r_1 + 0,96 \mu r_2)}$ .

Für den wagerechten Schub der Eigenlast und mit  $\mu = 0,4$  und  $r = 5 \text{ cm}$  wird

$\mu r_1 = \mu r_2 = 0,02$ ,  
 $0,96 \mu r_2 = 0,019$ ,

$0,368 \mu r_2 \sum_0^{\frac{l}{2}} P = 1,708 \text{ cbm}$ .

Bei einer Scheitelsenkung wird sonach

12)  $H_r e = \frac{2647,12 - 1,708}{4,545 + 0,039} = 577,10 \text{ cbm}$ .

Die Verminderung des wagerechten Schubes für Eigen- gewicht wird  $582,43 \text{ cbm} - 577,10 \text{ cbm} = 5,33 \text{ cbm}$ .

Nach Gleichung 8, 9, 10 wird

$M_{1e} = + 11,54 \text{ cbm}$ ,

$M_{2e} = - 12,44 \text{ „ „}$ ,

$R_{re} = 621,99 \text{ „ „}$ .

Für Vollbelastung der Brücke mit  $k = 1 \text{ cbm/m}$  und mit der Dampfwalze im Scheitel wird ebenso  $H_r k_w = 658,83 \text{ cbm}$ , und die Verminderung des wagerechten Schubes gegenüber dem wagerechten Schub der Ruhe ohne Reibung wird  $664,93 \text{ cbm} - 658,83 \text{ cbm} = 6,10 \text{ cbm}$ ; daraus wird

$M_{1k} = + 13,18 \text{ cbm}$ .

$M_{2k} = - 14,16 \text{ „ „}$ ,

$R_{rk} = 708,10 \text{ „ „}$ .

Um die Spannungen in den einzelnen Bogenquerschnitten zu ermitteln, wurde eine Brückenhälfte als „Bogen mit un- gleichen Stützhöhen und mit den Kämpfermomenten  $M_1$  und  $M_2$ “ betrachtet (Text-Abb. 14). Bei symmetrischer Brücken- belastung wird für einen Querschnitt  $x$  (Text-Abb. 15)

13)  $V_x = A - \sum_0^x P = \sum_0^d P - \sum_0^x P = \sum_x^d P$ .

14)  $M_x = \frac{d-x}{d} (M_2 + \sum_0^x P a) + \frac{x}{d} (M_1 + \sum_x^d P [d-a]) - (y - \frac{f}{d} x) H_r$ ,

15)  $R_x = \sqrt{H_r^2 + V_x^2}$ ,

16)  $e = \frac{M_x}{R_x}$ ,

17)  $\sigma = \frac{R_x}{bh} \left( 1 \pm \frac{6e}{h} \right)$  (Text-Abb. 16).

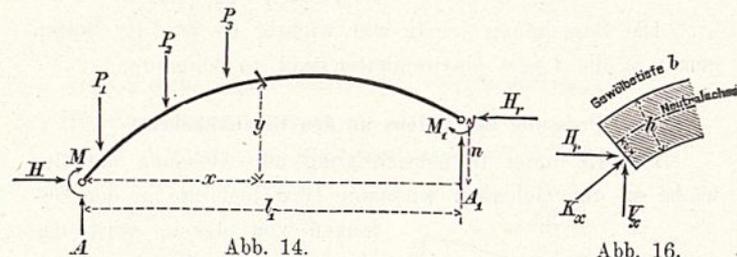


Abb. 14.

Abb. 16.

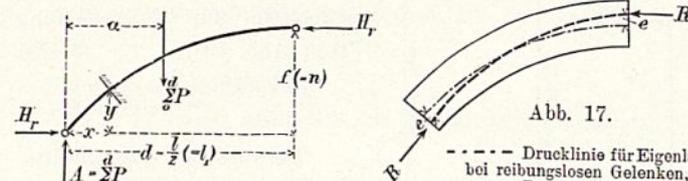


Abb. 15.

Abb. 17.

--- Drucklinie für Eigenlast bei reibungslosen Gelenken,  
 - - - Drucklinie für Eigenlast bei Reibung der Gelenke nach Scheitelsenkung.

Die durchgeführte Berechnung zeigte, daß die negativen Momente im Kämpfer, die positiven im Scheitel am größten, die Momente in der Nähe der Bruchfuge aber gleich 0 werden (Text-Abb. 17).

Für die Kämpfer mit  $x = 0$  wird in unserem Falle

$M_{x,0} = M_2 = \begin{cases} -12,44 \text{ m/cbm} & \text{für Eigenlast,} \\ -14,16 \text{ „ „} & \text{Vollbelastung,} \end{cases}$

$e = \frac{M_2}{R} = \begin{cases} -0,02 \text{ m} & \text{für Eigenlast,} \\ -0,02 \text{ „ „} & \text{Vollbelastung,} \end{cases}$   
 kg/qcm kg/qcm

$\sigma_{\max} = + \frac{R}{bh} \cdot 1,133 = \begin{cases} 37,52 & \text{statt } 33,38 \text{ für Eigenlast,} \\ 42,71 & \text{„ } 38,00 \text{ „ Vollbelastung.} \end{cases}$

Differenz  $\Delta\sigma$  sonach =  $\begin{cases} + 4,1 \text{ kg/qcm} & \text{für Eigenlast,} \\ + 4,7 \text{ ,,} & \text{,, Vollbelastung.} \end{cases}$

Für den Scheitel mit  $x = \frac{l}{2}$  wird

$M_{\frac{l}{2}} = M_1 = \begin{cases} + 11,54 \text{ m/cbm} & \text{für Eigenlast,} \\ + 13,18 \text{ ,,} & \text{,, Vollbelastung,} \end{cases}$

$e = \frac{M_1}{H_r} = \begin{cases} + 0,02 \text{ m/cbm} & \text{für Eigenlast,} \\ + 0,02 \text{ ,,} & \text{,, Vollbelastung,} \end{cases}$

$\sigma_{\max} = \frac{H_r}{bh} \cdot 1,141 = \begin{cases} 37,12 \text{ statt } 32,84 & \text{für Eigenlast,} \\ 42,38 \text{ ,, } 37,48 \text{ ,,} & \text{Vollbelastung.} \end{cases}$

$\Delta\sigma = \begin{cases} + 4,28 \text{ kg/qcm} & \text{für Eigenlast,} \\ + 4,90 \text{ ,,} & \text{,, Vollbelastung.} \end{cases}$

Nach den Versuchen Föppls wird für das mit Maschinenfett geschmierte Gelenk bei einer Pressung auf den Bolzenlängenschnitt von

$= \frac{1529,34 \text{ t}}{8 \cdot 50 \cdot 10} = 382 \text{ kg/qcm.}$

Die Reibungszahl  $\mu = \text{rd. } 0,14$ , bei Schmierung mit Paraffin dagegen wird diese Zahl  $\mu = 0,028$ .

Für die Kämpfer wird

	mit $\mu = 0,140$	$\mu = 0,028$
$Hrk =$	662,750 cbm	664,510 cbm
$Rk =$	711,370 ,,	713,380 ,,
$M_1 = +$	9,280 ,,	+ 1,860 ,,
$M_2 = -$	9,960 ,,	- 2,000 ,,
$e =$	0,013 m	0,003 m
$\sigma =$	41,190 kg/qcm	38,100 kg/qcm
$\Delta\sigma =$	3,190 ,,	1,100 ,,
	mit $\mu = 1$ wird $M_1 = 33 \text{ cbm,}$	
	$e = 5 \text{ cm,}$	
	$\Delta\sigma = 13 \text{ kg/qcm.}$	

Die Berechnung lehrt, wie wichtig es ist, die Bolzen genau in die Lager einzuschleifen und zu schmieren.

**Pressung des Betons an den Gelenkflächen.**

Für die unter Berücksichtigung der Abfasung der Gewölbe an den Gelenken wirksame Gewölbebreite in den Gelenken von 4,5 m wird der Druck auf das Zentimeter Gewölbetiefe für Vollbelastung (Text-Abb. 18):

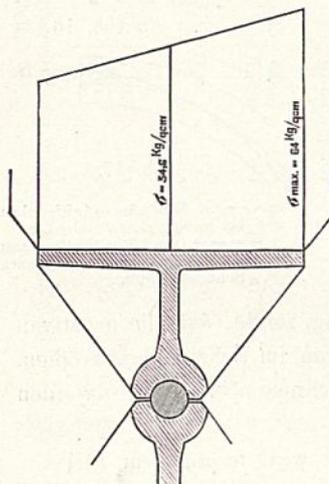


Abb. 18.

$\frac{1529340}{4,5} = \text{rd. } 3400 \text{ kg.}$

Bei 0,85 m Querschnittshöhe des Betons im Scheitel

$s = \frac{3402}{85} = 40 \text{ kg/qcm.}$

Bei acht Stühlen im Scheitel von 50/70 cm Grundfläche wird die Beanspruchung des Betons an dieser Fläche

$s_1 = \frac{1529340}{8 \cdot 50 \cdot 70} = 54,62 \text{ kg/qcm.}$

Infolge der Reibungswiderstände im Zapfen ergibt sich für  $\mu = 0,4$  nach Gleichung 14:

$e = 0,02 \text{ m,}$   
 $\sigma = k \left( 1 + \frac{be}{h} \right) = 54,62 \left( 1 + \frac{72}{70} \right) = 64 \text{ kg/qcm.}$

Im Kämpfer wird bei 9 Paar Stühlen von den Abmessungen der Scheitelgelenkstühle die Pressung geringer, nämlich 46,2 kg/qcm. Mit Zapfenreibung  $\mu = 0,40$  wird diese Pressung 57,8 kg/qcm.

Die Zusatzspannungen durch Winddruck, Eisstöße und Hochwasser sind nicht berechnet, da solche bei der gewählten Anordnung ohne besondere Bedeutung sind.

Die größten Biegungsbeanspruchungen der gußeisernen Gelenkstühle werden 221,3 kg/qcm Zug und 346 kg/qcm Druck.

Zum Vergleich sei hier die Rechnung für ein Stahlrollgelenk durchgeführt nach Text-Abb. 4 und 5.

**a) Druckfestigkeit.**

Auf Grund der Hertzschen Theorie über die Beanspruchung zweier unter der senkrechten Kraft  $P$  sich berührenden Zylinderflächen wird die halbe Größe der Abflachung (Text-Abb. 19).

18)  $\dots b = \sqrt{\frac{P e_1 + e_2}{\pi \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}}$

und die größte Druckbeanspruchung

19)  $\dots s = \frac{2P}{\pi \cdot b}$

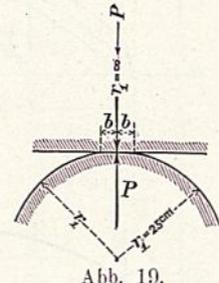


Abb. 19.

In vorliegendem Falle wird mit

$e_1 = e_2 = \frac{32}{9E}$  und  $r_1 = r_2; r_2 = \infty.$

20)  $\dots b = \frac{16}{3} \sqrt{\frac{Pr}{\pi E}}$

Bei 14 Stühlen im Scheitel von je 30 cm Länge ist  $P = \frac{H}{14 \cdot 30} = \frac{1529,34}{14 \cdot 30} = 3640 \text{ kg/cm}$  Länge, ferner ist  $r = 25 \text{ cm, } \pi = 3,14, E = 2200000 \text{ kg/qcm.}$

Es wird  $b = \sqrt{0,094} = 0,306 \text{ cm}$  und die gesamte Breite der Berührungsfläche  $2b = 6,12 \text{ cm}$ . Der größte Druck in derselben wird  $s_{\max} = \frac{2 \cdot 3640}{3,14 \cdot 0,306} = 7577 \text{ kg/qcm.}$

Die Größe  $y$  der Zusammendrückung der Platte sowohl als des Zylinders wird als Parabelpfeil (Text-Abb. 20) berechnet.

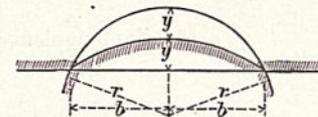


Abb. 20.

21)  $y = \frac{f}{2} = \frac{b^2}{4r} = \frac{0,094}{100} = 0,00094 \text{ m} = 1/100 \text{ mm.}$

**b) Gleitung.**

Der Reibungswinkel zwischen dem wagerechten Schub und der Querkraft im Scheitel bei einseitiger Belastung ist zu berechnen mit

22)  $\dots \text{tg } \varphi = \frac{V}{H_k} = \frac{8,75}{630,56} = 0,014.$

Die Reibungszahl zwischen Stahl und Stahl bei der hohen Pressung von rund 7600 kg/qcm muß also  $> 0,014$  sein, wenn ein Abgleiten einer Gewölbehälfte nicht stattfinden soll; es ist anzunehmen, daß dem so ist; Versuche hierfür fehlen.

c) Reibungswiderstand bei der Abrollung.

Nach der Formel für rollende Reibung ist das Widerstandsmoment der Reibung

$$23) \dots \dots M = Qf.$$

Mit  $f = 0,0005$  m für Gußeisen auf Stahlschienenen (Angaben für Stahl auf Stahl fehlen) wird

$$M = 1529340 \cdot 0,0005 = 765 \text{ mkg},$$

$$= 0,33 \text{ mcbm gegen } 13,18 \text{ mcbm},$$

bei Zapfenreibung mit der Reibungszahl  $\mu = 1,0$ .

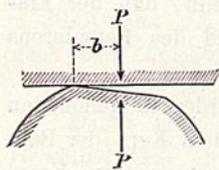


Abb. 21.

Wird die elastische Gegenwirkung der gedrückten Fasern, welche dem Rollen zugute kommt, vernachlässigt, so muß die Abrollung als ein Kippen um die äußere Kante der Abflachungen angesehen werden (Text-Abb. 21). Das Kippmoment beträgt dann

$$24) M_1 = P \cdot b = 1529340 \cdot 0,0031 = 664,93 \text{ cbm} \cdot 0,0031.$$

$$= 4700 \text{ mkg} = 2,05 \text{ mcbm}.$$

Da weder bloßes Kippen noch reines Rollen in Wirklichkeit stattfindet, sondern beide Bewegungen gleichzeitig auftreten, ist es angemessen das Mittel aus

$$M \text{ und } M_1 \text{ also } M = \frac{0,33 + 2,05}{2} = 1,19 \text{ mcbm}.$$

als zutreffend anzunehmen.

Der Ausschlag der Drucklinie  $e$  wird dann  $e = 0,0018$  m.

Der Granit an der Lagerfläche der Bolzenunterlage erfährt eine Kantenpressung durch diese Unterlage von

$$\sigma_{\max} = s_k \left( 1 + \frac{be}{h} \right),$$

$$= 146 \left( 1 + \frac{1,08}{25} \right) \text{ kg/qcm},$$

$$= 152 \text{ kg/qcm},$$

$$\Delta\sigma = 6 \text{ " " "}$$

d) Größe der Abrollung.

Für eine senkrechte Scheitelbewegung  $c$  ist der Rollwinkel  $\alpha$  (Text-Abb. 22 und 23):

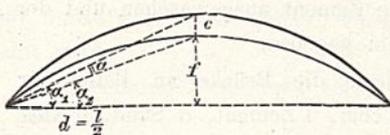


Abb. 22.

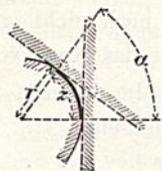


Abb. 23.

$$25) \dots \dots \alpha = \alpha_1 - \alpha_2,$$

worin

$$26) \text{ tg} \cdot \alpha_1 = \frac{c+f}{d} \text{ und } \text{tg} \cdot \alpha_2 = \frac{f}{d} \text{ ist.}$$

Durch probeweise Einführung von  $c = 15,5$  cm erhält man in vorliegendem Falle mit

$$f = 4,545, \quad d = 25 \text{ cm}, \quad r = 25 \text{ cm}.$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= 10^\circ 18' 13'' \\ \alpha_1 &= 10^\circ 38' 51'' \end{aligned} \right\} \alpha = 0^\circ 20' 38''.$$

$$z = 0,15 \text{ cm} = 1,5 \text{ mm}.$$

Die Berechnung der Widerlager geschah durch Zeichnung. Sie sind der Drucklinie für Vollbelastung angepaßt. Die Berechnung ist für Vollbelastung und für Eigengewicht unter Berücksichtigung des Auftriebs bei Hochwasser ausgeführt. Für Vollbelastung wird die größte Kantenpressung an dem linken Grundbeton 4,6 kg/qcm, an dem

rechten 5,6 kg/qcm, die Reibungszahl wird bei dieser Belastung in der Bausohle links  $\text{tg} \varphi = 0,28$ , rechts  $\text{tg} \varphi = 0,23$ ; unter Eigengewicht und mit Hochwasserauftrieb wird die größte Pressung im linken Grundbeton 4,4 kg/qcm, im rechten 5,5 kg/qcm und die Reibungszahl links  $\text{tg} \varphi = 0,42$ , rechts  $\text{tg} \varphi_1 = 0,41$ .

Die Reibung, die im letzten Falle gering ist, wird noch unterstützt durch den Gegendruck, den die Mergel- und Kiesbänke an der Hinterseite des Grundbetons ausüben, und zwar am linken Widerlager auf eine Fläche von  $9,2 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ m} = 23,92 \text{ qm}$ , am rechten Widerlager auf eine Fläche von  $9,2 \text{ m} \cdot 2,1 \text{ m} = 19,32 \text{ qm}$ .

Ausführung der Brücke.

Da geeigneter Sand in der Nähe der Baustelle nicht vorhanden war, wurde Porphyrsand und Kalksand verwandt; ersterer wurde in dem Schwarzwälder Porphywerk Schenkenzell durch Quetschen von Porphyrstainen, letzterer aus den Abfällen der Steinbrechmaschine, mittels welcher der Betonschotter aus Steinen des Hauptmuschelkalks hergestellt wurde, gewonnen.

Die angestellten Versuche hatten das bemerkenswerte Ergebnis, daß die mit künstlichem Sand hergestellten Probekörper erheblich größere Festigkeiten ergaben als die mit Normensand hergestellten.

Die Festigkeiten der vorschriftsmäßig hergestellten Probekörper ergaben sich wie folgt:

I. Proben mit Normensand 1:3.

Die Zugfestigkeit betrug

nach 8 Tagen aus 12 Proben im Mittel	22,08 kg/qcm
" 28 " " 20 " " "	24,93 "
" 56 " " 9 " " "	26,03 "
" 90 " " 6 " " "	29,10 "

II. Proben mit Porphyrsand von Schenkenzell.

Die Zugfestigkeit betrug

nach 8 Tagen aus 2 Proben im Mittel	35,30 kg/qcm
" 14 " " 4 " " "	35,20 "
" 28 " " 10 " " "	36,04 "
" 90 " " 11 " " "	42,03 "

III. Proben mit Muschelkalksand auf der Baustelle hergestellt.

Die Zugfestigkeit betrug

nach 14 Tagen aus 4 Proben im Mittel	32,4 kg/qcm
" 28 " " 4 " " "	36,6 "
" 56 " " 3 " " "	40,9 "

Der Portlandzement aus der Stuttgarter Zementfabrik Blaubeuren war von besonders feiner Mahlung.

In der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule in Stuttgart durch Baudirektor v. Bach mit demselben Zement vorgenommene Versuche hatten folgendes Ergebnis:

Die Siebprobe ergab 0,1 vH. Rückstand im Siebe von 900 Maschen und 13 vH. Rückstand im Siebe von 4900 Maschen. Die Druckfestigkeit von Würfeln von  $7/7/7$  cm aus 1 kg Zement, 3 kg Porphyrsand, 10 vH. Wasser war nach 1 Tag unter Wasser und 6 Tagen in der Luft aus 5 Proben 268,8 kg/qcm. Die Zugfestigkeit nach 7 Tagen war im Mittel 31,5 kg/qcm, während für die gleichen Würfel aus 1 kg

Zement, 3 kg Normensand nach 7 Tagen die Druckfestigkeit 218,2 kg/qcm, die Zugfestigkeit 21,15 kg/qcm betrug.

Der künstlich hergestellte Sand enthält bis zu  $\frac{1}{4}$  Teil sehr feines Pochmehl; es wurde noch untersucht, ob diese Beimengung die Festigkeit beeinträchtigt und sonach der Sand zu waschen sei. Die in der Versuchsanstalt der Zementfabrik Blaubeuren gemachten Proben hatten folgendes Ergebnis. Es betragen:

1. Die Zugfestigkeit der Probekörper nach den Normen ermittelt

a) bei der Mischung 1 Teil Zement, 3 Teile gewaschener Porphyrsand

nach 7 Tagen aus 12 Proben 33,05 kg/qcm

„ 28 „ „ 6 „ 40,04 „

b) bei der Mischung 1 Teil Zement, 3 Teile ungewaschener Porphyrsand aus je 4 Proben nach Tagen:

7	14	28	90
33,4 kg/qcm,	36,6 kg/qcm,	40,2 kg/qcm,	48,9 kg/qcm.

2. Die Druckfestigkeit Mischung 1:3

a) Porphyrsand gewaschen, Würfel von 50 mm Seite, mit dem Hammerapparat hergestellt aus je 2 Proben nach 7 Tagen 162 kg/qcm, nach 28 Tagen 222 kg/qcm;

b) Porphyrsand ungewaschen, Würfel 50 mm Seite, aus je 2 Proben nach 7 Tagen 162 kg/qcm, nach 14 Tagen 189 kg/qcm, nach 28 Tagen 211 kg/qcm.

Aus diesen Versuchen geht die beachtenswerte Tatsache hervor, daß erstens der künstlich durch Quetschen von Porphyrsteinen, ja auch von Kalksteinen erzeugte Sand viel größere Festigkeiten ergibt als reiner Quarzsand (Normensand), zweitens, daß die Beimengung des Pochmehls keinerlei Nachteile mit sich bringt. Es ist dieses Ergebnis von großer Bedeutung, wo es an natürlichem Sand mangelt, aber Steine und Steinbrechmaschinen zur Verfügung stehen.

Die Gründung der Brücke wurde im Spätherbst 1899 bewirkt; sie geschah in offener Schachtzimmerung, wobei eine 14pferdige Lokomobile das mit 30 Liter/Sek. von allen Seiten zuströmende Wasser bewältigen konnte. Der Beton wurde mittels einer Mischmaschine von Kuntz in Kempten, welche sich sehr bewährte, absatzweise senkrecht zur Drucklinie in 10 bis 15 cm dicken wagerechten Lagen eingestampft; die Schalungen für die Absätze wurden jeweils sofort nach dem Abbinden des Betons entfernt. Die tägliche Leistung schwankte zwischen 45 bis 75 cbm.

Das Lehrgerüst, auf Pfählen ruhend, ist für eine Beanspruchung des Holzes von 80 kg/qcm berechnet und mit Spindeln zum Ablassen ausgestattet worden; es erforderte rd. 100 cbm Holz oder für 1 cbm Gewölbebeton rd. 0,38 cbm. Es wurde mit Rücksicht auf das Schwinden des Holzes während der Bauausführung und der bei der Ausschalung zu erwartenden Scheitelsenkung wegen um 200 mm erhöht. Die Scheitelsenkung infolge Zusammenpressung des Betons bei der Ausschalung allein war zu 20 mm berechnet worden.

Bei dem Lehrgerüst wurde die bemerkenswerte Erfahrung gemacht, daß Holz senkrecht zur Langfaser weit weniger beansprucht werden darf, als dies in der Richtung der Faser zulässig ist. Die eisernen Platten der Gerüstspindeln bissen sich während des Betonierens bis zu 3 cm stark in das Holz ein, so daß die Enden der Schwellen

zwischen den Spindeln und den Jochpfählen bzw. zwischen den Spindeln und den Langschwelen des Gerüsts aufsprangen. Dabei war die Pressung auf 1 qcm allerdings für die unteren Schwellen 80 kg, für die oberen nur 45 kg. Um einer gänzlichen Zerstörung der Schwellen vorzubeugen, wurden, nachdem etwa  $\frac{2}{3}$  des Gewölbebetons eingebracht war, Holzstempel neben den Spindeln angebracht, worauf das weitere Einbeißen aufhörte. Bei der Ausschalung wurden die Stempel mit leichter Mühe durch Durchsägen vor dem Ablassen der Spindeln entfernt. Es scheint, daß der Einsturz der Isarbrücke in München während des Betonierens durch ähnliche Umstände herbeigeführt wurde.

Die sichtbaren Teile der Brücke wurden in gehobelten und geölten Schalungen gleichzeitig mit dem Kern der Baumassen eingestampft. Die Kunststeine, Gesimsplatten, Kragsteine und Brüstungsquader wurden auf der Baustelle in besonderem Werkschuppen hergestellt und dann versetzt. Die 270 cbm Beton des Gewölbes wurden in neun Tagen in der Zeit vom 25. Juli bis 3. August auf fliegenden Gerüsten mittels Schubkarren auf Dielenbahnen eingebracht. Dabei wurden zunächst und zwar in gleichen Abständen vom Scheitel auf beiden Gewölbehälften die in den Steinen durch glatte Quader hervorgehobenen Binderschichten zwischen einfachen Schalungen betoniert, hierauf wurde der Beton der Zwischenräume eingestampft; so wurde eine gleichmäßige Belastung des Lehrgerüsts erreicht. Der Schluß erfolgte an den Gelenken und zuletzt an den Bruchfugen. Dem Betonieren des Gewölbes folgte dasjenige der Ortpfeiler, der Entlastungspfeiler und der Fahrbahn, sowie das Versetzen der Kunststeine. Die Ausschalung konnte erst acht Wochen nach Gewölbeschluß am 28. August erfolgen, da erst zu diesem Zeitpunkte die Übermauerung vollendet und so das Gewölbe symmetrisch belastet war. Die Schalungen der mittels verschiedenartiger gepochter Steine von entsprechender Farbe in Granit und Buntsandsteinnachahmung hergestellten Stirnen wurden schon nach 24 Stunden entfernt und die bloßgelegten Stirnen dann mit Wasser kräftig abgebürstet; hierdurch wurde der noch nicht erhärtete Zement ausgewaschen und der Ansicht das Korn von Stein gegeben.

Im ganzen erforderte die Brücke an Beton für die				
Gründung . . .	850 cbm,	1 Zement,	3 Sand,	6 Kies,
Gewölbe . . .	270 „	1 „	2 $\frac{1}{2}$ „	5 Schotter,
Fahrbahn . . .	72 „	1 „	2 $\frac{1}{2}$ „	5 „
Ortpfeiler . . .	116 „	1 „	3 „	6 „
Entlastungspfeiler	46 „	1 „	3 „	6 „
Stirnen . . . .	26 „	1 „	4 „	— „
Zementkunststeine	60 „	1 „	2 „	4 „

zusammen 1440 cbm Beton mit rd. 300 t Zement.

Die Geländerpfosten aus I-Eisen sind in die Gehwegplatten einbetoniert.

#### Absenkung, Probelastung, dauernde Bewegungen und Verkehrsübergabe der Brücke.

Die Bewegungen des Scheitels und der Kämpfer wurden bis zur Entfernung des Lehrgerüsts durch Zeigerwerke mit zehnfacher Übersetzung, später durch Nivellieren beobachtet. Die Absenkung erfolgte durch zweimaliges Nachlassen der Spindeln, um je  $\frac{1}{4}$  Umdrehung im Scheitel beginnend und zu beiden Seiten nach den Kämpfern fortschreitend, und durch

einmaliges Nachlassen in gleicher Weise um 1/2 Umdrehung, worauf das Gewölbe sich vom Lehrgerüst löste.

Es betrug die Senkung im Scheitel

	flußauf		flußab	
	einzel	zus.	einzel	zus.
während der Gewölbebetonierung				
vom 25. Juni bis 3. Juli . . .	57,1	57,1	67,8	67,8
nach Gewölbeschluß vom 3. Juli				
bis 28. August . . . . .	9,6	66,7	10,3	78,1
während des Ablassens				
28. August . . . . .	12,1	78,8	12,5	90,6
nach dem Ablassen 28. August				
1900 bis 1. April 1901 . . .	26,9	105,7	31,3	121,9

Damit hatte das Gewölbe seine größte Senkung seit Gewölbeschluß erreicht. Sie betrug 48,6 mm aufwärts, 64,1 mm abwärts.

Die größere einseitige Senkung flußabwärts mag der größeren Nachgiebigkeit des Lehrgerüsts und dem Umstand

Fürsten von Hohenzollern abgenommen und dem Verkehr in feierlicher Weise übergeben. Irgend welche Mängel haben sich bislang an der Brücke, welche schon mehrere große Hochwasser aufgenommen hat, nicht gezeigt. Die ganze Bauarbeit hat für die Gründung 3 Monate, für die übrige Ausführung 7 1/2 Monate Bauzeit erfordert.

**Baukosten, Bauunternehmer und Bauleitung der Brücke.**

Die Gesamtkosten der Brücke betragen . . . . . 70340 M.

Hiervon entfallen auf

Gründung 21 410 M	} Sachliche Kosten . . . . .	57 851 „
Aufbau 36 441 M		
Nebearbeiten und	} Nebenkosten . . . . .	12 489 „
Notbrücke . . . . . 7 639 M		
Entwurf und Bauleitung . . . . . 4 850 M		

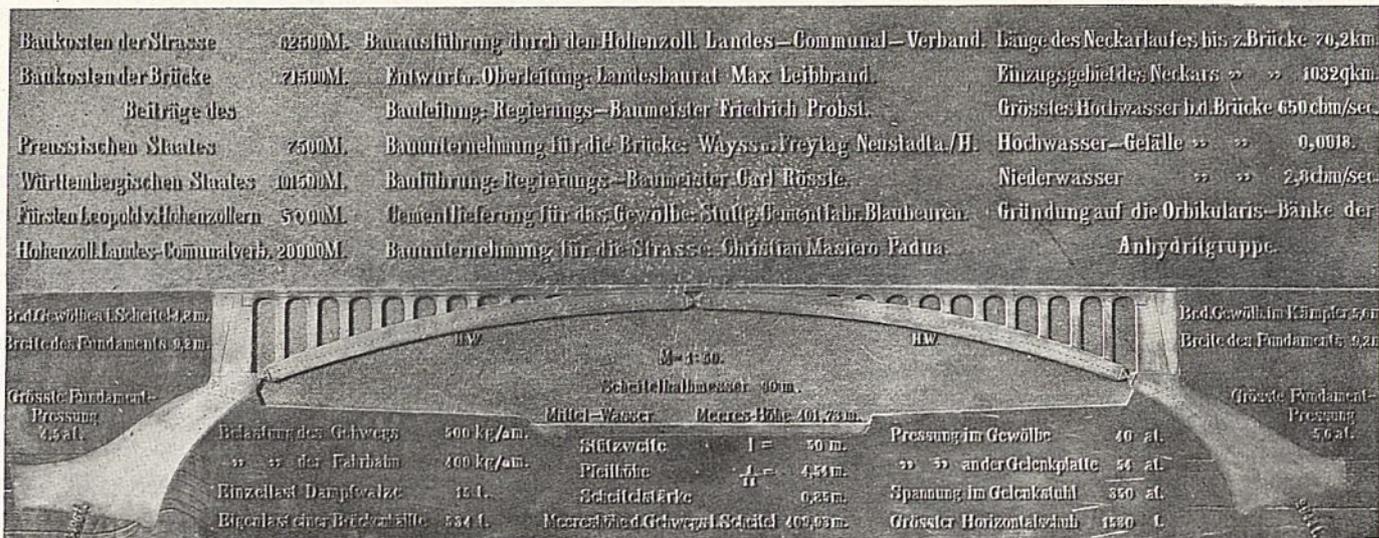


Abb. 24. Tafel an der Erinnerungs-Pyramide.

zuzuschreiben sein, daß diese Seite fast genau südlich, die Seite flußaufwärts fast genau nördlich von der Sonne bestrahlt wird.

Die weiteren Messungen ergaben folgende Bewegungen des Scheitels:

	aufwärts	abwärts
vom 1. April bis 3. Juni Hebung . . . . .	13 mm	13 mm
" 3. Juni 1901 bis 30. Januar 1902		
Senkung . . . . .	20 „	29 „
" 31. Januar bis 21. Mai Hebung . . . . .	16 „	13 „

Die Schwingungen vom Sommer zum Winter auf und abwärts betragen sonach rd. 3,4 bis 4,2 cm im Scheitel.

Die tatsächliche Senkung des Scheitels infolge Eigengewichtes betrug vom Augenblick des Gewölbeschlusses bis nach dem Ablassen aufwärts 21,7 mm, abwärts 22,8 mm. An den Kämpfern zeigten sich so geringfügige Bewegungen, daß diese nicht durch Ablesung festgestellt werden konnten.

Bei einer Probelastung mit der 6500 kg schweren Pferdewalze im Oktober 1900 und mit der 16000 kg schweren Dampfwalze im Mai 1901 zeigte die Brücke federnde Schwankungen, welche einen Ausschlag von weniger als 1 mm gaben; dauernde Senkungen ergaben sich dabei nicht.

Am 23. Oktober wurde die Brücke und Straße in Gegenwart der Vertreter Preußens, Württembergs und des

Im einzelnen kosteten

die Gründung 21410 M oder bei 850 cbm Widerlagerbeton . . . . .	rd. 25,— M,
das Lehrgerüst für Schalung 4964 M oder bei 270 cbm Gewölbebeton . . . . .	18,25 „
die Stirnschalungen 2171 M oder bei 530 cbm Gewölbe, Ortpfeiler, Entlastungspfeiler, Fahrbahn (ohne Kunststeine) . . . . .	4,— „
die Kunststeine 3536 M oder bei 60 cbm . . . . .	59,— „
der betonierete Aufbau 16543 M oder bei 530 cbm Beton der Gewölbe, Ortpfeiler, Entlastungspfeiler und Fahrbahn . . . . .	30,40 „
die Gelenke 5550 M samt Versetzen . . . . .	27 M für 100 kg
das Gelände 2403 M, 103 m = 4700 kg, 51 M für 100 kg	
die Asphalt- und Eisenarbeiten . . . . .	1274 M.

Es entfallen

auf 1 qm Fahrbahn und Gehwege

lang hoch	Sachl. Kosten	Gesamtkosten
55,6 · 5,5 = 305,8 qm	189,— M	230,— M,

auf 1 qm Längenschnitt zwischen den Widerlagerhinterkanten

lang hoch	Sachl. Kosten	Gesamtkosten
76,9 · 13,8 = 1061 qm	54,50 M	66,30 M,

auf 1 qm Ansichtsfläche zwischen den Böschungskegeln der Fahrbahn und Flußsohle

lang	breit	Sachl. Kosten	Gesamtkosten
55,6	7,82	= 402 qm 143,90 <i>M</i>	175,— <i>M</i> ,

auf 1 cbm der gesamten Betonmasse

1440 cbm	40,— <i>M</i>	48,80 <i>M</i> .
----------	---------------	------------------

Verbraucht wurden für 1 qm nachgeahmter Ansichtsfläche der verschiedenen Arten: roter Farbzement 3,22 kg, roter Rusel 47 kg, weißer Rusel 58 kg. Der Straßenbau kostete 63 660 *M*. Von den Gesamtkosten mit 134 000 *M* tragen der preußische Staat 7500 *M*, der hohenzoll. Landeskommunalverband 20 000 *M*, der Fürst von Hohenzollern 5000 *M*, der württembergische Staat 101 500 *M*.

Die Ausführung der Brücke geschah durch die Unternehmung Weiß u. Freytag in Neustadt a. U. unter Leitung ihres Regierungs-Baumeisters Rößle, die Gelenke lieferte die Fürstl. Hohenzollersche Maschinenfabrik Immendingen, das Geländer der Geländerfabrikant Häberle in Tuttlingen, den

Portlandzement für die Gründung das württembergische Zementwerk Lauffen a. N., den Portland- und Farbzement für den Aufbau die Stuttgarter Zementfabrik Blaubeuren, den roten und weißen Rusel lieferte E. Schwenk in Ulm.

Der Entwurf zur Straße und Brücke wurde durch die Regierungs-Baumeister Karl Bossert und Adolf Göller aufgestellt, die örtliche Bauleitung, die Nachprüfung der Berechnung und die vergleichende Berechnung der Gelenke war dem Regierungs-Baumeister Friedrich Probst übertragen.

Die Oberleitung für Entwurf und Ausführung lag in den Händen des Verfassers.

Zur Erinnerung an die Aufhebung der Flößerei und an den Straßen- und Brückenbau wurde eine Pyramide errichtet mit zwei Inschriftentafeln, deren eine (Text-Abb. 24) die wichtigsten Angaben über den Brückenbau nebst einem Längenschnitt im Maßstab 1:50 zeigt.

Sigmaringen, den 20. August 1902.

Max Leibbrand, Landes-Baurat.

## Der Hafen von Haidarpascha gegenüber Konstantinopel.

(Mit Abbildungen auf Blatt 56 im Atlas.)

Die Hochebene Kleinasiens, die Kernprovinz des türkischen Reiches und zugleich auch eine Hauptkammer desselben, ist durch die mit ihren zwei Zweigen nach Angora und Konia weit in das Innere eindringende Anatolische Eisenbahn mit der Reichshauptstadt verbunden. Der Anfangspunkt der Bahn liegt in Haidarpascha am Ausfluß des Bosphorus in das Marmarameer, Konstantinopel gegenüber. Die hier erbaute

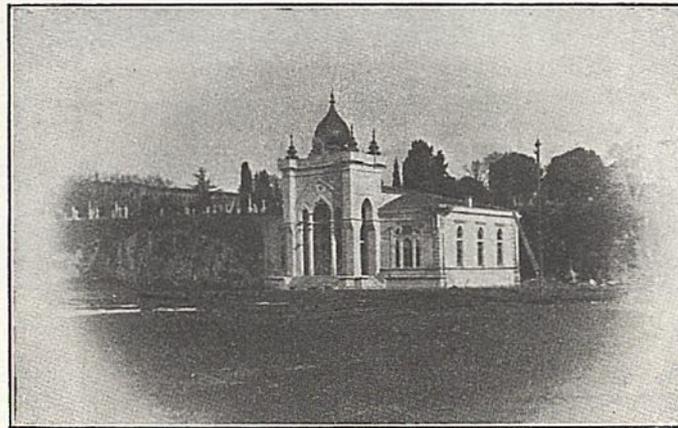


Abb. 1. Wachtkommando-Gebäude, dahinter englischer Friedhof.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Bahnhof zwar mehrfach vergrößert, aber diese Erweiterungen mußten sich bei dem Mangel einer mit dem Bahnhof in Verbindung stehenden größeren Hafenanlage in sehr beschränkten Grenzen halten. Infolge des immer mehr wachsenden Verkehrs auf der Anatolischen Eisenbahn reichten die Anlagen für den Schiffs- und Eisenbahnverkehr bei weitem nicht mehr aus, denn der vorhandene Ladekai war der Wassertiefe wegen nur für die



Abb. 2. Blick auf den langen Ladekai.

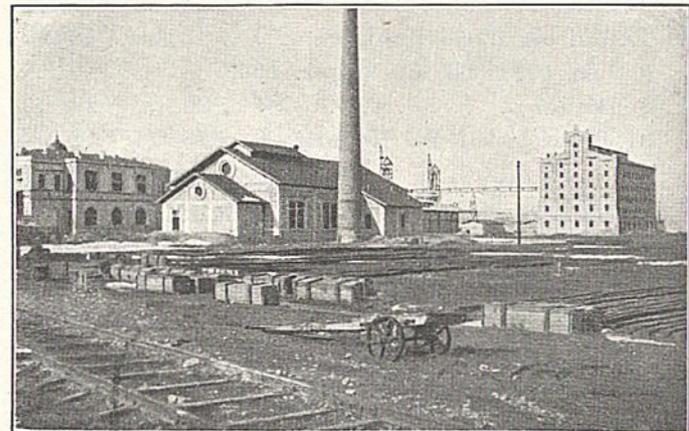


Abb. 3. Maschinenhaus und Silospeicher.

Station war als Kopf der 1872 fertiggestellten kurzen Linie Haidarpascha-Ismid nur in sehr bescheidenen Abmessungen angelegt. Nachdem diese Strecke von der Anatolischen Eisenbahngesellschaft im Jahre 1889 übernommen war, wurde der

Lokalschiffe (Mahonen), welche den Frachtverkehr von der Eisenbahn nach Konstantinopel und umgekehrt vermitteln, zugänglich; aber auch diese konnten weder laden noch löschen, sobald im Herbst und Winter der Südwestwind sich einstellte,

da die Schiffe den hochgehenden Wogen des Marmarameeres ohne Schutz ausgesetzt waren. Desgleichen traten im Februar und März bei andauerndem Nordwind Ladeschwierigkeiten ein, da dann das Wasser so stark (bis 60 cm) abfällt, daß die erforderliche Tiefe am Kai nicht mehr vorhanden war. Außerdem war die Länge des vorhandenen Kais für den Getreideverkehr ganz unzureichend. Aus allen diesen Gründen kam es oft vor, daß das im Winter aus dem Innern Kleinasiens zugeführte Getreide nicht regelmäßig umgeschlagen werden konnte, so daß sich selbst bis 150 km weit alle Stationen mit beladenen Güterwagen anhäuften und daß sogar die Annahme von Getreide auf den Stationen des Hochlandes tageweise ganz untersagt werden mußte. Es ist nicht nötig darauf hinzuweisen, daß hierdurch die größten Schwierigkeiten und Mißstände sowohl in betriebstechnischer als auch in wirtschaftlicher Beziehung hervorgerufen wurden.

Um alle diese Übelstände abzustellen und zugleich zum weiteren Aufblühen des Handels von Konstantinopel beizutragen, wurde beschlossen, in Haidarpascha einen guten gegen die Südweststürme geschützten Hafen zu erbauen, der auch für den Verkehr der großen Seedampfer dienen und daher mit allen neuen Lösch- und Ladevorrichtungen versehen werden sollte. Hierbei konnte durch Anschüttungen auch der nötige Platz für eine spätere Vergrößerung des Personenbahnhofs gewonnen werden, welche unumgänglich erscheint, sobald die Bagdadbahn oder auch nur ein größeres Stück derselben vollendet sein wird.

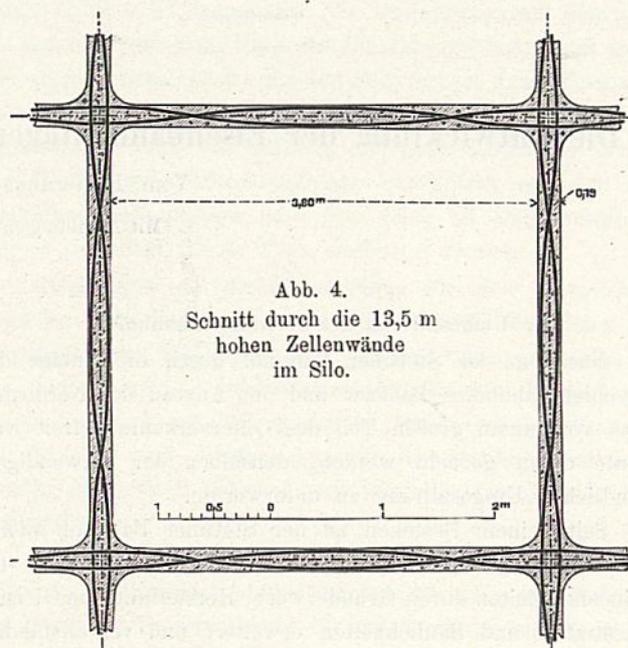
Auf Grund der mit der türkischen Regierung angeknüpften Verhandlungen wurde durch Firman Seiner Majestät des Sultans vom 20. April 1899 der Anatolischen Eisenbahngesellschaft die Ermächtigung zur Bildung einer besonderen Gesellschaft für den Bau und Betrieb eines Hafens in Haidarpascha erteilt. Diese Gesellschaft ist inzwischen unter dem Titel Soci  t   du Port de Haidar-Pascha als eine Tochtergesellschaft der Anatolischen Eisenbahn ins Leben getreten. Die Anatolische Eisenbahn wird, um die Herrschaft über den Hafen, der ja hauptsächlich ihr zu dienen hat, nicht zu verlieren, die Hafenaktien in ihrem Besitze behalten und hat auch für die ausgegebenen Hafenobligationen eine fünfprozentige Garantie übernommen.

Wie Abb. 1 und 2 Bl. 56 ersehen lassen, ist der Hafen vollständig dem Meere abgewonnen und dem Bahnhof Haidarpascha vorgelagert. In der Hauptsache besteht der Hafen aus einem 600 m langen Wellenbrecher in der Richtung von S.O. nach N.W. und zwei im rechten Winkel aneinanderstoßenden Kaimauern von 150 und 300 m Länge, die beide mit den erforderlichen Gleisanlagen versehen sind. Die Wassertiefe des Hafens beträgt je nach dem Wasserstand 7,5 bis 8 m. Der Wellenbrecher ist aus Sch ttsteinen hergestellt, auf der Innenseite mit einer Böschung von 1:1 und auf der Außenseite von 1:2, und hat in Höhe des Wasserspiegels eine Breite von 6,5 m. Von hier aufwärts besteht er aus einer Mauer von 3,5 m Stärke und 3 m Höhe, auf welche sich eine 1,2 m starke und 1,5 m hohe Br stungsmauer aufsetzt, so daß die Gesamthöhe des Wellenbrechers 4,5 m über Wasserspiegel beträgt.

Die Kaimauer ist in dem aus Abb. 3 Bl. 56 ersichtlichen, kräftigen Querschnitt auf Steinschüttung erbaut. Der Teil unter Wasser ist aus großen künstlichen Blöcken, die

mit Hilfe von Tauchern versetzt wurden, hergestellt, ferner ist der ganze Zwickel hinter der Mauer noch mit Sch ttsteinen ausgefüllt, so daß die Standsicherheit der Mauer jedenfalls gewahrt erscheint. Der Teil der Kaimauer über dem Wasserspiegel ist mit einem sehr festen Kalkstein aus Hereke am Ismider Meerbusen verkleidet. Die Vorderfläche hat einen Anzug von 1:10 und ist in Abständen von 2,5 m durch kräftige, an Ringen hängende Reibeh lzer gesch tzt.

Der Hafen (Text-Abb. 1 bis 3) ist ausgestattet mit zwei großen Lagerschuppen aus Eisen und Wellblech, einem Silospeicher mit Einladevorrichtung unmittelbar in die Schiffe, einem Zollgeb ude, einem Verwaltungsgebäude, einem Polizeigeb ude, zugleich Pabureau, einer Militärkaserne für ein Wachkommando und einer Hamal- (Hafenarbeiter-) Kaserne.



Die Hebevorrichtungen des Hafens bestehen in drei Laufkranen von je 1 1/2 t Tragfähigkeit, davon zwei vor dem großen und einer vor dem kleineren Wellblechschuppen, und einem großen Standkran von 35 t Tragkraft. Der letztere hat zwei Hebevorrichtungen, die eine bis 3 t und die andere für die größeren Lasten. Für die Laufkrane liegt die eine Laufschiene auf der Kaimauer, die andere über den Toren der Wellblechschuppen auf besonderen Trägern (Abb. 3 Bl. 56), so daß die Krane sowohl die beiden Gleise am Kai als auch die Ladeb hne der Wellblechschuppen überspannen. Die Krane, der Silospeicher, die Beleuchtung des Hafens und der beiden Leuchtfener auf den Köpfen des Wellenbrechers werden elektrisch betrieben. Die elektrischen Anlagen sind von der Firma Siemens u. Halske in Berlin, die Dampfmaschinen und die Maschinenanlagen des Silospeichers von G. Luther in Braunschweig geliefert. Die Wellblechschuppen wurden von Beuchelt u. Ko. in Grünberg in Schlesien geliefert und aufgestellt.

Der Silospeicher ist von der Moniergesellschaft in Berlin ganz in Monierbauweise ausgeführt. Die Gründung desselben besteht in einer großen Betonplatte mit Eiseneinlagen. Zur Herstellung der eigentlichen Speicherzellen wurden in den Eckpunkten derselben je vier Gasrohre hochgeführt, welche mittels starker Eisendrähte in wagerechter Lage von einem Eckpunkt zum andern nach Text-Abb. 4 derart verbunden

sind, daß nach Einstampfen des feinkörnigen Betons zwei ineinandergeschobene Koenensche Voutenplatten gebildet werden, die den Druck von beiden Seiten aufnehmen können. Die Stärke dieser Platten beträgt nur 19 cm. Die Lehren für die Betonwände wurden derart hergestellt, daß sie nach Erhärtung des Betons wieder abgenommen und stets wieder verwandt werden konnten. Die ganze Ausführung des Silospeichers war eine höchst bemerkenswerte. Nach Angabe des bauleitenden Ingenieurs der Moniergesellschaft ist dieser Silospeicher der erste in dieser Art aufgeführte, bei welchem die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen unmittelbar an ihrem Platze geflochten und eingestampft wurden.

Zur Verhütung von Feuersgefahr im Hafen sind sämtliche Gebäude feuersicher hergestellt; außerdem ist der Hafen

mit einer reichlichen Anzahl von Hydranten der Wasserleitung von Skutari und Kadiköi ausgestattet worden, die hier über einen Wasserdruck von acht Atmosphären verfügt.

Die Entwässerungskanäle, die gleichzeitig die Schmutzwasser der oberhalb des Hafens gelegenen Großherrlichen Medizinschule und auch die des Bahnhofes Haidarpascha aufnehmen müssen, sind als begehbbare Kanäle in Monierbauweise hergestellt.

Mit der Bauausführung des Hafens wurde im Herbst 1900 begonnen; die Fertigstellung der Bauten mit allen ihren Teilen ist in so rascher Weise erfolgt, daß die Eröffnung des Hafens am 14. April 1903 stattfinden konnte. Die Bauleitung lag in den Händen des Hrn. Oberingenieurs Waldorp. Konstantinopel. Denicke.

## Die Entwicklung der Eisenbahnanlagen im Norden von Berlin seit dem Jahre 1890.

Vom Regierungs- und Baurat Bathmann.

(Mit Abbildungen auf Blatt 33 bis 40 im Atlas.)

(Schluß.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### D. Umgestaltung des Stettiner Bahnhofes.

Nachdem der Stettiner Bahnhof durch die Anlage des Verschiebebahnhofes Pankow und den Ausbau des Nordbahnhofes von einem großen Teil des Güterverkehrs befreit war, konnte daran gedacht werden, denselben der notwendigen, gründlichen Umgestaltung zu unterwerfen.

Seit seinem Bestehen ist der Stettiner Bahnhof infolge des stetig gewachsenen Personen- und Güterverkehrs zu verschiedenen Zeiten durch Grunderwerb, Herstellung von Gleisen, Ladestraßen und Baulichkeiten erweitert und vervollständigt worden. Außer den schon erwähnten Veränderungen am Nordende des Bahnhofes infolge Herstellung der Unterführung der Liesenstraße wurde noch 1892 die durch Gesetz vom 20. Juni 1892 genehmigte Vermehrung der Freiladegleise daselbst mit einem Kostenaufwande von 1 160 000 M hergestell, wobei acht Hausgrundstücke in der Gartenstraße beseitigt und eine wesentliche Abrundung der Bahnhofsgrenzen bewirkt wurde.

Infolge des stückweisen Ausbaues hatten die Anlagen des Bahnhofes weder im einzelnen die Ausdehnung noch untereinander den Zusammenhang, die erforderlich waren, um den Anforderungen des gesteigerten Verkehrs und Betriebs zu genügen. In erster Linie galt dies von den Anlagen für den Personenverkehr (Abb. 2 Bl. 33 und 34). Die Beförderung des Reisegepäcks, das namentlich im Sommer beim Schulschluß in großen Massen und in großen Stücken kurz vor Abgang der Fernzüge — insbesondere nach den Ostseebädern — aufgegeben wird, mußte innerhalb des Bahnhofes mit Zeitverlusten, Unbequemlichkeiten und selbst mit Gefahren für die Reisenden verknüpft sein, weil in dem Gepäckaufnahmeraum im Vorflur des Empfangsgebäudes ein übersichtliches Stapeln wegen Raumangels nicht möglich war, und weil die hochbeladenen Gepäckkarren von dort auf den mit Reisenden oft überfüllten Bahnsteigen zu den Packwagen geschafft werden mußten. Der starke Andrang der Reisenden auf den Bahnsteigen ließ trotz der eingeführten Absperrung die rechtzeitige Verladung des Gepäcks nicht

immer zu; dann mußten entweder wichtige Züge mit Verspätung abfahren, oder es mußte Gepäck zurückbleiben. War ein Zug abgefertigt und abgefahren und wurde ein weiterer Zug an denselben Bahnsteig gesetzt, was bei starkem Verkehr vielfach nötig war, so erforderte das Heransetzen der Wagen wegen der unzureichenden Gleisverbindungen und wegen der geringen Zahl und Ausdehnung der Aufstellungsgleise umständliche Verschiebebewegungen. Nicht minder schwierig und zeitraubend war es, angekommene Personenzüge aus den Gleisen herauszuziehen, um letztere für nachfolgende Züge frei zu machen, zumal wenn das mitgebrachte und ausgeladene Gepäck wegen zu geringer Ausdehnung der Gepäckaushänge teilweise die Bahnsteige bedeckte und nicht so schnell als wünschenswert weggeschafft werden konnte. Die Unvollkommenheit der Gepäck-, Bahnsteig- und Gleisanlagen für den Personenverkehr beeinträchtigte hiernach nicht nur die pünktliche Abwicklung desselben, sondern auch die Regelmäßigkeit des Betriebes.

Für den Vorortverkehr, der sich in den letzten Jahren lebhaft entwickelt hat, mußte bereits im Jahre 1891 ein besonderer Bahnsteig westlich neben dem Fernverkehr errichtet werden (Abb. 2 Bl. 35 u. 36), weil das Empfangsgebäude mit den darin vorhandenen Gleisen und Bahnsteigen zur Aufnahme beider Verkehre nicht mehr ausreichte. Die damals hergestellte Vorortanlage war aber, obgleich unter Aufgabe von Wagenaufstellungsgleisen errichtet, zur Erledigung des Gesamt-Vorortverkehrs für die Stettiner- und Nordbahn nicht groß genug; daher mußte trotz wiederholter Einsprüche und Gesuche der beteiligten Vorort-Reisenden der größte Teil des Nordbahn-Vorortverkehrs auf dem Nordbahnhofe abgewickelt werden. Der Vorortverkehr ist wie der Fernverkehr plötzlichen Steigerungen, namentlich an Sommersonntagen unterworfen. Die Lage der Vorortgleise an der Westseite des Stettiner Bahnhofes machte Kreuzungen ausfahrender Vorortzüge mit einfahrenden Fernzügen in Schienenhöhe im Bahnhofe erforderlich; es kam daher nicht selten vor, daß etwas

verspätet einlaufende Fernzüge die planmäßige Abfahrt von Vorortzügen aufhielten. Zu den großen Wegen, welche die Wagenzüge von ihren Aufstellungsgleisen zu den Ausfahrgeleisen sowie von den Einfahrgeleisen zu den Aufstellungsgleisen zurücklegen mußten, kam noch erschwerend für den Betrieb hinzu, daß auch die Zugmaschinen bei Übernahme von Zügen und auch bei anderen Bewegungen die Ein- und Ausfahrgeleise kreuzen und Aufenthalte erleiden mußten.

Die Güterschuppen und die zugehörigen Ladestraßen lagen mitten im Bahnhofs (Abb. 2 Bl. 35 u. 36). Dieser Umstand beeinträchtigte namentlich die dringend notwendige, nicht mehr abweisbare Vermehrung und zweckmäßige Anordnung der Wagenaufstellungsgleise für den Personenverkehr. Die Freiladegleise waren zum Teil umständlich mit Eisenbahnwagen zu besetzen und von diesen zu leeren, weil die einzelnen, im Laufe der Zeit entstandenen Gleisgruppen mit den Güterzuführungsgleisen nicht überall zweckmäßig verbunden waren.

Unter den erörterten ungünstigen Verhältnissen auf dem Stettiner Bahnhofs waren daselbst zur Zeit des stärksten Sommerverkehrs in den Monaten Juli-August im Jahre 1893 täglich 26 Personenzüge der Fernbahn nach den Stettiner Linien, 6 Personenzüge der Fernbahn nach den Nordbahnlinien in Stärken von je 50 bis 70 Achsen abzulassen. Der Personenverkehr ist im steten Anwachsen begriffen. Die Steigerung desselben nach den Ostseebädern wirkte namentlich wegen der großen Zahl und Ausdehnung der Gepäckstücke ungünstig auf die Abfertigung der Züge ein. Erhebliche Verspätungen sind trotz Aufbietung großer Hilfskräfte nicht zu vermeiden gewesen.

Die Zunahme der zu den abgehenden Fernzügen aufgelieferten Gepäckmassen geht aus dem Folgenden hervor.

Es sind befördert im Fernverkehr:

		Gepäckstücke			
im Juli	1884	12987	mit einer	Einnahme von	18359 <i>M</i>
" "	1885	14006	" "	" "	20246 "
" "	1886	25770	" "	" "	18635 "
" "	1887	29875	" "	" "	24718 "
" "	1888	28859	" "	" "	23744 "
" "	1889	35986	" "	" "	26454 "
" "	1890	28187	" "	" "	26495 "
" "	1891	23309	" "	" "	26909 "
" "	1892	34590	" "	" "	31069 "
" "	1893	36763	" "	" "	33292 "

An einigen Sonntagen im Sommer 1893 wurden außer den Fernzügen an Vorortzügen abgefahren: 31 Züge der Stettiner Bahn und 5 Züge der Nordbahn von je 30 Achsen Stärke.

Im stärksten Güterverkehr wurden 1894 täglich gefahren vom Stettiner Bahnhofs nach der Stammbahn bzw. nach dem Verschiebebahnhofe Pankow: 16 Züge, bis 100 Achsen stark; nach dem Bahnhofs Gesundbrunnen: 17 Züge, bis zu 150 Achsen stark. Die Zahl der eingegangenen Güterzüge belief sich täglich auf 14 und 16 von der Stammbahn und von der Ringbahn. Hierbei sind Arbeitszüge und Maschinenfahrten nicht berücksichtigt.

Mehrfach war versucht worden, benachbarte Bahnhofs zur Entlastung des Stettiner Bahnhofs nutzbar zu machen, sowie Entwürfe für eine bessere Gestaltung des vorhandenen Bahnhofs zu gewinnen. Diese Untersuchungen haben bezüglich der Verlegung des Verkehrs kein befriedigendes Ergebnis gezeitigt, weil an anderen Stellen noch erheblichere

Kostenaufwendungen erforderlich wurden, als wenn der Stettiner Bahnhof selbst so weit umgestaltet wurde, als dies die Verkehrs- und Betriebsbedürfnisse zur dringenden Notwendigkeit machten. Hierbei war ein Anheben der Gleise und Bahnsteige der Fernstation behufs unterirdischer Gepäckbeförderung nicht zu umgehen, auch mußte eine Trennung des Fern- und Vorortverkehrs voneinander eintreten, um die weitere Entwicklung beider Verkehre zu ermöglichen und um volle Sicherheit für den Betrieb zu schaffen. Soweit nach Ausgestaltung der für den Personenverkehr notwendigen Anlagen noch Platz auf dem Stettiner Bahnhofs blieb, konnte dieser für Zwecke des Güterverkehrs verwertet werden. Der nach diesen Gesichtspunkten aufgestellte und ausgeführte Entwurf für die Umgestaltung des Stettiner Bahnhofs ist in Abb. 1 Bl. 35 u. 36 dargestellt. Es sind jetzt, nach dem Umbau innerhalb der alten Halle des Empfangsgebäudes und deren Erweiterung nach Osten, für den Fernverkehr acht Personengleise in solcher Höhenlage vorhanden, daß der erforderliche Gepäckunnel nur die zulässig geringste Lichthöhe erhält. Die Gleis- und Sicherungsanlage ermöglicht es, daß aus sämtlichen Hallengleisen und dem Gleis IX Züge ausfahren und in dieselben Gleise Züge einfahren können.

Unmittelbar an die Hallengleise für den Fernverkehr schließen sich die Gruppen der Wagenaufstellungsgleise mit Wagenschuppen und eine kleine Lokomotivschuppenanlage an. Die notwendigen Verschiebebewegungen für Wagen und Maschinen sind auf das geringste Maß zurückgeführt. Je ein Einfahr- und Ausfahrgeleis für die Fernbahn ist selbstständig durch den Bahnhof und über die Liesenstraße hinweggeführt.

Die Anlage für den Vorortverkehr liegt in der alten Höhe des Bahnhofs und der Straßen; es sind zur Erledigung des gesamten Vorortverkehrs für die Stettiner und Nordbahn außer einem Stationsgebäude mit geräumigem Flur, Fahrkartenvverkauf, Dienst- und Nebenräumen vier Kopfgleise und zwei Bahnsteige notwendig und vorgesehen (Text-Abb. 3 bis 5). Eine Gruppe von Wagenaufstellungsgleisen, von geringerem Umfange als bei der Fernstation, schließt sich an die Hallengleise an und liegt zwischen dem Einfahr- und Ausfahrgeleise. Auch die Vorortbahn wird selbstständig durch den Bahnhof und über die Liesenstraße hinausgeführt. Das Unterführungsbauwerk der Liesenstraße — wie eingangs erwähnt für drei Gleise hergestellt — ist noch um zwei Gleise erweitert worden (vgl. Abb. 10 Bl. 39); durch das Überführungsbauwerk der Grenzstraße mußten im ganzen fünf Gleise hindurchgeführt werden. Nach vollständiger Fertigstellung und Inbetriebnahme der Vorortstation auf dem Stettiner Bahnhofs sind die Anlagen für den Vorortverkehr auf dem Nordbahnhofs eingezogen. Der gewonnene Platz ist namentlich zur Aufnahme des gesteigerten Freiladeverkehrs nutzbar gemacht worden.

Sämtliche Bahnsteige des Stettiner Fern- und Vorortbahnhofs sind in einer Höhe von 0,76 m über den Schienen angeordnet, um die schnelle und bequeme Besetzung und Leerung der Wagen zu ermöglichen. Die vorhandenen Lokomotivschuppenanlagen an der Westseite des Bahnhofs sind, soweit erforderlich, für den Vorort-, Aushilfs- und Verschiebedienst erhalten und nutzbar gemacht. Für die Maschinen der Fernzüge wurde eine größere Schuppenanlage auf dem Bahnhof Gesundbrunnen (Text-Abb. 6) erforderlich.

Die Güterschuppen (Abb. 1 bis 4 Bl. 38) sind an der Ostseite des Stettiner Bahnhofes, an der Gartenstraße neu aufgebaut; gleichlaufend mit dieser und durch die Ladestraße getrennt vom Schuppen ist ein Gleis für den Freiladeverkehr vorgesehen. Die Gütergleisgruppen hängen an einem besonderen über die Liesenstraße geführten Gleise, das gleichzeitig die Verbindung mit dem Verschiebebahnhofe Pankow, dem Nordbahnhofe, dem Bahnhofe Gesundbrunnen und dem vorerwähnten Lokomotivschuppen in Gesundbrunnen vermittelt. — Die unmittelbare Verbindung des Stettiner und Pankower Verschiebebahnhofes mittels des früher bei dem Entwurf für die Verlegung der Stettiner Bahn erwähnten besonderen Gleises ist nicht mehr erforderlich und aufgegeben.

Zwischen dem Stettiner Bahnhofe und dem Bahnhofe Gesundbrunnen sind westlich der Wiesenstraße fünf Gleise, östlich derselben bis Gesundbrunnen sechs vorhanden, von welchen letzteren das südliche Gleis als Verbindungsgleis mit dem Verschiebebahnhofe Pankow, mit dem Bahnhofe Gesundbrunnen und dem Nordbahnhofe, das folgende als Maschinengleis dient. Das alsdann folgende Gleispaar wird von den Fernzügen, das nördliche Gleispaar

von den Vorortzügen der beiden in Frage kommenden Bahnen befahren. In dem Einschnitt längs der Hochstraße befinden sich außer den Unter- und Überführungsbauwerken (Abb. 2 Bl. 40) bemerkenswerte Futtermauer-Anlagen (Abb. 3 bis 7 Bl. 33 u. 34), in der Absicht errichtet, vom Gelände des Humboldthains möglichst wenig für Eisenbahnzwecke verwenden zu müssen.

Die Möglichkeit, auf dem Stettiner Bahnhofe Maschinen und Züge von der Fernbahn auf die Vorortbahn und auf die Güteranlage bezw. umgekehrt übergehen zu lassen, ist durch

Anlage von Weichenverbindungen nördlich der Liesenstraße gegeben.

Das erweiterte Empfangsgebäude für den Fernverkehr (Abb. 1 u. 2 Bl. 37 sowie Abb. 5 Bl. 38) enthält geräumige Vorflure mit Fahrkartenverkauf, Gepäckannahme und Aborte. Von der Gepäckannahme wird das Gepäck nach den Bahnsteigen auf mechanischem Wege auf Gepäckkarren nach den

Aufzügen geschafft, dort auf Bahnsteighöhe gehoben und nach den Gepäckwagen der Züge befördert. Breite Treppen verbinden den unteren Vorflur mit dem Vor- oder Querbahnsteig, der die Zugänge zu den Bahnsteigen enthält. Vom Querbahnsteig sind auch die im Ostflügel des Empfangsgebäudes angeordneten, in großen Verhältnissen angelegten Wartesäle zugänglich. Neben den Bahnsteigen befinden sich im Ostflügel noch Diensträume für Eisenbahn- und Postzwecke. Der Westflügel des Empfangsgebäudes enthält in der Hauptsache die Abgangstreppe, eine reichlich lange Gepäckausgabe und Diensträume.

Die Güterschuppen enthalten Räume für abgehendes und eingehendes Stückgut. An diese 20 m breiten, ohne Mittelstützen hergestellten Schuppenräume schließt sich nördlich ein Ge-

bäude für die Abfertigung an. Weiter folgen in derselben Flucht: ein Schuppen für Eilgut und überdeckte Rampen für Petroleum, Säure, Öl, Spiritus, Eisen usw. Die zu den einzelnen Bedienungsstellen gehörigen Stumpfgleise sind staffelförmig angeordnet, um jede Stelle ohne Störung der anderen mit Wagen besetzen zu können. Der nördliche Bahnhofsteil für den Milchverkehr mit zwei Rampen und für den Vieh- und Fuhrwerkverkehr mit einer Rampe ist von der Gartenstraße her durch eine Zufuhrstraße mit Steigung 1:40 zugänglich gemacht. Teile der Güterschuppen sind in Abb. 1

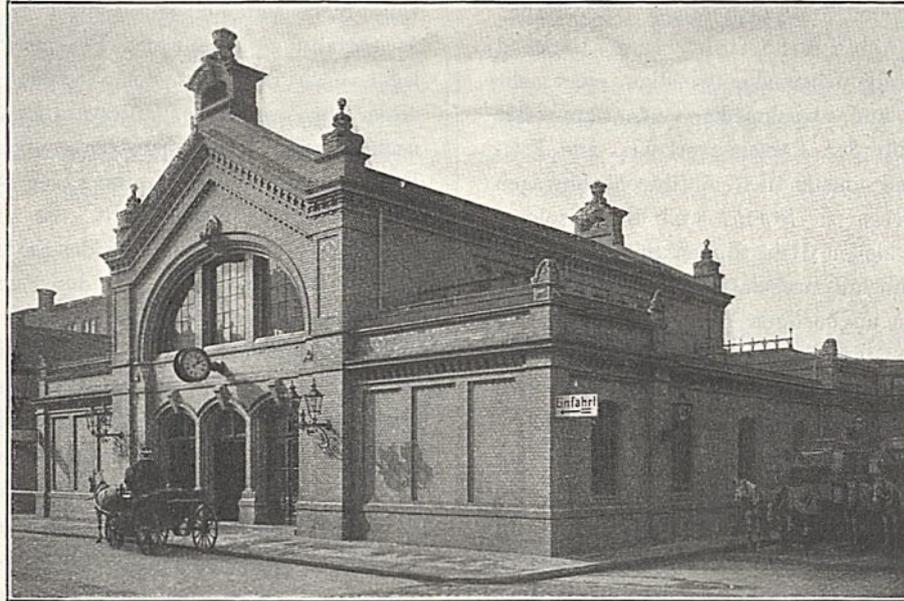


Abb. 3. Ansicht von der Invalidenstraße.



Abb. 4. Vorhalle.

Abb. 3 u. 4. Stettiner Vorortbahnhof.

bis 4 Bl. 38 dargestellt. — Die Ausführungen zur Umgestaltung des Stettiner Bahnhofes sind im Herbst 1895 in Angriff genommen.

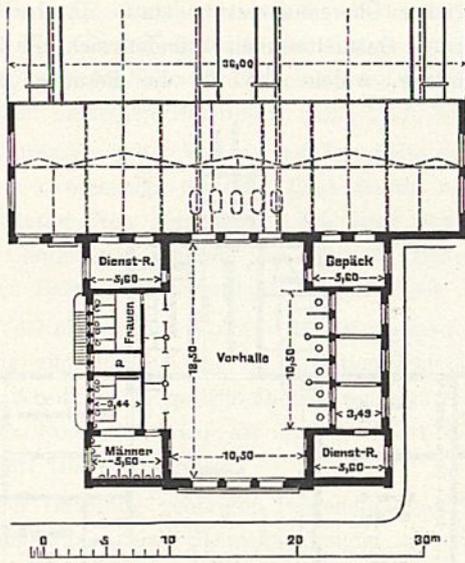


Abb. 5. Stettiner Vorortbahnhof. Grundriß.

Die einzelnen Bauzeiten für den Umbau des Bahnhofes und die anschließenden Anlagen waren folgende. Die Inbetriebnahme der neuen Güterschuppen mit Nebenanlagen erfolgte

Zu erwähnen ist noch, daß im Jahre 1896 ein Fußgängertunnel (Abb. 15 u. 16 Bl. 39 und Text-Abb. 7 u. 8) zwischen der Schwartzkopff- und Gartenstraße auf Anregung

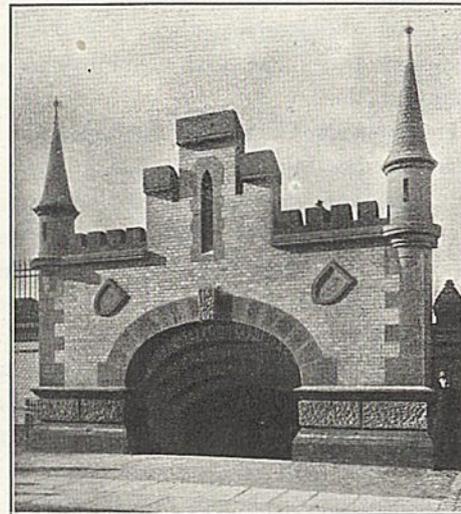


Abb. 7. Östlicher Eingang des Fußgängertunnels zwischen der Garten- und Schwartzkopff-Straße.

und auf Kosten der Stadtgemeinde unter den Bahnhofsanlagen hergestellt und im Oktober 1896 in Benutzung genommen ist. Der Tunnel ist dauernd mit elektrischen

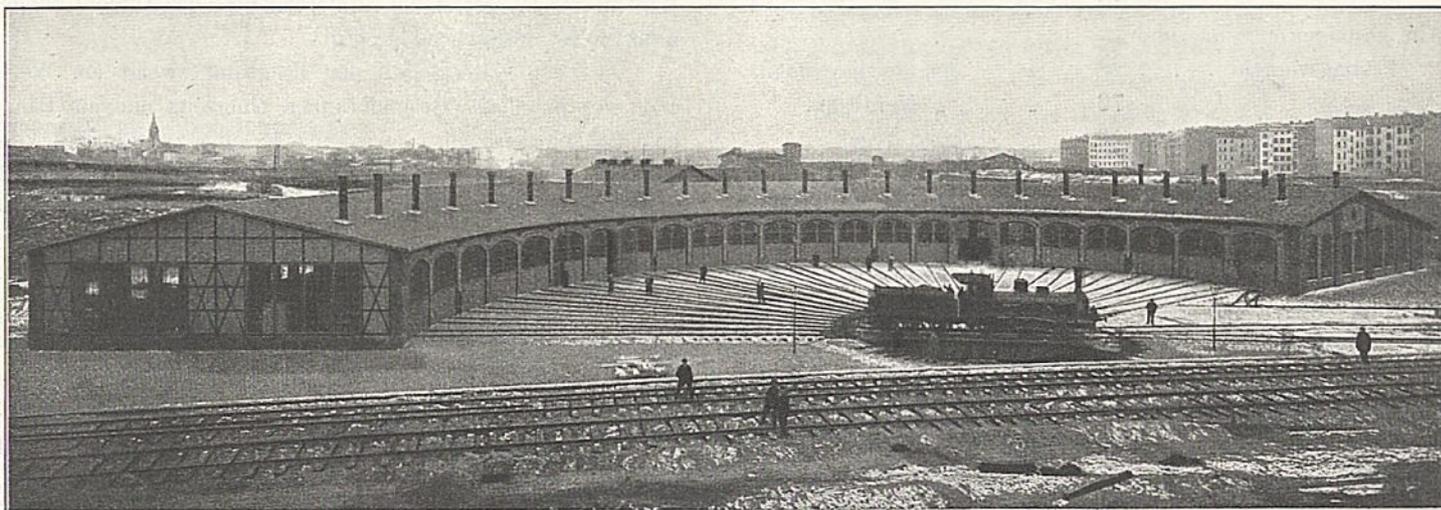


Abb. 6. Lokomotivschuppen auf Bahnhof Gesundbrunnen.

im Juli 1896, die Leitung der Personenzüge über den umgebauten Bahnhof Gesundbrunnen am 1. Mai 1897, die Fertigstellung der Gabelungsanlagen nördlich von Gesundbrunnen und der Ringbahnanschlüsse im Oktober desselben Jahres. Im Frühjahr 1898 wurde der gesamte Vorortverkehr vom Stettiner Vorortbahnhofs aus abgefertigt; die Vorortstation auf dem Nordbahnhofs wurde gleichzeitig geschlossen. Zum Ausbau der Fernstation war die Anlage eines Aushilfsbahnhofs nicht zu entbehren (Abb. 3 Bl. 35 u. 36 und Abb. 1 Bl. 40). Nach Inbetriebnahme desselben im Juli 1897 wurde die zunächst genehmigte Umgestaltung des Bahnhofes unter Belassung von vier Hallengleisen in Angriff genommen und bis zum Frühjahr 1898 ausgeführt. Der weitere Ausbau des Fernbahnhofs nach Abb. 1 Bl. 35 u. 36 bezog sich im wesentlichen auf die Herstellung von vier neuen Hallengleisen und den zugehörigen Neubau des Ostflügels des Stationsgebäudes. Diese Arbeiten sind — wie eingangs erwähnt — in kurzem beendet.

Glühlampen beleuchtet. Die Abmessungen des Tunnels sowie seine Lage zu den Straßen und zu den Bahnhofsgleisen sind aus den Abbildungen erkennbar.

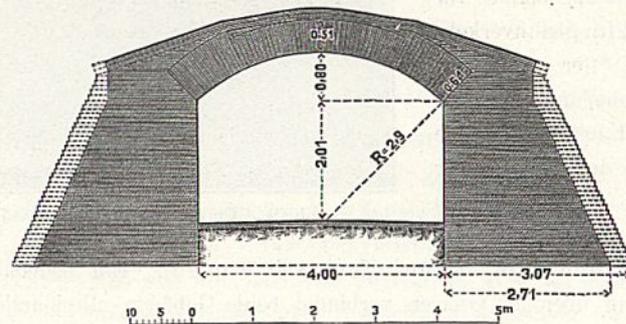


Abb. 8. Querschnitt des Personentunnels Schwartzkopffstraße — Feldstraße.

Außer den bisher behandelten Anlagen sind auf dem Stettiner Bahnhofs noch zur Ausführung gekommen: Eine

elektrische Kraftstation für die Beleuchtung sowie für den Betrieb der Wasserstation und der Gepäckaufzüge, eine Kesselanlage für das Anheizen der Fern- und Vorortzüge, eine Wasserstation mit Tiefbrunnen sowie die erforderlichen Stellwerke und kleinere Dienstgebäude.

Die Kosten des Umbaus des Stettiner Bahnhofes betragen 7 000 000 Mark.

Der Personenverkehr war im Sommer 1902 folgender: Es verließen den Fernbahnhof an je einem Tage

im gewöhnlichen Verkehr	24 Fernzüge der Stettiner Bahn,	
	8 " " Nordbahn,	
	6 " " Kremmener Bahn,	
im gesteigerten (Bade-) Verkehr . . . . .	43 " " Stettiner Bahn,	
	14 " " Nordbahn,	
	6 " " Kremmener Bahn.	

Besondere Gepäckzüge nach den Ostseebädern sind seit der Einführung des Vorverkaufs der Fahrkarten in einigen Nächten der stärksten Verkehrszeit vorausbefördert, so daß die Reisenden das am Vorabend zum Reisetage aufgegebene Gepäck beim Eintreffen auf der Zielstation vorfinden.

An Vorortzügen wurden vom Stettiner Vorortbahnhofe abgelassen im Sommer 1902

im gewöhnlichen Verkehr	26 Vorortzüge der Stettiner Bahn,	
	29 " " Nordbahn,	
	14 " " nach Tegel,	
im gesteigerten Sonn- und Festtagsverkehr . . . . .	28 " " der Stettiner Bahn,	
	72 " " Nordbahn,	
	19 " " nach Tegel.	

In den Vormittagsstunden ist an den Tagen stärksten Fernverkehrs eine Zugfolge von vier und fünf Minuten vorhanden. — An Güterzügen nimmt der Stettiner Bahnhof zur Zeit täglich auf: 17 Züge mit rund 500 Achsen Wagenladungsgut, Stückgut und Eilgut (Milch).

**E. Bahnhof Gesundbrunnen.**

Dieser enthält in der Höhe der Straßen ein kleines, neues Stationsgebäude für den Ringbahnverkehr (an der Brunnenstraße) und ein größeres Empfangsgebäude für den Fernverkehr (an der Badstraße) mit Droschkenplätz

(vgl. Abb. 3 Bl. 40 und Text-Abb. 9 u. 10). Ein bedeckter Gang über den Gleisen verbindet beide Gebäude miteinander; Treppen führen vom Gange hinunter zu den Bahnsteigen für den Fernverkehr, für den Vorortverkehr und für den Ringbahnverkehr. Die Bahnsteige für den Fern- und Vorortverkehr sind 0,76 m über Schienenoberkante gelegen; sämtliche

Bahnsteige sind mit Hallen überdeckt. — Auf dem Bahnhofe Gesundbrunnen findet Morgens und Abends an Alltagen und an Sonntagen, namentlich in den Mittags- und Abendstunden ein erheblicher Übergangsverkehr statt. In der Südostecke des Bahnhofes Gesundbrunnen befindet sich die Lokomotivschuppenanlage, welche die für die Fernzüge bestimmten

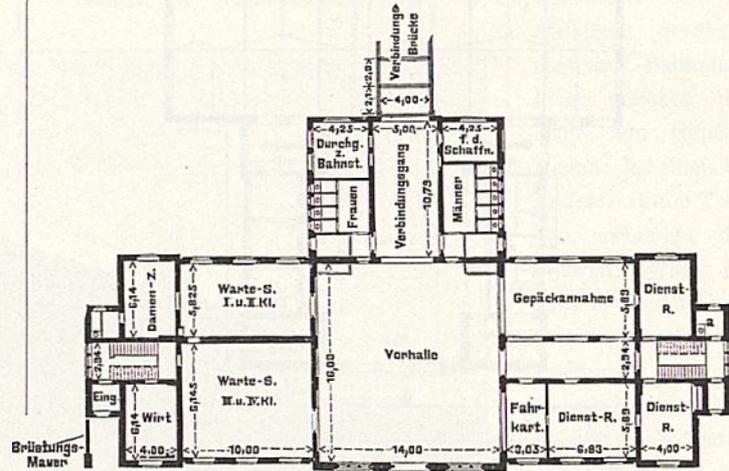


Abb. 10. Empfangsgebäude für den Fernverkehr auf Bahnhof Gesundbrunnen. Grundriß.

Maschinen enthält und dem Stettiner Bahnhofe zuführt. Für Kohlenlager, Wasserstation, Unterbringung der Zugförderungsbeamten ist ausreichend gesorgt.

Aus den Gütergleisen der Ringbahn zweigt am Westende des Bahnhofes Gesundbrunnen einerseits und am Bahnhofe Schönhauser Allee andererseits je eine zweigleisige Verbindung nach dem Verschiebebahnhofe Pankow ab (Abb. 1 Bl. 33 u. 34). Beide Verbindungen vereinigen sich bei der Signalstation Vns und gehen

von dort als zweigleisige Verbindung nach dem Verschiebebahnhofe Pankow weiter. Die Gleisanlage bei Vns ist derartig eingerichtet, daß Züge des Nordbahnhofes und beider Zweige der Ringbahn nach Pankow und nach der Nordbahn verkehren können. Ebenso sind Züge der umgekehrten Richtungen möglich.

**F. Die Gabelungsanlagen.**

Obgleich die Notwendigkeit der gänzlichen

Trennung des Fern- und Vorortverkehrs voneinander für die vom Stettiner Bahnhofe ausgehenden Bahnliesen vorlag, brauchte die Durchführung getrennter Linien außerhalb des Bahnhofes für die ganze Länge der Vorortbahnen zur Zeit der Ausführung noch nicht zu erfolgen. Es war aber notwendig, bei der Bauausführung die Fern- und Vorortbahn

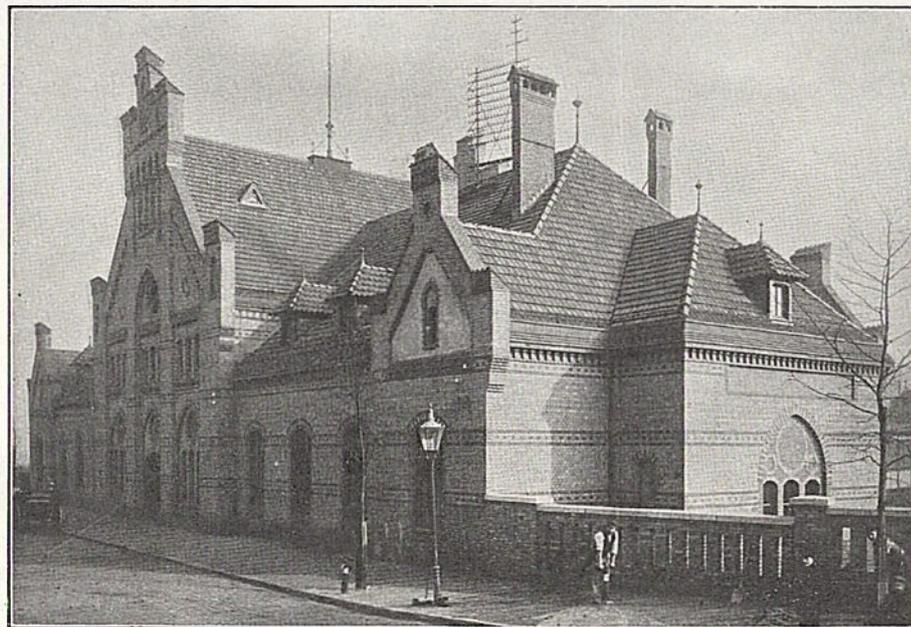


Abb. 9. Empfangsgebäude für den Fernverkehr auf Bahnhof Gesundbrunnen.

jenseit des Stettiner Bahnhofes schon so weit getrennt voneinander durchzuführen, als der Einfluß benachbarter Bahnlagen, Bahnhöfe und Anschlußgleise dies erheischte. Die vom Stettiner Bahnhöfe ausgehenden beiden Gleispaare für den Fern- und Vorortverkehr gabeln sich östlich vom Bahnhofe Gesundbrunnen in der Nähe der Behmstraße bei der Signalstation Sga nach den einzelnen Bahnlagen (Abb. 1 Bl. 33 u. 34).

Die Vereinigung der Vorort- und Ferngleise der Stettiner Bahn in die zweigleisige Stettiner Bahn wurde zunächst bei der Signalstation Nga hergestellt. Sie wird demnächst bei weiterem viergleisigen Ausbau der Stettiner Bahn bis zum Ostende des Bahnhofes Blankenburg vorgeschoben.

Die Vereinigung der Vorort- und Ferngleise der Nordbahn wurde zunächst bei der Signalstation Vnp hergestellt. Durch den bereits im Gange befindlichen weiteren viergleisigen Ausbau der Nordbahn wird sie in die Nähe der Station Reinickendorf (Rosental) gelegt.

Die zur Gabelung gehörigen Personengleise sind so zueinander angeordnet, daß Überschneidungen in Schienenhöhe vermieden sind. Die Breitenausdehnung der Anlage ist zur Verminderung des Grunderwerbs nach Möglichkeit eingeschränkt. Die zur Anwendung gekommenen größten Neigungen

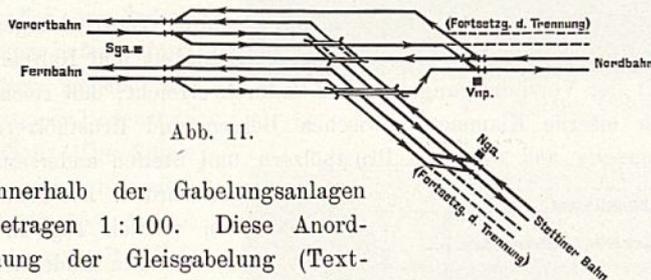


Abb. 11.

innerhalb der Gabelungsanlagen betragen 1:100. Diese Anordnung der Gleisgabelung (Text-Abb. 11) ist, soweit bekannt, hier zum erstenmal zur Ausführung gekommen und ist vorbildlich für ähnliche Ausführungen geworden. Die Einzelheiten der Ausführung sind aus den Lageplänen zu entnehmen.

Die Kosten betragen:

- Für die Herstellung der Gabelung der Fern- und Vorortgleise östlich vom Bahnhof Gesundbrunnen bis Nga und Vnp . . . . . 1 850 000 „
- Hierzu kommt noch für die Fortführung der Trennung, d. h. für den viergleisigen Ausbau der Stettiner Bahn vom Bahnhofe Gesundbrunnen (Nga) bis Bahnhof Blankenburg . 1 700 000 „
- Für den viergleisigen Ausbau der Nordbahn vom Bahnhofe Gesundbrunnen (Vnp) bis Bahnhof Schönholz bzw. Reinickendorf (Rosental) 3 717 000 „

Eine noch weitere Trennung des Vorortverkehrs vom Fernverkehr auf der Stettiner und Nordbahn jenseit der Station Blankenburg bis Bahnhof Bernau und jenseit der Station Reinickendorf (Rosental) bis Bahnhof Hermsdorf und Oranienburg kann jederzeit bei weiterer Steigerung des Verkehrs ohne Schwierigkeit erfolgen.

**G. Zusammenstellung der Kosten.**

Die Kosten für die behandelten Bauausführungen sind teils durch besondere Anleihegesetze, teils durch die Extraordinarien verschiedener Etatsjahre aufgebracht. Es sind verwandt bzw. werden verwandt für

1. die Verlegung der Berlin-Stettiner Eisenbahn zwischen Berlin und Pankow einschl. eines Zuschusses der Stadtgemeinde Berlin von 1 000 000 „ (Gesetz v. 1. April 1887) 5 500 000 „
2. die Herstellung des Verschiebebahnhofes bei Pankow einschl. der Anschlüsse (Gesetz v. 8. April 1889) . . . . . 8 900 000 „
3. den viergleisigen Ausbau der Ringbahn zwischen Wedding und Weißensee (Gesetz v. 1. April 1887), von dem hier nur ein Teil in Betracht kommt . . . . . 3 500 000 „
4. den Erwerb von Hausgrundstücken in der Gartenstraße behufs Vergrößerung des Stettiner Bahnhofes, insbesondere behufs Vermehrung der Freiladegleise (Gesetz v. 20. Juni 1891) . . . . . 1 160 000 „
5. die Erweiterung des Stettiner Bahnhofes, Umgestaltung der Personen- und Güteranlagen daselbst (Extraord. d. Etats der Jahre 1895/96, 1896/97 u. ff.) . . . . . 7 000 000 „
6. die Gabelungsanlagen für die Stettiner und Nordbahn bei Gesundbrunnen (Extraord. d. Etats der Jahre 1895/96, 1896/97 u. ff.) 1 850 000 „
7. den viergleisigen Ausbau der Stettiner Bahn von Gesundbrunnen bis Blankenburg (Extraord. d. Etats der Jahre 1899 u. ff.) . 1 700 000 „
8. den viergleisigen Ausbau der Nordbahn von Gesundbrunnen bis Reinickendorf (Rosental) (Extraord. d. Etats der Jahre 1899 u. ff.) . 3 717 000 „
9. Herstellung des zweiten und dritten Gleises auf der Strecke Schönholz—Tegel (Extraord. d. Etats der Jahre 1899 u. ff.) . . . . . 2 600 000 „

Die Ausführungen zu 7. und 8. sind in weiterer Ergänzung der Gabelungsanlagen, zur Fortführung der Viergleisigkeit der Stettiner und Nordbahn mit dem wachsenden Verkehr notwendig geworden. Eine weitere Fortführung in demselben Sinne bis zu den Bahnhöfen Bernau (Stettiner Bahn) und Hermsdorf (Nordbahn) ist für später beabsichtigt. Die Ausführung zu 9. bezweckt: Vermehrung der Hauptgleise auf der bisher eingleisigen Nebenbahn, Ausbau der Bahnhöfe und Trennung des Fernverkehrs vom Vorortverkehr auf der Strecke Schönholz—Tegel. Die Arbeiten zu 7., 8. und 9. sind zur Zeit noch nicht beendet.

**II. Die Unterführung der Liesenstrafse.**

Eine der schwierigsten und größten Ausführungen innerhalb der beschriebenen Anlagen, die Herstellung der Unterführung der Liesenstrafse soll im einzelnen beschrieben werden. Sie ist zeitlich in zwei Teilen zur Ausführung gekommen.

**I. Ausführung in den Jahren 1890 und 1891.**

Der Verkehr auf der Eisenbahn konnte während der Ausführung nicht aufgehoben, höchstens auf kurze Zeiträume eingeschränkt werden. Der Fuhrwerkverkehr mußte notwendigerweise von der Baustelle abgesperrt und auf andere Wege verwiesen werden. Zur Überleitung desselben wurde die Hussitenstraße bis zur Wiesenstraße in südlicher Richtung durchgeführt und hierdurch außer der Chausseestraße eine zweite Verbindung zwischen dem Norden der Stadt und der Mitte derselben geschaffen. Der Fußgängerverkehr wurde

zwischen der Liesen- und Gartenstraße durch eine hölzerne Notbrücke, deren Hauptteil einen Howeschen Träger von 30 m Spannweite bildete, vermittelt. Die beiderseitigen Treppenanlagen enthielten je zwei Podeste und je 51 Stufen (Abb. 5 bis 7 Bl. 39).

Die beiden Widerlager der Überführung bilden mit der Bahnachse verschiedene Winkel. Während diese das südliche Widerlager unter einem Winkel von 90 Grad — wenigstens bei zwei Gleisen — schneidet, beträgt der Schnittwinkel am nördlichen Widerlager, das die Baufluchtlinie der Gartenstraße bildet, 25 Grad. Infolge dieses Umstandes und da die möglichst geringe Beschränkung des Betriebes während des Baues gefordert wurde, erhielt jedes der drei damals vorhandenen Gleise einen besonderen Überbau mit rechtwinkligen Abschlüssen. Die Stützweiten betragen 82,10 m, 70,40 m, 64,40 m (Abb. 10 Bl. 39). Die Hauptträger der Überbaue sind als Halbparabelträger ausgeführt, die Endsenkrechten haben eine Höhe von 5,60 m erhalten und sind zu kräftigen Portalen ausgebildet. Das Trägersystem ist ein doppeltes. Die Höhe der mittleren Senkrechten beträgt  $\frac{1}{8}$  der Stützweite, eine Querverbindung des oberen Gurtes ist durchweg zur Anwendung gekommen, beide Gurte haben Windverband erhalten.

Die sehr geringe verfügbare Bauhöhe machte die Verwendung schwerer Querträger erforderlich. Zwischen letzteren sind kleine Längsträger eingespannt, welche die Fahrschienen tragen. Zur Vermeidung von Stößen und um das Geräusch beim Befahren der Brücken möglichst abzuschwächen, sind Filzplatten als Zwischenlager zur Verwendung gekommen. Die Fahrbahn ist mit Buckelplatten abgedeckt, einerseits um sie wasserdicht zu machen, andererseits um durch Aufbringen einer leichten Kiesschüttung das Geräusch zu dämpfen. Das von der Fahrbahn kommende Wasser wird mittels Rinnen nach den Widerlagern hin abgeleitet.

Bei dem Überbau von 82,10 m Spannweite sind für die Gurtungen

448,80	qcm	oberer	Rohquerschnitt und
468,50		unterer	
448,80	qcm	oberer	Nutzquerschnitt
391		unterer	

vorhanden (Text-Abb.12). — Die Form der Gurtungen in der Mitte dieses Überbaues sind besonders dargestellt. Die untere Gurtung enthält Löcher zur Abführung des Wassers.

Die Grundrißform der Widerlagsmauern wurde so gewählt, daß dieselben in einzelne Teilmauern aufgelöst wurden, die senkrecht zur Bahnachse stehen oder mit derselben gleichlaufen. Diese Mauerform verdiente gegenüber der in der Straßenflucht liegenden Mauer von großer Stärke wegen der geringen Breite der Baugruben unter den Betriebsgleisen den Vorzug. Vor die eigentlichen stützenden Teile der nördlichen Widerlagsmauer wurde in der Baufluchtlinie eine schwache Blendmauer aufgeführt.

Ähnlich lagen die Verhältnisse bei einem Teil des südlichen Widerlagers.

Auf der Baustelle der Überführung der Liesenstraße sind eigentümliche Grundwasserverhältnisse vorhanden. Während das Grundwasser in der Nähe des nördlichen Widerlagers nur wenig unter der früheren Schienenoberkante, nämlich in Höhe

+ 36 liegt, erreicht in der Nähe des südlichen Widerlagers das Grundwasser die Tiefe von + 31,50. Der Unterschied zwischen den Wasserständen gleicht sich — wie Bohrungen ergeben haben — zwischen den beiden Punkten allmählich aus. Während im Grundwasser am nördlichen Widerlager höchst ungleicher, lehmiger, toniger, mit großen Steinen und Kiesadern untermischter Boden sich vorfand, zeigte sich am südlichen Widerlager fast durchweg reiner weißer Sand. Diese auffällige Erscheinung läßt sich daraus erklären, daß früher hier ein Höhenrand vorhanden war, der in alten Zeiten wahrscheinlich das Spree- oder Pankebett einfaßte.

Die Gründung der Widerlagsmauern begann, ohne daß an den bestehenden Straßen- und Eisenbahnverhältnissen etwas geändert wurde, im Juli 1890. Die Baugruben wurden einzeln in kleinen Abmessungen eingerichtet und mit Mauerwerk ausgefüllt. Zunächst wurden eiserne Hilfsträger unter die Gleise gezogen, um dieselben über den zu bildenden Baugruben sicher abzufangen. Dann fand eine Ausbohlung bzw. Auskistung der Gruben statt. Über dem Grundwasserspiegel war das Absenken der Baugruben nicht schwierig, im Grundwasser aber ergaben sich vielfach Unbequemlichkeiten: Es fanden sich große, bis zu 50 cm im Durchmesser haltende, runde Steine, der Boden fing an zu fließen, es bildeten sich Hohlräume hinter den Bohlwänden, wodurch Verdrückungen der Baugruben eintraten. Eine große Zähigkeit und Haltbarkeit der Verzimmerungen wurde dadurch erreicht, daß reichlich eiserne Klammern zwischen Bohlen und Brusthölzern einerseits und zwischen Brusthölzern und Steifen andererseits eingeschlagen wurden. Die Gründungsarbeiten wurden Tag und Nacht betrieben. Am Ende des Jahres 1890 waren für das Überführungsbauwerk rund 1000 cbm Kalkstein- und Ziegelmauerwerk

eingebaut. Dasselbe reichte von der Bausohle bis annähernd zur alten Schienenunterkante. Vorstehende Text-Abb. 13 zeigt die Tiefenausdehnung einer Baugrube am nördlichen Widerlager.

Am 1. März 1891 wurde der Planübergang an der Liesenstraße für Fuhrwerke gesperrt. Nunmehr begann das Anheben der Bahnhofsgleise im Betriebe. Hierzu wurde Boden verwandt, der aus einer besonders eingerichteten, zwischen den Stationen Buch und Zepernick der Stettiner Bahn gelegenen Bodenentnahmestelle gelöst und mit Arbeitszügen zur Baustelle gefahren wurde. Das Anheben der durchgehenden Gleise machte keine besonderen Schwierigkeiten, dagegen machte das Anheben der Weichenverbindungen bei dem Stell-

werk zwischen Liesen- und Grenzstraße viel Mühe; einerseits, weil die Verbindung ihrer Starrheit wegen nur im

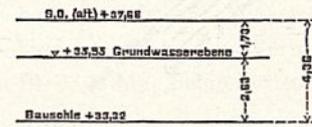


Abb. 13.

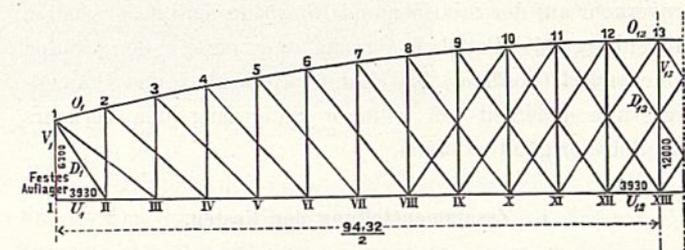


Abb. 14. Anordnung des Überbaues.

ganzen gehoben werden konnte, andererseits, weil die Sicherungsanlagen während der Hebung im Betrieb bleiben mußten.

Bei dem Arbeitszugbetriebe wurde im allgemeinen der Grundsatz festgehalten, vor dem Entladen des Bodens die Gleise möglichst hoch herauszuheben, so daß der aus den Eisenbahnwagen abgeworfene Schüttdoden möglichst schnell in die Vertiefungen zwischen den Bahnschwellen eingegeben werden konnte. Für die Hebung waren erforderlich an Boden für die Personenhauptgleise 30 000 cbm, für die Verschiebegruppe ebenfalls 30 000 cbm; erstere wurden in der Zeit vom 1. März bis zum 1. Mai 1891, letztere in der Zeit vom 1. April bis zum 1. Juni desselben Jahres geleistet.

Für das Heranschaffen des Bodens gingen anfangs fünf, später sieben, zuletzt vier Bodenzüge täglich. Die Länge der zu hebenden Strecke — von der Fettgasanstalt (Mitte Bahnhof) bis zur Grenzstraßenüberführung — betrug rund 1000 m. Das Entladen eines Arbeitszuges dauerte 10 Minuten bei 6 Mann, 15 Minuten bei 4 Mann Besatzung der Wagen. Der Wagen enthielt  $6\frac{3}{4}$  cbm lose Masse. Nach dem Abladen konnte das Einebnen in 10 Minuten bewirkt werden. Das Abladen erfolgte auf den Personenhauptgleisen

zwischen den Personenzügen; auf den Verschiebegleisen war der Betrieb zum größten Teil eingestellt und auf den Verschiebebahnhof Karow verwiesen.

Nachdem die Hebung der Gleise an der Liesenstraße beendet war, wurden im Mai 1891 die Maurerarbeiten daselbst wieder aufgenommen und bis zum Oktober beendet. Die Auflagerquader für die eisernen Überbauten, von denen die schwersten (Doppelsteine) rd. 7500 kg wogen, wurden ebenfalls unter dem Betriebe eingebaut. — Es kam nun darauf an, den eisernen Überbau aufzubringen. Der längste ein-

gleisige Überbau war westlich von der Baustelle auf Holzunterlagen in bequemer Höhe aufgebaut, mit Fahrschienen versehen und in den über der Fahrbahn gelegenen Teilen mit Ölfarbe gestrichen worden. Zwischen dem Überbau auf dem Aufbaugerüst und seiner endgültigen Lage war eine Entfernung von 8,70 m vorhanden. Das Gewicht des Überbaues betrug 320 t. Nach Fertigstellung wurde dieser Überbau mittels Kopfschrauben in die richtige Höhe gehoben und in einzelnen Teilen ergänzt, um in seine endgültige Lage hineingezogen zu werden. Um die Endsenkrechten später sicher auf die Auflager hinablassen zu können, wurden nicht diese, sondern die nächsten Senkrechten durch eine Rollbahn unterstützt. Nachdem das Erforderliche zum Einfahren des Überbaues hergerichtet war,

wurde in der Nacht vom 22. zum 23. November 1891 das benachbarte Hauptgleis gesperrt und aufgenommen. Das Einfahren des Überbaues erfolgte am nächsten Tage. — Die Probebelastung des 82,10 m langen Überbaues wurde am 2. Dezember vorgenommen. Die elastische Durchbiegung bei schwerster Belastung betrug 32 mm, die rechnermäßige Durchbiegung ergab 40 mm. Unmittelbar nach der Belastungsprobe wurde

der Überbau in Betrieb genommen. — Inzwischen war der eiserne Überbau für das dritte, damals östliche Gleis der Überführung seitlich von seiner zukünftigen Lage aufgestellt. Dieser Überbau wurde im Januar 1892 eingefahren. Nunmehr wurde der Raum zwischen den fertigen Überbauten zur Herstellung des mittelsten Überbaues frei. Die Aufstellung des letzten Überbaues konnte in seiner endgültigen Lage erfolgen und hat annähernd drei Monate gedauert. Ein Notgleis war während dieser Zeit östlich neben der Überführung hergestellt. Nachdem der Betrieb auf der Eisenbahn gesichert



Abb. 15. Zweigleisiger Überbau der Unterführung der Liesenstraße.

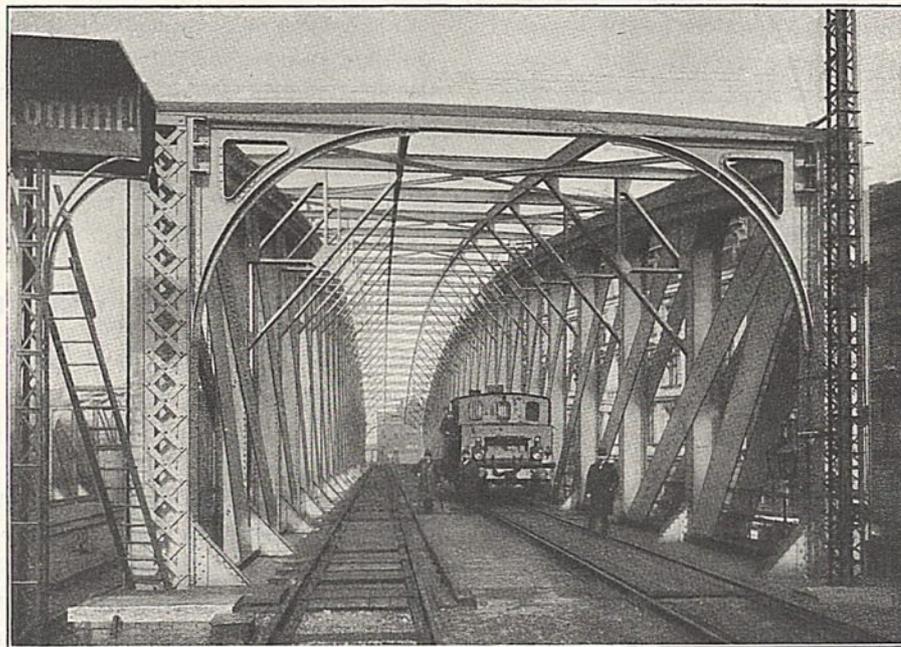


Abb. 16. Zweigleisiger Überbau der Unterführung der Liesenstraße.

war, konnte mit der Entfernung der auf der Liesenstraße angeschütteten Erdmassen und mit der Senkung der Straßenzüge sowie mit den hierzu gehörigen Nebenarbeiten vorgegangen werden. Die drei Überbaue sind durch die Firma Beuchelt u. Ko. in Grünberg in Schlesien geliefert und aufgestellt.

## II. Ausführung im Jahre 1896.

Die Schienenoberkante der beiden östlichen Gleise liegt + 40,90, d. h. 1 m höher als die Gleise auf den älteren Überbauten. Die höhere Lage des Überbaues wurde erforderlich, weil die darunterliegende Gartenstraße daselbst schon in der Steigung liegt und weil an jedem Punkte des Straßendamms eine Lichthöhe von 4,40 m vorhanden sein sollte. Beide Gleise sind auf einem gemeinsamen Überbau gelagert, um das Bauwerk möglichst schmal zu machen und um mit dem Überbau von dem benachbarten Eckhause in der Gartenstraße möglichst weit entfernt zu bleiben. Der neue zweigleisige Überbau (Text-Abb. 14) hat eine Stützweite von 94,32 m erhalten. Die Fluchten der Widerlager des alten Bauwerks sind nicht geändert. Die Hauptträger sind Halbparabelträger. Weitere Einzelheiten gehen aus den Abb. 8 u. 9 Bl. 39 und Text-Abb. 15 u. 16 hervor.

Die Gleise bestehen aus Haarmannschem Schwellenschienen-Oberbau und liegen auf eichenen, getränkten Querschwellen. Zur Dämpfung des Geräusches sind zwischen dem Oberbau und den Querschwellen Filzplatten angeordnet. Senkrechte Bolzen, welche die Konstruktion durchbrechen, sind zur Vermeidung von Wasserdurchsickerungen nicht angewandt. Der Überbau wiegt 875 t. Der Aufbau erfolgte in der Zeit vom 1. Mai bis zum 1. November 1896.

Der Überbau ist in seiner richtigen Lage eingebaut worden, polizeilicherseits wurde die vorübergehende Verminde-

rung der Durchfahrhöhe genehmigt. — Die Probelastung ergab bei stärkster Belastung eine elastische Durchbiegung von 38 mm, rechnerisch ergaben sich 50 mm.

Der Querschnitt der Gurtungen geht aus Text-Abb. 17 hervor. Der Nutzquerschnitt beträgt oben 1241 qcm, unten 1232 qcm. Der Durchmesser der wichtigen Niete beträgt 30 mm. Die Niete sind mit der Hand geschlagen worden. Der Überbau ist von der Firma A. Klönne in Dortmund geliefert und aufgebaut. Die Herstellung seines Widerlagsmauerwerks hat besondere Schwierigkeiten nicht verursacht. Der Überbau ist seit der Probelastung im Betriebe.

Wenn auch nicht alle Teile der Gesamtausführung bei ihrer Herstellung die Schwierigkeiten gemacht haben wie das mit doppeltem Verkehr belastete, vorstehend erörterte Überführungsbauwerk, so war doch überall, wo am und im Eisenbahnbetriebe gebaut werden mußte, die größte Vorsicht und Aufmerksamkeit aller Beteiligten erforderlich.

An ausführenden Behörden waren bei den Entwürfen und Ausführungen beteiligt: vor der Neuordnung der Preussischen Staats-Eisenbahn-Verwaltung (1. April 1895): die Eisenbahndirektion in Berlin, das Eisenbahn-Betriebsamt (Berlin-Stettin) in Stettin und die Bauinspektion Berlin (Stettiner Bahnhof), das Eisenbahn-Betriebsamt Berlin (Stadt- und Ringbahn); nach der Neuordnung: die vorgenannte Eisenbahndirektion, die Betriebsinspektion 6 Berlin (Stettiner Bahnhof) und die Bauabteilung in Gesundbrunnen.

Berlin, im November 1902.

Bathmann.

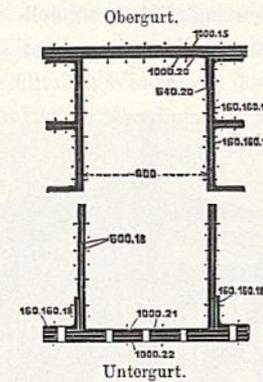


Abb. 17.

## Der Bau der neuen Trockendocks auf der Kaiserlichen Werft in Kiel.

Vom Geheimen Admiralitätsrat Franzius und Marine-Baurat Mönch in Kiel.

(Mit Abbildungen auf Blatt 41 bis 43 im Atlas.)

(Fortsetzung.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Die kleine Taucherglocke.

Bei der kleinen Taucherglocke ist von der Aufhängung an einer schwimmenden Rüstung abgesehen worden. Mit dieser Glocke muß das Mauerwerk bis 0,50 m über Normalwasser ausgeführt werden, damit der weitere Aufbau in freier Luft unabhängig von kleineren Schwankungen des Wasserstandes erfolgen kann. Es ist also erforderlich, die Glockenschneiden, unter welchen beim Überfahren des fertigen Betons ein Spielraum von 0,20 m bleiben muß, wenigstens bis 0,70 m über den Wasserspiegel zu heben. Demnach wäre bei einer aufgehängten Glocke eine gegenseitige Abstützung der Tragschiffe nicht unmittelbar, sondern nur durch die hochgelegene Rüstung möglich gewesen, welche dadurch sehr schwer ausgefallen sein und dem Schwerpunkt der ganzen Konstruktion eine so hohe Lage gegeben haben würde, daß eine hinreichende Stabilität nicht gesichert schien. Letztere wäre namentlich in der Längsrichtung gefährdet gewesen,

weil die Glocke, um bei den mehrfachen Richtungsänderungen der Umfassungsmauern ausreichende Beweglichkeit zu behalten, nicht allzulang sein durfte und eine Verlängerung der Schiffe allein nicht statthaft war, da sich sonst die Ecken der Mauern nicht ausführen ließen. Die Firma Holzmann u. Ko. hat deshalb eine freischwimmende Konstruktion zur Verwendung gebracht, welche die Aufgabe in einfachster Weise löst (Abb. 1 bis 3 Bl. 43). Die eigentliche Glocke ist mit zwei seitlichen Schwimmkörpern, welche ihrer Querschnittsform wegen in Folgendem „Tragschiffe“ genannt werden mögen, fest verbunden. Die Schiffe müssen, um die Glocke ganz aus dem Wasser heben zu können, wesentlich tiefer gehen als letztere. Sie haben deshalb 8 m Höhe erhalten, während die Gesamthöhe der Glocke, im Eisenwerk gemessen, nur 4,50 m beträgt. Die oberen, mit einer 0,20 m hohen Bordwand und einem Schutzgeländer umsäumten Decken der Schiffe und der Glocke bilden unmittelbar die Arbeitsbühne. Damit

diese nicht überflutet wird, darf die Glocke höchstens bis zur Oberkante des Eisenwerks eintauchen. Sie enthält unten einen 2 m hohen Arbeitsraum, darüber eine 2,50 m hohe Schwimmkammer. Sie ist 10 m lang und 7 m breit. An den Schmalseiten hat sie konsolartige Schneiden, deren Gerippe mit dem Trägerwerk in der Schwimmkammer zusammenhängt. Letztere ist durch zwei, jedes der 5 m breiten, 10 m langen Schiffe durch drei Schottwände abgeteilt. Sämtliche Abteilungen der Schwimmkammer wie der Schiffe sind zur Aufnahme von Wasserballast eingerichtet und mit Bodenventilen, Rohrstützen zum Einführen von Preßluft, Wasserstandszeigern und Luftauslaßhähnen ausgestattet. Durch die Schwimmkammer sind drei Schachtrohre, eins für Personenverkehr, zwei für Beton geführt. Text-Abb. 10 (S. 499) zeigt die Glocke im Betriebe.

Da die Glocke infolge ihrer Gestalt gewissermaßen auf den Mauern reitet, muß an den Ecken, wo zwei Mauern in verschiedener Richtung aufeinander treffen, zunächst in einer derselben eine Lücke für den Durchgang des einen Tragschiffes verbleiben. Die Tiefe dieser Lücke hängt von der Eintauchung der Schiffe ab und ihre Tiefe unter dem Wasserspiegel darf, um die spätere Ausfüllung unter der Glocke im Trocknen zu gestatten, nicht größer sein als die Höhe der Glocke von Unterkante der Schneiden bis zur Decke der Schwimmkammer. Es war also wünschenswert, die Schneiden der Glocke so einzurichten, daß sie zur Ausfüllung der Lücken verlängert werden können. Diese Verlängerung mußte aber leicht zu beseitigen sein, damit sie beim Überfahren der höchsten Betonschichten kein Hindernis bildete. Es ist deshalb eine dammbalkenartige Einrichtung vorgesehen, indem man in der Verlängerung der Schneiden an den Seiten der Schiffe  $\perp$ -Eisen befestigte, in welche von unten her 26 cm breite Hölzer eingeschoben werden können. Die oberen Hölzer werden mit den Eisenschneiden der Schiffe verbolzt, während die unteren immer an den nächsthöheren aufgehängt werden. Die Fugen werden durch zwischengelegte geteerte Pappstreifen gedichtet. Die Art der Benutzung dieser Einrichtung wird weiterhin erläutert.

Die Einzelheiten der Glockenbauart gehen aus den Abb. 1 bis 3 Bl. 43 mit hinreichender Deutlichkeit hervor. Die Berechnung der einzelnen Bauteile bietet nichts Neues. Zu erwähnen ist nur, daß im ungünstigsten Belastungsfalle die Schiffe als tote Last an der Glocke hängend angenommen sind. Dieser Fall kann, allerdings nur angenähert, bei einer Betriebsstörung eintreten, wenn bei Ausführung der höchsten Betonlagen das Wasser schnell abfällt und sich die Ballasträume der Schiffe entweder durch Verletzung der Außenhaut oder infolge eines Bruchs der Druckluftleitung während des Ausblasens von Wasserballast durch die geöffneten Bodenventile plötzlich mit Wasser füllen. Dann wird der Auftrieb auf das Gewicht des vom Eisen verdrängten Wassers beschränkt und geht auf ein um so geringeres Maß herab, je höher die Schneiden der Glocke auf dem Mauerwerk stehen bleiben und je niedriger der Außenwasserstand ist.

Der Auftrieb der mit Luft gefüllten Arbeitskammer und der Schachtrohre ist größer als das Gewicht der ganzen Glocke, einschließlich des Wasserballastes und der Ausrüstung. Betrachtet man zunächst die Glocke ohne Rücksicht auf die

im Betriebe vorzunehmende Verlängerung der Schneiden, so ist in völlig eingetauchtem Zustande:

das Eisengewicht der Glocke . . . . .	24,933 t
das Eisengewicht der Schiffe . . . . .	77,310 t
das Gewicht der Personenschleuse . . . . .	4,500 t
das Gewicht des Krans und der sonstigen Ausrüstung . . . . .	5,257 t
Gesamtgewicht	112,000 t.

Der Auftrieb ist dabei:

Eisen der Glocke und der Schiffe	$\frac{24,933 + 77,310}{7,8} = 13,100$ t
Luftraum der Arbeitskammer . . . . .	132,000 t
Luftraum der Schachtrohre in der Schwimmkammer:	
1 Schacht 0,88 m Durchmess. = 0,61 qm	
2 Schächte 0,60 m Durchmess. = 0,54 qm	
	$1,15 \text{ qm} \times 2,5 = 2,900$ t
Gesamtauftrieb	148,000 t.

Es sind also 36 t Ballast erforderlich, welcher in Gestalt von Beton in dem oberen Teil der Schneiden und auf der Decke der Arbeitskammer aufgebracht wird. Das Einheitsgewicht des Betons in eingetauchtem Zustand ist 1,12 t/cbm.

Es sind also  $\frac{36,00}{1,12} = 32,10$  cbm Beton erforderlich mit einem

Gewicht von  $32,10 \cdot 2,12 =$  rund 68 t in freier Luft. Der berechneten Betonmasse entsprechend ist die Schicht auf der Decke der Arbeitskammer rund 0,35 m stark. Bei dieser Belastung übt die Glocke, wenn sie ganz eingetaucht ist, durch ihre Schneiden keinen Druck auf das Mauerwerk aus. Sobald sie jedoch nicht ganz untertaucht, hat sie ein gewisses Übergewicht, dessen Größe von der Höhe des Freibords abhängig ist. Die Grundfläche der ganzen Konstruktion ist 170 qm groß. Wenn also die Glocke mit vollem Wasserballast und geschlossenen Bodenventilen auftauchen würde, so ergäbe sich für 1 cm Freibord schon eine Überlast von  $0,01 \cdot 170 = 1,70$  t. Das würde bei weiterem Auftauchen sehr bald zu einer unzulässigen Belastung des Mauerwerks führen. Es bleiben deshalb die Bodenventile und Lufthähne offen, solange die Glocke bis zur Oberkante des festen Betonballastes oder tiefer gesenkt ist, so daß sich der Wasserballast stets auf die Höhe des Außenwassers einstellen kann. Die Überlast ist dann gleich dem Verlust an Auftrieb, welcher sich durch die ausgetauchten Eisenteile ergibt, und kann höchstens 2 t betragen. Durch Geschlossenhalten einzelner Bodenventile hat man es in der Hand, das Übergewicht zu vermehren, wenn dies zur Verhinderung von Bewegungen durch Wellenschlag oder Wind wünschenswert erscheinen sollte. Andererseits kann man durch Einführen von Preßluft den Wasserballast in beliebigem Maße entfernen und die Glocke entlasten. Dies wird schon dann nötig, wenn die Glocke so weit auftaucht, daß der Betonballast nicht mehr vom Wasser bedeckt wird, also ein größerer Verlust an Auftrieb stattfindet. Wird der ganze Wasserballast durch Ausblasen entfernt, so tragen die Schiffe allein die ganze Last. Ihre Eintauchung ergibt sich dabei aus dem Eisengewicht, einschließlich Ausrüstung, und dem Betonballast, letzterer mit seinem Gewicht in freier Luft berechnet. Die Gesamtlast ist also  $112 + 68 = 180$  t. Bei einer Eintauchung von  $x$  m ist die Wasserverdrängung der Schiffe unter Berücksichtigung der mit 0,50 m Halbmesser ausgeführten Kimmung:

$$2 \cdot 10 \cdot \left[ 5 \cdot x - 2 \left( 0,50^2 - \frac{0,50^2 \pi}{4} \right) \right] = 100 x - 2,15 \text{ in cbm.}$$

Nimmt man das Einheitsgewicht des nur schwach salzhaltigen Wassers im Kieler Hafen zu 1 an, so ergibt sich die Eintauchung für die Belastung mit 180 t aus der Gleichung:

$$180 = 100 x - 2,15 \text{ zu}$$

$$x = \frac{182,15}{100} = 1,82 \text{ m.}$$

Wenn die Schneiden verlängert werden, so vermehrt sich der Auftrieb durch den Zuwachs an Luftraum in der Arbeitskammer erheblich. Zum Ausgleich wird dann fester Ballast von entsprechendem Gewicht in Gestalt von Roheisenmasseln auf die Decke der Schwimmkammer gebracht. Da dieser Ballast nicht unter Wasser tritt, so bleiben die Verhältnisse dieselben wie vorher, solange die hölzernen Schneidenverlängerungen im Wasser stecken, also der Zuwachs an Auftrieb erhalten bleibt. Um beim Heben und Senken der Glocke die Belastung so regeln zu können, daß ein Schiefstellen vermieden wird, sind an den vier äußeren Ecken Schwimmer angebracht, welche durch Drahtzüge die Zeiger der zugehörigen Pegel in Bewegung setzen. Die Pegel sind so aufgestellt, daß ein gleichzeitiges Ablesen derselben möglich ist.

Die Art der Ausführung der einzelnen Betonlagen ist mit den durch die Bauart gebotenen Abweichungen dieselbe wie bei der großen Glocke. Bezüglich der Aufeinanderfolge der Lagen tritt aber eine Änderung ein. Da die Glocke auf den Mauern reitet, muß sie bei jeder Richtungsänderung derselben durch eine der bereits erwähnten Lücken ausgefahren, gedreht und in solcher Lage wieder eingefahren werden, daß ihre Längsachse mit der Richtung der nächsten Mauerstrecke übereinstimmt. Um dieses zeitraubende Drehen nicht allzuhäufig ausführen zu müssen, werden auf jeder Mauerstrecke gleich zwei Betonlagen von je 0,60 m Stärke übereinander hergestellt, bevor die nächste Strecke in Angriff genommen wird. Die ganze Höhe der Mauern zwischen  $-3,10$  und  $+0,50$  m wird also in drei Rundläufen der Glocke unter jedesmaliger Erhöhung um 1,20 m ausgeführt. Das Maß für die Verlängerung der Schneiden ändert sich für jeden Rundlauf und beträgt für den ersten 1,41 m, für den zweiten 0,95 m und für den dritten 0,37 m. Diesen Maßen entsprechend muß die Ausfüllung der Lücken in jedem Rundlauf erfolgen. Die Text-Abb. 11 zeigt die Einteilung der Umfassungsmauern durch die Lücken. Letztere sind 11 m lang, mit Ausnahme einer einzigen an der Pontonkammer gelegenen, weil hier ein schräges Wiedereinfahren der Glocke stattfinden muß. Der Anschluß der Füllung der Lücken an die übrigen Mauern muß mit senkrechten Fugen, und zwar

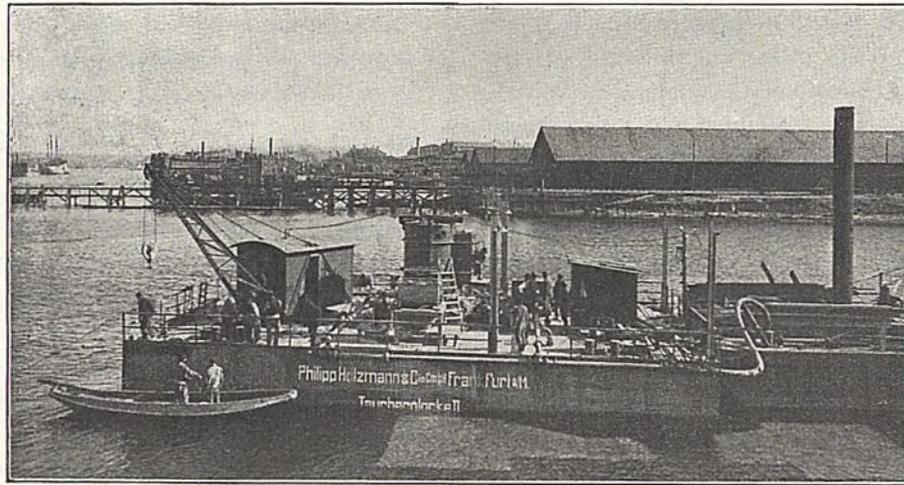


Abb. 10. Kleine Taucherglocke im Betriebe.

so weit wie die Schneiden der Glocke reichen, unter Wasser erfolgen. Diesen Stellen ist daher besondere Sorgfalt gewidmet worden, und es sind die senkrechten Stoßflächen nicht eben, sondern in stumpfem Winkel gebrochen zur Ausführung gekommen.

Die Schneiden der kleinen Glocke setzen sich in 15 cm tiefe vorbereitete Rinnen, stehen also beim Beginn der Arbeit auf  $-3,25$  m. Ohne Verlängerung der Schneiden würde also die Oberfläche der Lücken, welche schon unter der großen Glocke angelegt worden sind, um die Mehrtauchung der Schiffe + einem Spielraum von 15 cm tiefer, also auf  $-(3,25 + 3,50 + 0,15) = -6,90$  m liegen. Da bei der Ausfüllung die Schneiden ebenfalls in 15 cm tiefen Rinnen stehen sollen, würde ihre Unterkante auf  $-7,05$  m kommen. Die Glocke könnte aber ohne Verlängerung ihrer Schneiden nur bis  $-4,50$  m arbeiten, und die Ausfüllung im Trocknen wäre also nicht möglich. Da jede Verlängerung der Schneiden

eine Verminderung der Lückentiefe und eine Vermehrung der Arbeitstiefe um ein entsprechendes Maß gestattet, so würde für normalen Wasserstand eine Verlängerung von  $\frac{7,05 - 4,50}{2}$   
 $= 1,275$  m genügen, doch ist dies Maß mit Rücksicht auf die häufigen kleineren Schwankungen des Wasserstandes auf 1,41 m erhöht worden.

Die verschiedenen Stellungen der Glocke während der drei Rundläufe sind unter Angabe des Wasserstandes in den Ballasträumen in Text-Abb. 12 a—i dargestellt. Dazu ist folgendes zu bemerken:

Erster Rundlauf: (Text-Abb. 12 a—c) Ausführung des Mauerwerks von  $-3,10$  bis  $-1,90$  m. Bei der ange-

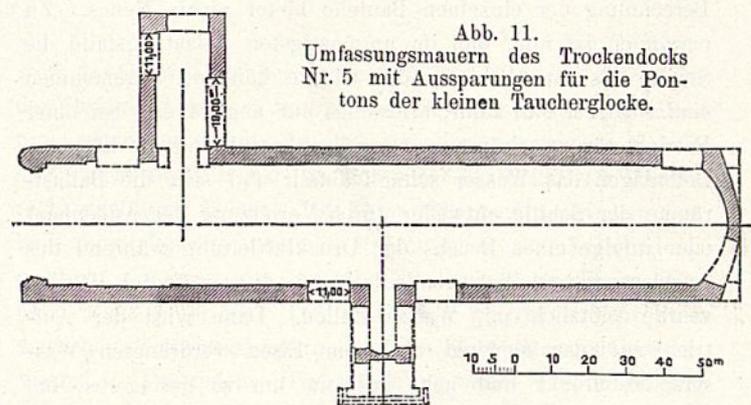


Abb. 11. Umfassungsmauern des Trockendocks Nr. 5 mit Aussparungen für die Pontons der kleinen Taucherglocke.

gebenen Schneidenverlängerung ist die Mehrtauchung der Schiffe  $4,50 - 1,41 = 2,09$  m. Die Oberfläche der Lücken bleibt also auf  $-(3,25 + 2,09 + 0,15) = -5,49$  m, wofür  $-5,50$  angenommen ist. Bei der Ausfüllung steht die Unterkante der Schneiden auf  $-5,65$ , die Oberfläche der Glocke also auf  $4,50 + 1,41 - 5,65 = +0,26$  m. Bis zu dieser Höhe

darf während der Ausführung der Wasserstand steigen, ohne hinderlich zu werden. Die Vergrößerung des Luftraums der Arbeitskammer beträgt:  $1,41 \cdot 7,9,48 = 93,57$  cbm. Es sind also, wenn man den geringen Auftrieb des Holzes vernachlässigt und das Einheitsgewicht des Wassers zu 1,0 annimmt, 93,57 t Ballast auf Deck zu lagern. Wird die Glocke mit dieser Belastung aus dem Wasser gehoben, so haben die Schiffe, wenn sie allein als tragend angesehen werden, an Last aufzunehmen:

Eisengewicht . . . . .	112,00 t
Betonballast . . . . .	68,00 t
Eisenballast . . . . .	93,57 t
zusammen	273,57 t.

Schneidenverlängerung 0,95 m,  
 Mehrtauchung der Schiffe  $3,50 - 0,95 = 2,55$  m,  
 Oberfläche der Lücken  $-(2,05 + 2,55 + 0,15) = -4,75$  m,  
 Unterkante der Schneiden bei Ausfüllung der Lücken:  
 $-(4,75 + 0,15) = -4,90$  m,

Oberfläche der Glocke bei der Ausfüllung:  
 $4,50 + 0,95 - 4,90 = +0,55$  m,  
 Eisenballast  $0,95 \cdot 7,9,48 = 63,04$  t,  
 Last der Schiffe bei gehobener Glocke:  
 Eisengewicht und Beton . . . . . 180,00 t  
 Eisenballast . . . . . 63,04 t  
 zusammen 243,04 t

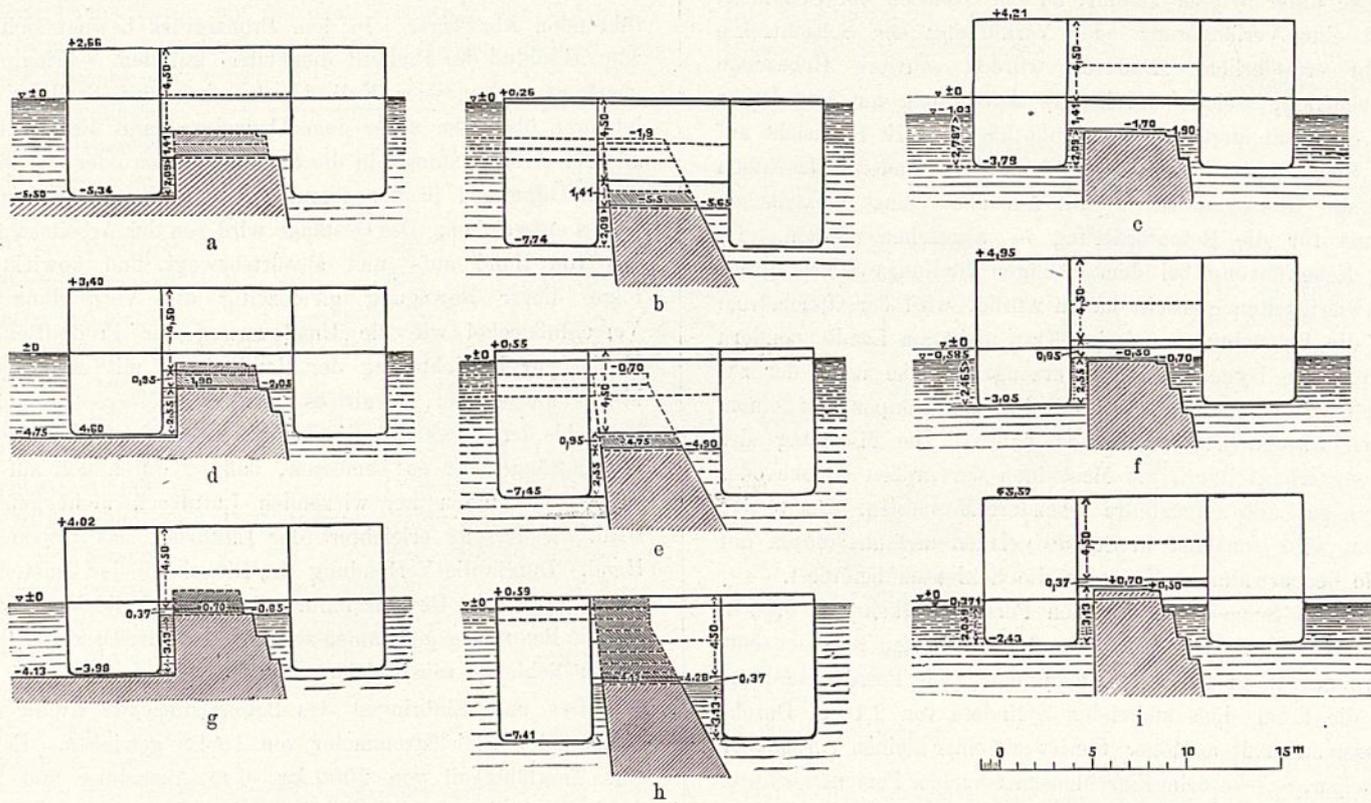


Abb. 12. Stellungen der kleinen Taucherglocke während der drei Rundläufe.

Die Eintauchung nach der oben gegebenen Formel ist dann:

$$x = \frac{273,57 + 2,15}{100} = 2,757 \text{ m.}$$

Da die Schiffe aber nur um 2,09 m tiefer eintauchen als die Schneiden, treten letztere nicht aus dem Wasser. Die folgende Betrachtung gilt also nur für den Fall, daß der Arbeitsraum nicht mit Preßluft gefüllt ist und keinen Auftrieb hervorruft. Unter dieser Voraussetzung erheben sich die Schneiden der Glocke also bei Normalwasser bis  $8 - 2,757 - (4,50 + 1,41) = -0,667$  m. Zum Überfahren des fertigen Betons muß ein Spielraum von 0,20 m vorhanden sein, die Schneiden dürfen also nicht tiefer als  $-1,70$  m stehen. Mithin ist das Überfahren noch möglich bei Wasserständen bis zu  $-(1,70 - 0,667) = -1,033$  m. Wäre der Arbeitsraum mit Preßluft gefüllt, so käme noch der Auftrieb eines entsprechenden Luftraums in Anrechnung. Dieser Fall braucht indessen nicht untersucht zu werden, weil er günstiger als der vorige ist.

Zweiter Rundlauf: (Text-Abb. 12 d—f) Ausführung des Mauerwerks von  $-1,90$  bis  $-0,70$  m. Bei gleichem Gange der Rechnung ergeben sich folgende Zahlen:

$$\text{Eintauchung der Schiffe } x = \frac{243,04 + 2,15}{100} = 2,452 \text{ m,}$$

Höhe der Glockenschneiden bei Normalwasser:  
 $8 - 2,452 - (4,50 + 0,95) = +0,098$  m.

Das Überfahren des fertigen Betons ist möglich bei Wasserständen bis  $-(0,50 + 0,098) = -0,598$ .

Dritter Rundlauf: (Text-Abb. 12 g—i) Ausführung von  $-0,70$  bis  $+0,50$  m.

Schneidenverlängerung 0,37 m,  
 Mehrtauchung der Schiffe  $3,50 - 0,37 = 3,13$  m,  
 Oberfläche der Lücken  $-(0,85 + 3,13 + 0,15) = -4,13$  m,  
 Unterkante der Schneiden bei der Ausfüllung der Lücken:  
 $-(4,13 + 0,15) = -4,28$  m,

Oberfläche der Glocke  $4,50 + 0,37 - 4,28 = +0,59$  m,  
 Eisenballast  $0,37 \cdot 7,9,98 = 24,55$  t,  
 Last der Schiffe bei gehobener Glocke:  
 Eisen und Beton . . . . . 180,00 t  
 Eisenballast . . . . . 24,55 t  
 zusammen 204,55 t

Eintauchung der Schiffe  $x = \frac{204,55 + 2,15}{100} = 2,067$  m,

Höhe der Glockenschneiden bei Normalwasser:

$$8 - 2,067 - (4,50 + 0,37) = +1,063 \text{ m.}$$

Das Überfahren des fertigen Betons ist möglich bei Wasserständen bis  $-(1,063 - 0,70) = -0,363$ .

Nach den vorstehenden Betrachtungen können die Lücken beim ersten Rundlauf von  $-5,50$  bis  $-4,75$  m, beim zweiten von  $-4,75$  bis  $-4,13$  m erhöht werden, und es empfiehlt sich nicht hinter diesen Maßen zurückzubleiben, um bei der Ausfüllung möglichst viel Freibord zu haben. Beim dritten Rundlauf können die Lücken bis  $+0,50$  m gefüllt werden.

Da die Glocke während des Betriebes nie mit ihrer Decke unter Wasser kommt, ist ein Abheben der Schleusen und eine Verlängerung oder Verkürzung der Schachtrohre nicht erforderlich. Dadurch wurden schwere Hebezeuge entbehrlich, welche durch ihre Aufstellung auf der Decke die Stabilität ungünstig beeinflusst hätten. Mit Rücksicht auf die Stabilität ist auch von der Aufstellung anderer Maschinen auf der Glocke selbst — mit Ausnahme eines elektrischen Krans für die Betonförderung — abgesehen worden. Da die Kabelführung bei dem häufigen Stellungswechsel große Schwierigkeiten gemacht haben würde, wird der Gleichstrom für die Beleuchtung und den Kran nicht am Lande, sondern durch eine Dynamomaschine erzeugt, welche nebst der zugehörigen Dampfmaschine und den Luftpumpen auf einem Hilfsfahrzeuge Platz gefunden haben. Die Mischung des Betons erfolgt durch die Maschinen der großen Glocke oder durch an Land aufgestellte besondere Maschinen. Der fertige Beton wird zunächst in Schiffe geladen und aus diesen mit Hilfe des erwähnten Krans in die Schleusen befördert.

Das Schachtrohr für den Personenverkehr ist  $0,88$  m weit und erstreckt sich wie die  $0,60$  m weiten Betonschachtrohre nur durch die Schwimmkammer. Die Personenschleuse hat die Form eines stehenden Zylinders von  $2,10$  m Durchmesser und  $2,20$  m Höhe. Sie ist mit einer kleinen Vorkammer versehen, welche beim Einschleusen einzelner Personen benutzt wird. Das Schachtrohr kann unter Verwendung des unteren Deckelverschlusses und einer verschraubbaren Öffnung in der Decke der Schleusenkammer zum Einführen langer Gegenstände benutzt werden. Im übrigen bietet die Schleuse nichts Bemerkenswertes.

Die zur Einführung des Betons in den Arbeitsraum dienenden beiden  $0,60$  m weiten Schachtrohre sind unten und oben mit je einem Deckelverschluß versehen und dienen so unmittelbar als Schleusen (Abb. 4 u. 5 Bl. 43). Aus den bei der Besprechung der großen Taucherglocke angeführten Gründen sind auch hier Einsatzrohre, und zwar solche von  $0,53$  m Durchmesser zur Verwendung gekommen. Die Deckel schlagen beide nach unten auf, werden also, solange der Druckausgleich nicht erfolgt ist, durch den Luftdruck geschlossen gehalten. Sie sind durch möglichst weitgehende Verwendung von Holz sehr leicht gebildet, damit sie ohne besondere Hebezeuge bewegt werden können. Der obere wird mit einem Haken angezogen, während der untere mit einem Hebel verbunden ist, welcher das Anpressen an die Dichtung ermöglicht. Sobald die Öffnungen verschlossen sind, werden die Deckel durch Schubriegel festgestellt, um sie bis zum Eintritt des erforderlichen Luftüberdrucks gegen Zurückfallen

zu sichern. Die beiden Riegel sind durch ein aus  $\frac{7}{8}$  zölligem Gasrohr gebildetes Gestänge in gegenseitige Abhängigkeit gebracht. Dadurch wird verhindert, daß beide Deckel gleichzeitig geöffnet sind. In der tiefsten Stellung des Gestänges verhindert sein unteres Ende das Verschieben des unteren Riegels, während die Aufwärtsbewegung des Gestänges gehemmt wird, sobald der obere Riegel zurückgeschoben ist. Umgekehrt ist in der höchsten Stellung der obere Riegel unbeweglich, und der untere Riegel hindert, wenn er zurückgeschoben ist, den Abwärtsgang des Gestänges. Letzteres bewegt sich im Innern eines  $70$  mm weiten Rohres, welches von der Arbeitskammer durch die ganze Schwimmkammer bis in die freie Luft geführt ist. Das oberste Stück des Rohres ist aus Bronze gebildet und hat einen in die Schleuse führenden Abzweiger. In dem Bronzestück bewegt sich ein zum Abschluß der Preßluft dienender, mit dem Verriegelungsgestänge verbundener Kolben. Je nach der Stellung des letzteren über oder unter dem Abzweiger kann die Druckluft aus der Arbeitskammer in die Schleuse treten oder aus dieser durch Öffnungen in der oberen Bronzehaube des Führungsrohres entweichen. Das Gestänge wird von der Arbeitskammer aus von Hand auf- und abwärtsbewegt und bewirkt infolge dieser Bewegung gleichzeitig die Verriegelung der Verschlußdeckel wie die Umsteuerung der Preßluftleitung. Es ist zur Erleichterung der Handhabung mit einer Sperrklinke ausgerüstet, damit es vorläufig festgesetzt werden kann, bis der untere Riegel zurückgeschoben ist. Das Gewicht des Gestänges ist so bemessen, daß es durch den auf den Kolben von unten her wirkenden Luftdruck nicht gehoben wird. Andererseits erleichtert der Luftdruck das Heben von Hand. Durch die Verbindung der Riegel mit der Umstellung der Druckluft ist Gewähr dafür geboten, daß die Verriegelung stets in Benutzung genommen wird, da sich der Druckausgleich in der Schleuse sonst nicht erreichen läßt.

Der zum Einbringen des Betons dienende Krahn wird durch einen Gleichstrommotor von  $10$  PS getrieben. Er hat eine Tragfähigkeit von  $2000$  kg,  $6$  m Ausladung und hebt den Beton in Kästen bis über die Trichter der beiden Schleusen. Das Entleeren der Kästen geschieht durch Aufklappen ähnlich wie bei den Kästen, welche zum Versenken von Beton unter Wasser gebräuchlich sind.

Die Beleuchtung der Arbeitsstellen erfolgt wie bei der großen Glocke teils durch Glühlicht, teils durch Bogenlampen. Zur Erzeugung der Druckluft stehen auf dem Hilfsschiff zwei Luftpumpen, die eine mit  $460$  cbm, die andere mit rund  $115$  cbm Leistung in der Stunde. Letztere dient zur Aushilfe und ist nur für Handbetrieb eingerichtet, während erstere durch die auch dem Betriebe der Gleichstromdynamo dienende Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird.

#### Mörtelwerk.

Zur Bereitung des Mörtels ist in einer am Strande von Wellingdorf in  $1,50$  km Entfernung von der Baustelle gelegenen Kiesgrube eine leistungsfähige Anlage geschaffen (Text-Abb. 13). Der Platz ist von der Firma Holzmann u. Ko. gepachtet und deshalb gewählt worden, weil hier der erforderliche Metersand gewonnen und ohne Umladung und weiteren Transport unmittelbar den Mörtelmischmaschinen zugeführt werden kann. Der Preis für  $1$  cbm Sand stellt sich

daher, für Kieler Verhältnisse äußerst niedrig, auf 1,95 *M.* Vor dem Platze befinden sich zwei Landebrücken, von denen die eine der Abfuhr des fertigen Mörtels und der Anfuhr von Traß dient, während an der anderen das Löschen der Kalkschiffe besorgt wird. Die zu den verschiedenen Löschen- und Ladestellen führenden Gleise stehen miteinander nicht in Verbindung und gestatten den Fortgang der einzelnen Arbeiten ohne gegenseitige Störung. Auf dem Platze selbst steht an der einen Längsseite der Kalkschuppen, vor welchem 14 Löschruben von je rund 80 cbm Inhalt liegen. Gegenüber steht das Maschinenhaus für die Mörtelbereitung und die Sandsieberei, während der mittlere Teil des Platzes als Traßlager dient. Feste und bewegliche Gleise mit den nötigen Drehscheiben und Weichen vermitteln den Transport von Löschkalk und Traß zum Maschinenhause. Sowohl für das Kalklösen wie für die Mörtelbereitung sind besondere Tiefbrunnen hergestellt.

Die Bereitung des Mörtels geschieht in acht Kollergängen mit beweglichem Teller (Abb. 10 u. 11 Bl. 43.) Die beiden Walzen jedes Kollerganges drehen sich, durch den Teller mitgenommen, um eine gemeinsame, nur in senkrechter Richtung etwas verschiebbliche, sonst feststehende Achse.

Der Traß wird nicht besonders gemahlen, sondern von zwei Steinbrechern in Stücke von 4—5 cm Seitenlänge gebrochen, durch ein Becherwerk und Verteilungsrohre den Meßgefäßen zugeführt und von hier mit der Schaufel in die Kollergänge gegeben. Nach wenigen Umläufen der letzteren wird unter fortgesetztem Mahlen nach und nach der in den Meßgefäßen, deren je zwei auf einem Kippwagen stehen, herangebrachte Kalk zugesetzt und endlich auch der Sand. Meistens genügt das im Kalk enthaltene Wasser zur Herstellung eines kellgerechten Mörtels, im Bedarfsfalle, wenn der etwas hydraulische Kalk durch längeres Stehen in der Grube stärker ausgetrocknet ist, kann aber aus einer über die Kollergänge hinweggeführten Leitung Wasser zugesetzt werden. Der fertige Mörtel wird mit der Schaufel in Kippwagen gefüllt, welche auf einem versenkten zur Ladebrücke führenden Gleise stehen. Über diesem Gleise liegt innerhalb des Maschinenhauses eine erhöhte Bühne; auf dieser laufen die der Sandzuführung dienenden Vorderkipper ohne Gleise. Der in unmittelbarer Nähe gewonnene Sand geht durch zwei konische Siebe und wird durch zwei Becherwerke mit je zwei Ausläufen in die Vorderkipper befördert. Die Kollergänge haben einen Kraftbedarf von 6—7 PS und liefern bei 20—25 Umdrehungen in der Minute eine fertige Mischung von 0,30 cbm in

8—10 Minuten. Der größte tägliche Bedarf bei gleichzeitigem Betriebe der großen und der kleinen Taucherglocke beträgt rund 220 cbm Mörtel und kann mit sieben Kollergängen in durchschnittlich 17stündiger Arbeitszeit hergestellt werden.

Eine Verbundlokomobile von 80 PS gibt die erforderliche Kraft und treibt mit Hilfe einer unter dem Fußboden des Maschinenhauses liegenden Transmission die Kollergänge und Steinbrecher, daneben auch eine Gleichstromdynamomaschine von 110 Amp. und 110 Volt, welche den zehnpferdigen Motor der Sandsiebe und die Beleuchtungsanlage mit Strom versorgt. Letztere besteht aus 6 Bogenlampen zu je 6 Amp., 36 Glühlampen zu je 16, und 12 desgl. zu je 25 Normalkerzen. Der Kraftbedarf für die Beleuchtungsanlage ist 10 PS, derjenige für einen Steinbrecher 5 PS.

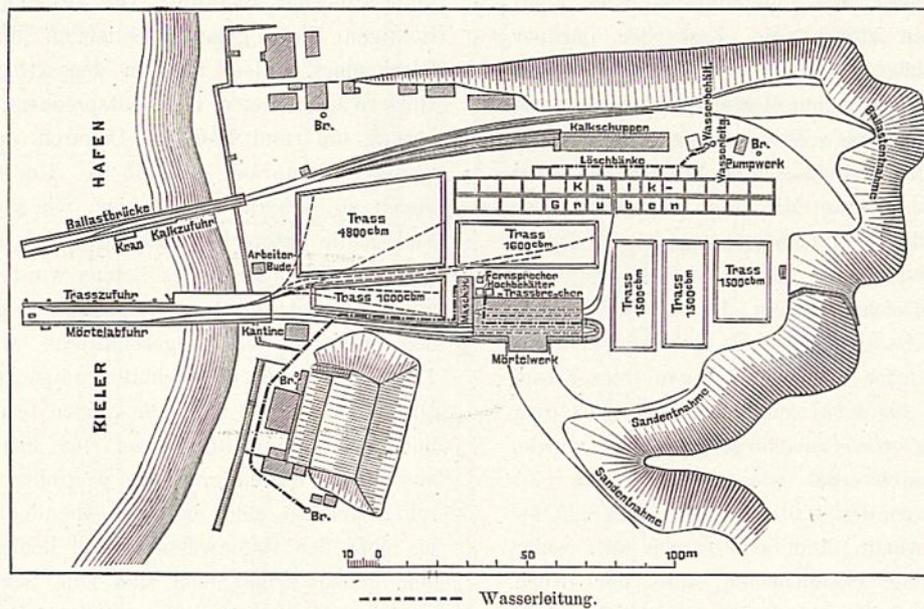


Abb. 13. Lageplan des Mörtelwerks in Wellingdorf.

**Betonierungsarbeiten.**

Zur Herstellung der beiden Dockkörper im Rohbau nach dem in Text-Abb. 14 dargestellten Querschnitt sind rund 145 000 cbm Beton und Mauerwerk, außerdem Klinkerverblendungen in beträchtlichem Umfange, das Versetzen der Quader für den vorderen Anschlag und andere später nicht mehr zugängliche Bauteile unter Preßluft anzufertigen.

Dazu treten in freier Luft noch weitere 12 000 cbm Beton und Mauerwerk.

Der Beton wird teils aus geschlagenem Granitschotter, teils aus Kies, aber fast ausschließlich mit Traßmörtel hergestellt. Schotter ist namentlich an denjenigen Stellen zur Verwendung gekommen, wo nach Lage der Drucklinie die größten Kantenpressungen auftreten können, das ist in der

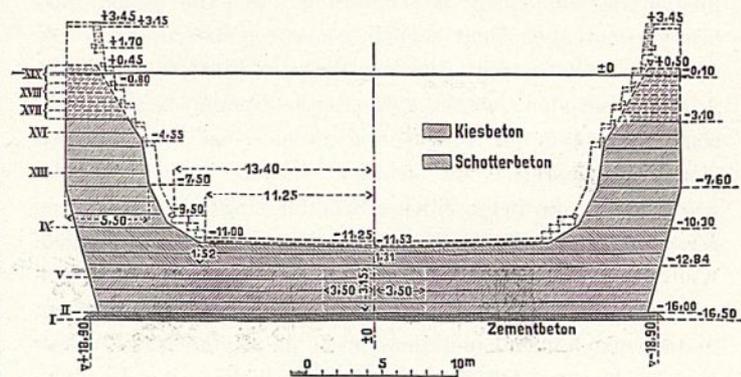


Abb. 14. Dockquerschnitt.

Mitte der Sohle unten, sowie an den inneren Winkeln beim Ansatz der Seitenwände. Da sich im Baubetriebe die Verwendung geringer Mengen des einen neben größeren des

anderen Baustoffes, sowie die genaue Abgrenzung der verschiedenen Betonarten gegeneinander nicht ohne größeren Zeitverlust durchführen ließ, sind die aus Schotter hergestellten Massen in der aus Text-Abb. 14 ersichtlichen Weise über den Querschnitt verteilt worden. Der Mörtel hat auf Grund einer größeren Reihe von Versuchen eine Zusammensetzung von 5 Raumteilen Kalk auf 6 Raumteilen Traßmehl und 8 Raumteilen Sand erhalten. In dieser Mischung ergeben 0,375 cbm Kalk + 0,450 cbm Traßmehl (= 0,588 cbm Traß in Stücken) und 0,600 cbm Sand zusammen 1 cbm Mörtel. Die mit diesem Mörtel ohne Kieszusatz angestellten Zerreißproben ergaben nach 48 Stunden Erhärtung an der Luft und 14 Tagen unter Wasser eine Zugfestigkeit von 12—16 kg/qcm, die sich nach 28 Tagen auf 20—22 kg/qcm steigerte. Während der kälteren Jahreszeit bei Temperaturen, welche nahe dem Gefrierpunkt liegen, bindet der Traßmörtel sehr langsam ab, und es war zu befürchten, daß die unteren noch nicht genügend harten Massen durch die Last der darüber folgenden Schichten verdrückt werden würden. Ein Zusatz von Zement, 75—100 l auf ein cbm Mörtel, genügte, um die Erhärtung in hinreichend kurzer Zeit herbeizuführen. Der Zement wurde erst in der Betonmaschine hinzugefügt, und zwar fand zunächst eine trockne Mischung mit dem Kiese statt, und dann erst wurde der Traßmörtel zugegeben. Durch den Zementzusatz wurde erreicht, daß die Arbeit erst dann eingestellt zu werden brauchte, wenn der Mörtel in den Schiffen und dem Betonschacht gefror. Es mag hier erwähnt werden, daß Mörtel, welcher bis zu 16 Tagen dem Froste bei Temperaturen von 0 bis 9° C ausgesetzt und nach dem Auftauen zur Herstellung von Probekörpern benutzt wurde, fast ebenso hohe Festigkeiten ergab wie frischer Mörtel. Zu einem Kubikmeter Beton wurden 0,90 cbm Kies oder Schotter auf 0,48 cbm Mörtel verwandt. Der Schotter war teils reiner Granitabfall aus Bornholmer Steinbrüchen, teils der Bruch von Steinen, welche beim Sieben des Kienes gewonnen waren.

Die gebaggerte Sohle der Baugrube war, wie zu erwarten, sehr uneben und mit einer teilweise 1 m starken Schicht von Baggerschlamm, bestehend aus fein zerteiltem Ton mit sehr feinkörnigem Sande gemischt, bedeckt. Nach dem Absenken der Taucherglocke mußte also zunächst der anfangs dünnflüssige, dann aber unter der Einwirkung der Druckluft bald zähflüssig werdende Schlamm durch die Materialschleuse entfernt werden, da er sich nicht unter der Schneide hindurchpressen ließ und auch die Förderung durch die beiden Ausblasevorrichtungen nicht schnell genug von statten ging. Die Arbeiter, welche zeitweilig bis an die Hüften in diesem Schlamm standen, waren zwar durch Gummihosen einigermaßen geschützt, es war aber abzusehen, daß sie die Arbeit nicht für längere Zeit würden leisten können. Daher wurde durch die Betonschleuse Schotter eingebracht und, von der Mitte des Arbeitsraumes fortschreitend, unter stetigem Weiterwerfen des Schlammes bis zur geplanten Höhe ausgebreitet. Es gelang so, den Schlamm an den Glockenenden zusammenzudrängen und ihm durch die Aufhäufung Wasser zu entziehen, so daß er sich mit wesentlich geringerer Mühe fördern ließ. Nachdem auf diese Weise eine trockne und zur Übertragung des Drucks auf den festen Grund geeignete Unterlage geschaffen war, konnte mit dem Einbringen der untersten, 0,50 m starken Schicht aus Zementbeton im Mischungs-

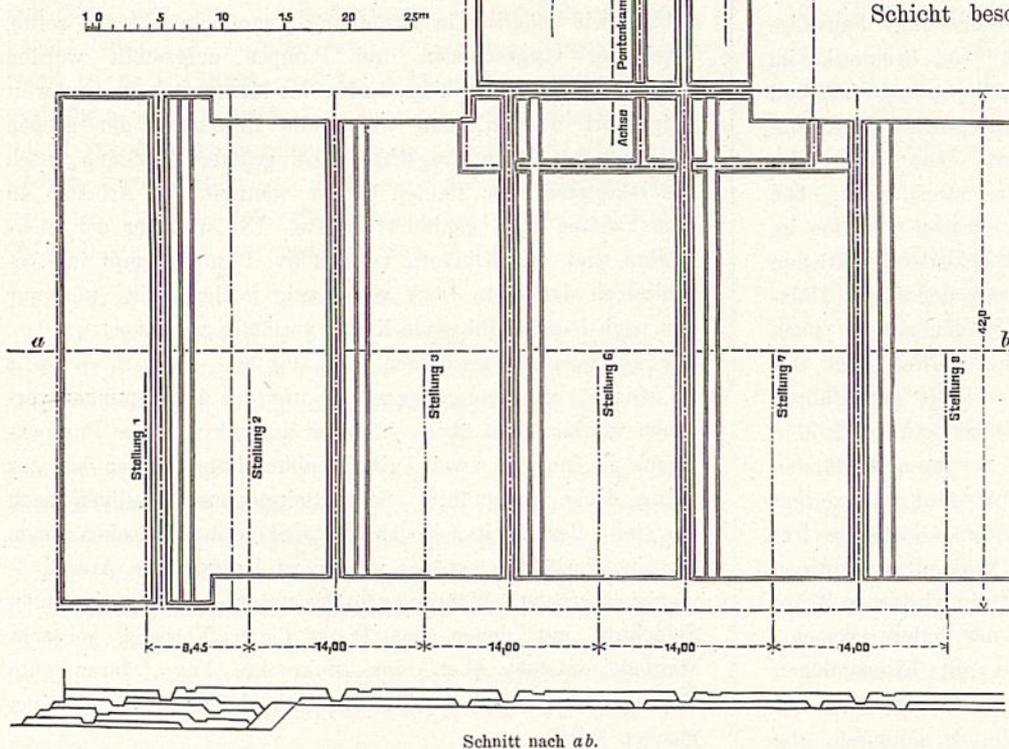
verhältnis von 1 cbm Zement auf 6 cbm Sandkies begonnen werden. Der Sandkies bestand aus 2 Teilen Sand bis zu 3 mm Korngröße und 3 Teilen größeren Materials und gab einen sehr dichten und festen Beton. Bei der Herstellung der unteren Schicht aus Zementbeton verfolgte man den Zweck, möglichst rasch eine feste und von den weiteren Schlammablagerungen gut zu reinigende Fläche zu schaffen. Die Schwierigkeiten bei der Einebnung des Baugrundes wiederholten sich in allen Glockenstellungen der unteren Schicht, in vielen Fällen noch erschwert durch einseitiges Aufsitzen der Glockenschneiden auf festeren Bodenmassen, welche von den Böschungen abgerutscht waren. Das in solchen Fällen nötige Freigraben der Schneide verursachte namentlich in der Endstellung des ersten Docks große Mühe, weil der hier angetroffene feine Sand im Verein mit einer eben darunterliegenden wasserführenden Schicht die hergestellte Vertiefung immer schnell wieder ausfüllte. Die Absenkung der Glocke bis zur richtigen Tiefe gelang schließlich durch Vermehrung der Glockenlast, indem man in den Arbeitsraum bis etwa 2 m Höhe Wasser treten ließ, entsprechend einer Auftriebverminderung um rund 1100 t. Dadurch sank die Schneide ohne weiteres Zutun bis —16,55 m. Um den Fuß der Böschung gleich zu sichern, wurde hier, wie auch später an ähnlichen Stellen die untere Betonschicht gleich 1,3 m stark ausgeführt. Vor dem Einbringen des Betons wurden die ungefähr in der Glockenmitte auftretenden Quellen sorgfältig abgefangen, indem man in die angeschnittene wasserführende Schicht 12,50 cm weite, mit Schotter umpackte Drainrohre verlegte. Die Rohre wurden in einen kleinen Brunnen zusammengeführt und das gesammelte Wasser von hier zu einem Steigerrohr aus 30 cm weiten glasierten Tonrohren geleitet. Das Steigerrohr, welches ganz im hochgehenden Mauerwerk liegt, ist bis über den Hafenwasserspiegel hochgeführt worden. Über dem ganzen Quellgebiet sind zum Schutz gegen Ausspülung vor dem Betonieren alte geteerte Segeltücher ausgebreitet worden. Bei der Vorbereitung der Sohle unter der Pontonkammer war die Glocke an einer Querseite durch 0,70 m hohen Schlamm gedrungen, während die gegenüberliegende Seite schon in der vorher vollendeten Stellung schlammfrei gemacht war. Beim Wiederanheben der Glocke hob sich das schlammfreie Ende allein, während das andere durch Reibung festgehalten wurde. Alle Bemühungen, durch seitliche Bewegung freizukommen, scheiterten. Man stellte alsdann, nachdem die Glocke etwas angehoben war, Fußschrauben unter einen Binder in der Nähe der festsitzenden Schneide, um diese beim Nachlassen der Hängestangen durch die eintretende Kippbewegung zu heben und durch Wiederholung des Verfahrens allmählich freizukommen. Auch dieser Versuch war vergebens. Nach fünftägigem Bemühen gelang es endlich, mit Hilfe des großen Schwimmkrahnes der Kaiserlichen Werft unter Aufwendung einer Hebekraft von 70 t die Glocke freizubekommen.

Vor den Dockhäuptern fällt der tragfähige Baugrund in der Gestalt eines Kessels stark ab und ist, wie in Text-Abb. 3 (S. 295) angegeben, von einer bis zu —24 m sich erstreckenden Moorschicht überlagert. Obwohl das Bauwerk so weit zurückgeschoben werden konnte, daß es bei 18,50 m Sohlentiefe noch ganz auf festem Boden stand, erweckte die stellenweise unmittelbar vor dem westlichen Kopf des ersten Docks unter

45° abfallende Böschung des Kessels Bedenken. Es wurde deshalb, um einen festen Fuß zu schaffen, an einer Ecke auf einer Fläche von rund 25 qm die Gründung bis auf —20 m geführt. Nachdem durch Baggerung die Tiefe von 18,50 m hergestellt war, beseitigte man den Moorboden unter der Glocke. Der die Schneiden einhüllende Schlamm stellte dabei eine natürliche Dichtung her, und es gelang, ohne die Glocke tiefer abzusenken, allein durch Erhöhung des Luftdrucks den Wasserspiegel bis zu 2 m unter den Schneiden hinabzudrücken. Da der Moorboden sich fast senkrecht abgraben ließ, konnte seine Beseitigung im Trocknen erfolgen. Die Vertiefung wurde mit Schotter gefüllt, dessen Gewicht durch aufgepacktes altes Eisen zur sicheren Durchdringung etwa zurückgebliebenen

Abb. 15. Schichtenplan.

Grundriß der zweiten Schicht.



Schnitt nach a-b.

Schlammes verstärkt wurde. Diesen Arbeiten folgte die Betonierung in einzelnen, in Verband gebrachten Lagen von —18,50 bis —16 m (Text-Abb. 15). Dabei wurde auf Ordinate —17,40 m eine Lage Rundisenanker von 40 mm Durchmesser parallel zur Dockachse eingebaut. Die Entfernung der einzelnen Anker voneinander betrug an der westlichen Ecke 0,50 m und vergrößerte sich nach der Ostseite hin allmählich auf 4 m. Mit dem Haupt zugleich wurde ein Teil der zwischen beiden Docks zu erbauenden Kaimauer aufgeführt, indem man die anschließende Strecke von 10 m Länge mit Abtreppungen zum späteren Anschluß des mit dem zweiten Dock verbundenen Teils versah. Unter der Mauer konnte der Aushub des sich bis unter —20 m erstreckenden Moorbodens nicht auf die vorbeschriebene Weise im Trocknen erfolgen, ohne die Glocke tiefer abzusenken. Bei weiterer Absenkung derselben hätte man aber sehr beträchtliche Bodenmengen fördern müssen, um

ein Festsaugen in dem zufließenden Schlamm zu vermeiden. Deshalb ist der Moorboden durch einfache Baggergeräte unter der Glocke im Nassen aufgehoben worden. Trotz aller Sorgfalt zeigte sich später hier ein unter 45° schräg nach hinten verlaufender Riß, der sich in den höheren Schichten indessen verlor. Zwischen Dock und Mauer ist eine senkrechte Fuge durch hochkant gestellte und jederseits mit Pappe bekleidete Bretter angeordnet. Vor dem Haupt und der Mauer ist später eine Steinschüttung zur Ausführung gekommen.

Nachdem auf die vorbeschriebene Art die Sohle überall bis —16 m hergestellt war, begann der weitere Aufbau mit Traßbeton in einzelnen Schichten von 0,75 bis 0,87 m Höhe. Auch hierbei zeigten sich, infolge der fortgesetzten Baggerung in der Baugrube für das zweite Dock, auf den fertigen Betonschichten immer wieder Schlammablagerungen, teilweise von 0,70 m Höhe, deren Beseitigung viel Zeitverlust verursachte. Um die vorgeschriebene Form des Mauerwerks einhalten zu können, kam eine Verschalung zur Anwendung, welche für jede Schicht besonders hergestellt werden mußte. Die

Pfosten stützten sich auf die Schalung der unteren Schicht und wurden durch je zwei Drähte gehalten, die an einen in die vorhergehende Schicht eingesetzten Pfahl befestigt waren. Wie aus Text-Abb. 15 hervorgeht, werden die zwischen den einzelnen Lagen verbleibenden Gräben durch die Lagen der nächsten Schicht gedeckt, ähnlich wie beim Ziegelverbande. Um die Oberfläche des Betons vor dem Aufbringen der neuen Schicht mit Besen und durch Spülung gut reinigen zu können, was wegen der immer wieder sich zeigenden Schlammablagerungen durchaus nötig war, wurden in jeder Lage 15 cm tiefe Rinnen vorgesehen, in welche sich die Schneiden der Glocken künftig setzten. Es lag also der Wasserspiegel um das gleiche Maß unter der Arbeits-

fläche, und diese wurde mithin vollkommen wasserfrei. Bei Ausführung jeder Schicht wurden die Rinnen zwischen den einzelnen Lagen der unteren Schicht zunächst an den Enden durch einen Betondamm abgeschlossen, dann nach dem Ausblasen des Wassers gereinigt und im Trocknen ausgefüllt. Aller Beton ist sorgfältig gestampft. Bei der Betonierung mit der kleinen Glocke über —3,1 m war der Arbeitsbetrieb, abgesehen von dem geringeren Umfang der einzelnen Lagen ganz ähnlich.

Die genaue Übertragung der Dockachse auf die Sohle der Baugrube und das jedesmalige richtige Einstellen der Glocke in die für ihre Schneiden vorbereiteten Rinnen im Beton erforderte besondere Sorgfalt. Nach vorläufiger Einstellung mit Hilfe von zwei Paar im Gerüst angebrachter Visierscheiben erfolgte das genaue Einmessen für jede Stellung mit Hilfe von Theodolithen in zwei sich rechtwinklig schneiden-

den Richtungen, einmal parallel zur Dockachse und dann senkrecht dazu von einer Standlinie, die am Lande und in ihrer Fortsetzung auf einer besonders für diesen Zweck hergerichteten, in den Hafen hineingebauten Rüstung festgelegt war. Dadurch wurden zwei Punkte, auf jeder Personenschleuse einer, in die richtige Lage gebracht. Diese Punkte, oder vielmehr zwei im Innern der Schleuse bezeichnete Gegenpunkte wurden durch unmittelbare Lotung auf die Sohle übertragen, und man erhielt so in jeder Glockenstellung eine senkrecht zur Dockachse liegende Grundlinie für alle weiteren Messungen. Die Höhenbestimmungen erfolgten bei auf das Mauerwerk abgesetzter Glocke durch Einmessen der Oberkante eines nicht mit einer Schleuse versehenen Materialschachtes. Von da wurde mit zusammengelagerten Latten unmittelbar die Oberkante des unteren Verschußdeckes festgelegt und damit die Grundlage für die Höhenbestimmung eines in den Beton eingesetzten eisernen Pflocks gewonnen.

Nach dem Entwurf sollte die Sohle der Docks erst nach der Aufführung und Hinterfüllung der Seitenmauern hergestellt werden. Diese Ausführungsweise, deren Zweckmäßigkeit in dem Aufsatz: „Über Berechnung und zweckmäßige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks“ von Brennecke im Jahrg. 1892 dieser Zeitschrift S. 523 nachgewiesen ist, soll das Aufbrechen der Sohle infolge der ungleichmäßigen Zusammenpressung des Bodens verhindern. Die Weite des nachträglich auszufüllenden Raumes sollte unten 11 m, oben 9 m betragen. Die Ausfüllung eines so großen Schlitzes im Trocknen macht indessen besondere Glockenkonstruktionen nötig, und es wurde daher auf Vorschlag der Firma Holzmann u. Ko. eine Entwurfsänderung vorgenommen, nach welcher mit den Seitenmauern zugleich ein Kernstück der Sohle von 8 m unterer und 6,50 m oberer Breite auszuführen war. Die Ausfüllung der beiden so entstehenden, rd. 1,50 m breiten Schlitzte, welche noch durch in gewissen Abständen eingefügte Quermauern in mehrere Abteilungen zerlegt werden sollten, hätte mit Hilfe der großen Glocke bewirkt werden können, wobei deren Schneiden, teils auf der fertigen Sohle, teils auf den Quermauern stehend, in einfacher Weise hätten gedichtet werden können. Da die untere Zementbetonschicht ungeteilt durchgeführt und mit Eiseneinlagen versehen worden ist, war ein großer Wasserzudrang nicht zu befürchten, und es wäre wahrscheinlich gelungen, die Abteilungen auszupumpen, so daß ihre Ausfüllung ohne Erhöhung des Luftdruckes ermöglicht worden wäre. Die nachträgliche Ausfüllung der Schlitzte hätte indessen die Fertigstellung des durch mannigfache andere Schwierigkeiten bereits zurückgebliebenen Baues um Monate verzögert. Mit Rücksicht auf die Notwendigkeit, die Docks so schnell wie möglich betriebsfähig zu machen, entschloß man sich, während der Bauausführung die Sohle ungeteilt vor dem Aufsetzen der Seitenmauern herzustellen, nachdem in dem ersten Dock schon in die untere Schicht, den beiden Schlitzten entsprechend, zwei Reihen 14 m langer Rundeisen von 40 mm Durchmesser in 50 cm Abstand voneinander eingebaut waren. Um dem Entstehen von Längsrissen nach Möglichkeit vorzubeugen, sind dann in der obersten Schicht, auf Ordinate — 12,69 m, weitere Eisen der vorbezeichneten Art in 75 cm Abstand voneinander eingelegt. — Die Rundeisen wie die unter der Taucherglocke versetzten Quader sind nicht durch die Schleusen und

Schächte in den Arbeitsraum gebracht, sondern von einem besonderen Fahrzeuge in freiem Wasser auf die Arbeitsstelle versenkt worden, worauf die Glocke durch Anheben und Wiederablassen darüber gestülpt wurde. Das Versenken der Quader geschah mit möglichster Sorgfalt unter genauem Einmessen mit Hilfe von Theodolithen, so daß die Werksteine unter der Glocke nur noch geringer Verschiebung bedurften, um in die richtige Lage zu kommen. Dies Verfahren hat sich sehr gut bewährt und ermöglichte es, die Abmessungen der Steine unabhängig von der Größe der Schleusen anzunehmen.

Sämtliche Schützen werden in freier Luft nach dem Auspumpen des Dockkörpers in den dazu vorgesehenen Ausparungen eingebaut werden. Um das Einströmen des Wassers durch die Einlaßkanäle zu verhindern, wird es nötig, deren Mündung vorübergehend zu verschließen. Es werden dazu Schütztafeln verwandt, welche in die für später erforderlich werdende Abdichtungen angeordneten Falze eingesetzt werden sollen.

Bei der Ausführung des gemeinsamen Pumpenschachtes mußte dafür gesorgt werden, daß für das erste Dock, welches sobald wie möglich in Benutzung genommen werden sollte, zwei der vorgesehenen drei Pumpen aufgestellt werden konnten. Andererseits aber durfte das Mauerwerk nur so weit aufgeführt werden, daß weder die Bewegung der großen Glocke nebst ihren Tragschiffen bei größtem Tiefgang, noch die Benutzung der kleinen Glocke während der Arbeiten an dem zweiten Dock gehindert wurde. Es ist daher der überwölbte und mit Klinkern verblendete Pumpensumpf im Anschluß an das erste Dock vollständig fertiggestellt, und nur der nach Dock 6 führende Kanal vorläufig vermauert worden. Die Seitenmauern des oberen Teils sind bis — 5,50 m ebenfalls in ganzer Ausdehnung hergestellt und mit Abtreppungen versehen worden. Der über — 5,50 m liegende Teil des Pumpenraums ist nur in zwei Drittel seiner Länge, aber bis zur vollen Höhe ausgeführt. Seine Seitenmauern endigen nach der Seite des zweiten Docks hin senkrecht. Zwischen ihnen ist eine vorläufige, später wieder zu beseitigende Abschlußmauer eingesetzt. Während also die unter — 5,50 m liegenden Schichten mit denen des Docks 6 in Verband gebracht werden, entsteht oben eine senkrechte Fuge, deren gute Dichtung aber unter der Taucherglocke keine Schwierigkeiten machen wird.

Die Arbeiten wurden mit achtstündigen Schichten in der großen, mit zwölfstündigen Schichten in der kleinen Glocke Tag und Nacht betrieben und nur an hohen Feiertagen unterbrochen. In den Wintermonaten war eine Unterbrechung nur dann erforderlich, wenn die Temperatur so niedrig war, daß der Mörtel oder der Beton gefror, ehe er in die Schleuse gelangte. Im Arbeitsraum der Glocke sank die Temperatur nie unter den Gefrierpunkt. In jeder Schicht waren in der großen Glocke 20—24 Arbeiter, in der kleinen Glocke 10—12 Mann beschäftigt, ungerechnet die in freier Luft mit dem Bereiten und Zubringen des Betons beschäftigten Leute. Die Preßluftarbeiter erhielten einen Lohn, welcher dem Anderthalbfachen des ortsüblichen Satzes gleichkam. Da der Genuß von Alkohol und schwer verdaulichen Speisen beim Arbeiten in der Preßluft schwere Schädigungen der Gesundheit herbeiführen kann, wurde den Leuten seitens der Firma Holzmann u. Ko. in jeder Schicht, je nach der Arbeits-

tiefe ein- oder zweimal, ein Imbiß bestehend aus Tee und Weißbrot verabreicht. Zum Schutz gegen Erkältung beim Ausschleusen standen den Arbeitern wollene Decken zur Verfügung. Diesen Maßnahmen sowie der beschriebenen Einrichtung der Lufthähne und sorgfältigen Auswahl der Arbeiter ist es zuzuschreiben, daß, abgesehen von einigen leichten Fällen, Erkrankungen an den Folgen der Preßluftarbeit nicht vorgekommen sind.

Die Leistung mit der großen Glocke betrug täglich 300—350 cbm Beton in fertig verbaute Zustand, mit der kleinen Glocke rund 50 cbm für die wirklichen Betriebstage. Beim zweiten Dock hat sich die Durchschnittsleistung der großen Glocke nicht unerheblich gesteigert. Sie betrug z. B. im August 1901 bei einer mittleren Tiefe von 14,50 m täglich 371 cbm. Die Steigerung ist in der Hauptsache auf die Fertigkeit, welche die Arbeiter in der Handhabung der Betriebseinrichtungen erlangt haben, zurückzuführen. Außerdem aber ergab sich eine wesentliche Zeitersparnis dadurch, daß die Schlammablagerungen, sowohl auf der Sohle der Baugrube wie auch auf den fertigen Betonschichten, viel geringer geworden sind, seit die Baggerungen in der Baugrube aufgehört haben. Als dritter für die Leistung günstiger Umstand ist zu erwähnen, daß die Schichthöhe, abgesehen von derjenigen der unteren Zementbetonschicht, durchweg zu 0,9 m angenommen werden konnte, nachdem die Erfahrung gezeigt hatte, daß dieses Maß unter den obwaltenden Verhältnissen und mit den vorhandenen Einrichtungen der Glocke ohne Schwierigkeit zu erreichen war.

#### Baustoffe.

Der verwandte Kies umfaßt Korngrößen von 3 mm bis 5 cm. Der Rohstoff wurde am Strande der Eckernförder Bucht durch Trockenbaggerung gewonnen und in einer Siebanlage unter reichlicher Wasserspülung nach Sand, Kies und Steinen getrennt. Letztere wurden einem Steinbrecher zugeführt und zu Schotter verarbeitet. Daneben ist in kleineren Mengen Seekies und Schotter aus den Bornholmer Granitbrüchen zur Verwendung gekommen. Die Baustoffe kamen in Leichterfahrzeugen zur Baustelle und wurden, soweit sie nicht unmittelbar zur Betonbereitung benutzt werden konnten, für die Wintermonate, in denen der Transport zeitweilig durch ungünstige Witterung unterbrochen werden muß, auf ein Lager gebracht. Das Entladen der Leichter am Lagerplatz geschah durch einen Dampfkran mit Greifbagger.

Die Werksteine bestehen zum Teil aus Bornholmer Granit, zum Teil aus Basaltlava vom Nettetal. Bei den Gründungsarbeiten sind zunächst nur Granitquader verwandt worden. Alle Werksteine kamen zu Schiff an und wurden von der Löschrücke (Text-Abb. 1 S. 293) auf Schmalspurgleisen mit Lokomotivbetrieb zum Lagerplatz geschafft, von wo sie nach Bedarf entnommen wurden. Für beide Docks sind 4200 cbm Werksteine beschafft, und zwar 2700 cbm Granit,

1500 cbm Basaltlava. Außerdem sind für die Deckplatten noch 575 cbm Basaltlava erforderlich. Die zur Verblendung benutzten Klinker kommen aus Varel in Oldenburg. Sie werden gleichfalls zu Schiff herangebracht. Die Lagerplätze der Baustoffe sind im Lageplan (Text-Abb. 1) angegeben.

Der verwandte Kalk, welcher schwach hydraulische Eigenschaften besitzt, kommt von Lengerich, der Traß aus dem Nettetal. Beide Baustoffe werden, wie schon erwähnt, in unmittelbarer Nähe des Mörtelwerks gelagert.

#### Kostenangaben.

Von den auf Grund der Verdingungen erzielten Preisen für die Baustoffe und Arbeiten sind folgende erwähnenswert. Es wurde gezahlt für:

1 cbm Sand . . . . .	1,95	ℳ	
1 „ Löschkalk . . . . .	9,32	„	
1 „ Traß in Stücken . . . . .	19,10	„	und 19,15 ℳ
1 „ Kies . . . . .	4,27	„	„ 6,75 „
1 „ Schotter . . . . .	7,80	„	„ 8,40 „
100 kg Zement . . . . .	3,90	„	bis 2,81 „
1 cbm Werkstein: Granit . . . . .	104,70	„	„ 108,84 „
1 „ „ Basaltlava . . . . .	87,50	„	
1000 Stück Klinker . . . . .	47,30	„	
1 cbm Traß zu mahlen:			
für Dock 5 . . . . .	4,70	„	
„ „ 6 . . . . .	3,70	„	
1 cbm Beton oder Mauerwerk in Preßluft herzustellen:			
für Dock 5 . . . . .	18,50	„	
„ „ 6 . . . . .	16,50	„	
1 cbm desgl. in freier Luft herzustellen . . . . .	5,20	„	
1 cbm Werksteine versetzen als Zulage: in Preßluft . . . . .	75,00	„	
in freier Luft . . . . .	7,80	„	
1 cbm Boden in Tiefen bis zu 20,80 m unter Normalwasser zu baggern, je nach Boden- art und Tiefe . . . . .	0,60	„	bis 1,95 „

Unter Zugrundelegung dieser Einheitspreise stellten sich die Kosten für 1 cbm unter Preßluft hergestellten Betons, einschließlich Baustoffe, für Kiesbeton auf 31,35 ℳ, für Schotterbeton auf 35,10 ℳ.

Der Bau der Taucherglocken nebst den Einrichtungen zur Stromerzeugung und dem Mörtelwerk erforderten nach Angabe der Firma Holzmann u. Ko., welche Eigentümerin dieser Anlagen verbleibt, eine Summe von rund 850 000 ℳ. Die Betriebskosten, einschließlich Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals, Spesen, Löhne und Reparaturkosten, betragen nach gleicher Quelle rund 124 ℳ für eine Betriebsstunde.

(Fortsetzung folgt.)

## Reibungsbahnen und Bahnen gemischten Systems.

Ein Vergleich ihrer wirtschaftlichen Verhältnisse.\*)

Vom Regierungs-Baumeister Blum in Berlin.

(Alle Rechte vorbehalten.)

### Inhaltsverzeichnis.

#### Einleitung.

- A. Untersuchung der einzelnen Werte, durch die die Betriebskosten bestimmt werden.
1. Widerstände.
  2. Bauliche Anlagen.
  3. Betriebsmittel.
  4. Zugförderungskosten.
- B. Feststellung des Steigungsverhältnisses, bei dem eine durchweg mit Zahnstangen ausgerüstete Bahn anfängt der Reibungsbahn wirtschaftlich überlegen zu werden.

C. Künstliche Verlängerung von Reibungsbahnen.

D. Bahnen gemischten Systems.

E. Winke zur Bearbeitung von Entwürfen für Bahnen mit starken Steigungen.

F. Vergleich von Reibungsbahnen und Bahnen mit Zahnstangen in solchen Beziehungen, die sich der Rechnung entziehen.

Anhang. Grundzüge für die Anordnung von Bahnen gemischten Systems gegenüber reinen Reibungsbahnen bei besonderen Betriebsweisen.

#### Einleitung.

Wenn die Grundzüge sowie die Vor- und Nachteile für die Anordnung von Bahnen gemischten Systems — Bahnen, bei denen Reibungsstrecken mit Zahnstangenstrecken abwechseln — gegenüber reinen Reibungsbahnen zu erörtern sind, so kommt es vor allen Dingen darauf an, die für die Beurteilung maßgebenden wirtschaftlichen Verhältnisse zu untersuchen. Neben diesen sind allerdings auch noch andere Rücksichten — so z. B. die Bequemlichkeit der Betriebshandhabung und die militärische Benutzbarkeit — von Bedeutung.

Bezüglich der wirtschaftlichen Verhältnisse ist zu ermitteln, wie hoch sich bei beiden Bahnarten die Betriebsausgaben stellen und welche Teile derselben von der Betriebsweise abhängig sind. Dagegen sind die Betriebseinnahmen, da sie von der Betriebsweise in der Regel vollkommen unabhängig sind, nicht zu erörtern. Hier könnte allerdings der Einwand erhoben werden: Wenn eine Strecke, anstatt mit Zahnstange ausgerüstet zu werden, künstliche Längenentwicklungen erhält, so werden auch die Tarifrängen größer, also auch die Einnahmen bei gleicher Verkehrsmenge höher. Mit diesem Gedanken, der vom engherzig-finanziellen Standpunkt richtig sein mag, künstliche Längenentwicklungen verteidigen zu wollen, ist vom volkswirtschaftlichen Standpunkt durchaus falsch; eine Eisenbahn muß eben danach streben, die Ausgaben möglichst niedrig zu halten, um auch die Tarife möglichst niedrig bemessen zu können.

Es soll durchaus nicht behauptet werden, daß es unrecht sei, wenn eine Bahn mit künstlicher Längenentwicklung die Frachtsätze nach der Bahnlänge und nicht nach der tatsächlichen Entfernung bemißt. Es ist auch durchaus angemessen, wenn Bahnen mit starken Steigungen höhere Einheitssätze verlangen als Bahnen im Flachland, oder bei „direkten Tarifen“ Zuschläge zu den wirklichen Längen machen, da

die Transportleistung wegen der größeren Hebung tatsächlich für die gleiche Länge größer ist.

Von den Betriebsausgaben sind einzelne von der Betriebsweise unabhängig und demgemäß von unsern Erörterungen auszuschließen. Hierher gehören zunächst die Kosten der allgemeinen Verwaltung, die je nach der Größe des Bahnnetzes 6 bis 25 vH. der Gesamtausgaben betragen. Unabhängig von der Betriebsweise sind ferner die Kosten für den Verkehrsdienst (11 bis 38 vH. der gesamten Ausgaben). Dagegen werden die Kosten für Bahnunterhaltung der freien Strecke ziemlich stark, die der Bahnhöfe aber nur sehr wenig von der Betriebsweise beeinflusst. Dasselbe gilt von den Baukosten und demgemäß von der Verzinsung<sup>1)</sup> des Anlagekapitals. Vollkommen nach der Betriebsweise richten sich die Kosten für die Zugförderung und den Werkstättendienst, soweit die Unterhaltung und Ausbesserung der Lokomotiven in Frage kommt.

Da es sich bei unsern Untersuchungen hauptsächlich um Vergleiche und um vergleichende Kostenberechnungen handelt, so müssen wir stets darauf achten, nur Ähnliches und Gleichartiges miteinander zu vergleichen. Da Bahnen mit gemischtem Betrieb niemals große zusammenhängende Netze bilden können, so darf man ihre Betriebsergebnisse auch nicht unmittelbar in Beziehung setzen zu denen der großen Staatseisenbahnverwaltungen. Ebenso wenig dürfen Bahnen mit verschieden starkem Verkehr oder mit verschiedenen starken Durchschnittssteigungen<sup>2)</sup> verglichen werden, dasselbe gilt für Bahnen verschiedener Spurweite, für Bahnen in verschiedenen Ländern, für gut und schlecht gebaute und für gut und schlecht geleitete Bahnen. Da Zahnstangenbahnen und Bahnen mit gemischtem Betrieb in der Regel als Neben- oder Kleinbahnen angelegt werden und häufig schmale Spurweite erhalten, so sind zum Vergleich am geeignetsten die Neben-, Klein- und Schmalspur-Reibungs-

\*) Die Arbeit ist verfaßt auf Grund eines vom Verein für Eisenbahnkunde erlassenen Preisausschreibens mit folgendem Wortlaut: „Auf Grund der bisherigen Erfahrungen ist eine wissenschaftliche Darstellung der Grundzüge sowie der Vor- und Nachteile für die Anordnung von Bahnen mit gemischtem Betrieb — Reibungsstrecken und Zahnstangenstrecken — gegenüber reinen Reibungsbahnen zu geben, wobei sowohl die Betriebsweise durch Dampf wie durch Elektrizität zu erörtern ist.“

1) Wir rechnen entsprechend dem Stand der sicheren Staatspapiere mit einem Zinsfuß von 3,5 v. H.

2) Es ist jedenfalls nicht ganz einwandfrei, wenn Zezula (Im Bereiche der Schmalspur S. 83) die Pilatusbahn mit 380 vT. Durchschnittssteigung mit der Eisenbahn Ponts-Chaux de fonds mit 16 vT. Durchschnittssteigung vergleicht.

bahnen, besonders die in gebirgigen Ländern gebauten. Die zuverlässigsten Ergebnisse aber wird man erhalten, wenn man die beiden Bahnarten — Reibungsbahn und Bahn mit gemischtem Betrieb — unter Voraussetzung vollkommen gleicher Verhältnisse miteinander vergleicht. Dieser Fall ist auch der für die Praxis wichtigste, denn wenn irgendwo eine Bahn gebaut werden soll, so sind Verkehrsgröße und Verkehrsbeziehungen, Entfernung der Orte, Höhenunterschiede, Geländeschwierigkeiten usw. fest gegeben, und es ist daher eine Bahn mit Zahnstange unter den gleichen Vorbedingungen zu bauen wie eine Bahn ohne Zahnstange.

Bei gewissen Untersuchungen erschien es zweckmäßig, zur genaueren Klarstellung der Verhältnisse von Bahnen gemischten Systems auch reine Zahnstangenbahnen — Bergbahnen — zu betrachten, wobei besonders die Bergbahnen der Schweiz berücksichtigt wurden, weil von diesen die zuverlässigsten Mitteilungen vorliegen. Die Pilatusbahn wurde aber stets ausgeschieden, weil ihre ganzen Betriebsverhältnisse zu eigenartig sind. (Hieraus ist es zu erklären, wenn Durchschnittswerte, die im folgenden für die Schweizer Bergbahnen berechnet worden sind, von anderwärts mitgeteilten Zahlenangaben abweichen.)

Bezüglich der Art und Weise, wie die folgenden Untersuchungen durchgeführt worden sind, sei bemerkt:

Da es sich hauptsächlich um Vergleiche von Betriebskosten handelt, so liegt es nahe mit der „virtuellen Länge“ zu arbeiten. Dies ist aber nicht geschehen, weil eine richtige Würdigung aller in Betracht kommenden Verhältnisse dabei zu schwierig, wenn nicht unmöglich ist. Es sind die Betriebskosten auch nicht auf eine bestimmte Einheitsgröße, etwa den Nutzkilometer oder dergl., bezogen worden, obwohl dies in den meisten Abhandlungen über Betriebskosten geschehen ist; denn ein derartiger Rechnungsgang würde zu großen Umständlichkeiten führen, da man die verschiedene Verkehrsstärke und die Steigungen berücksichtigen muß.

Es sind vielmehr, um den Rechnungsgang so einfach und klar wie möglich zu halten und um bestimmte Zahlenwerte zu erhalten, die von der Betriebsweise abhängigen Betriebskosten in ihre einzelnen Teile aufgelöst und diese jeder für sich berechnet worden.

Während der Bearbeitung ist es immer klarer hervorgetreten, daß es nicht zweckmäßig ist, umfangreiche Buchstabenrechnungen und Formeln aufzustellen. Formeln haben ja allerdings das Bestechende an sich, daß sie für die Anwendung bei Einzelentwürfen recht bequem sind oder — richtiger — bequem zu sein scheinen. Sie haben aber zwei Nachteile: Zunächst liegt die Gefahr vor, daß sie ohne Kritik übernommen werden und daß dann durch das Einsetzen nicht passender Zahlenwerte grobe Unrichtigkeiten und große Enttäuschungen entstehen. Sodann sind Formeln für tüchtige Ingenieure ziemlich wertlos, denn diese sind Formeln meist schon recht abhold, werden sie aber noch besonders bei diesem noch so wenig bearbeiteten Gebiete möglichst vermeiden.

Es erscheint daher zweckmäßiger, unter ständiger Angabe aller zu beachtenden Umstände Zahlenrechnungen aufzustellen und vollständig durchzuführen. Dies hat noch den Vorteil, daß der Rechnungsgang immer klar und durchsichtig bleibt und daß sich keine Unmöglichkeiten einschleichen

können, was bei Buchstabenrechnungen leicht geschehen kann. Sodann wird es dem Lesenden leicht sein, von den hier behandelten bestimmten Fällen, auf den Fall zu schließen, den er gerade zu bearbeiten hat.

Der Gedankengang der Untersuchungen ist folgender:

Zunächst werden im Abschnitt A die einzelnen Werte ermittelt, durch die die Betriebskosten sowohl bei Reibungsbahnen als auch bei Bahnen gemischten Systems bestimmt werden, wobei die Widerstände, die baulichen Anlagen, die Betriebsmittel und die Zugförderungskosten untersucht werden.

Im Abschnitt B wird unter Annahme bestimmter Verkehrsgrößen untersucht, von welcher Steigung an eine Reibungsbahn anfängt wirtschaftlich ungünstiger zu werden als eine Bahn, die auf ganze Länge mit Zahnstange ausgerüstet ist, aber mit Lokomotiven gemischten Antriebs betrieben wird — man könnte sie als Bahnen gemischten Systems bezeichnen, bei denen die Reibungsstrecke unendlich klein geworden ist. Derartige Bahnen sind bisher nicht ausgeführt; die Untersuchungen waren aber doch nötig, da sie den Schlüssel zu den späteren Erörterungen enthalten.

Im Abschnitt C werden die Betriebskosten der eben gekennzeichneten Bahnen verglichen mit denen künstlich verlängerter Reibungsbahnen unter der Annahme von Steigungen, die etwas höher liegen als die im vorhergehenden Abschnitt gefundenen wirtschaftlichen Grenzen.

Der Abschnitt D ist den eigentlichen Bahnen gemischten Systems gewidmet, also den Bahnen, bei denen Zahnstangen- und Reibungsstrecken abwechseln. Hierbei wird zunächst das zweckmäßigste Verhältnis zwischen Zahnstangen- und Reibungssteigung ermittelt, sodann wird ermittelt, welche Reibungssteigung am wirtschaftlichsten ist, wenn bei Bahnen gemischten Systems die Durchschnittssteigung gegeben ist. Daran schließen sich noch Erörterungen und vergleichende Betriebskostenberechnungen von Bahnen gemischten Systems, Reibungsbahnen, künstlich verlängerten Reibungsbahnen und Bahnen, die auf ganze Länge mit Zahnstange ausgerüstet sind.

Für die folgenden Abschnitte E und F und den „Anhang“ erübrigt sich eine Darstellung des Gedankenganges.

Die in der Abhandlung angeführten Zahlenwerte sind auf Grund der Statistik und der umfangreichen Literatur mit möglichster Sorgfalt ermittelt worden. Teilweise sind die Einzelangaben der verschiedenen Statistiken und Veröffentlichungen mitgeteilt worden, wobei stellenweise auch gezeigt wurde, wie wenig manchmal Angaben über die gleiche Sache übereinstimmen. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich davor gewarnt, Zahlenangaben der Statistiken und besonders von Einzelveröffentlichungen ohne scharfe Kritik zu übernehmen, denn die Grundlagen nach denen gerechnet wird, sind in den verschiedenen Ländern und bei den verschiedenen Verwaltungen nicht übereinstimmend; dann sind auch manche Angaben nicht objektiv genug, da die Bearbeiter oft ihr eigenes Werk oder das ihrer Landsleute nicht tadeln wollen. Wo sich bestimmte Zahlenwerte nicht ermitteln ließen, sind sie so geschätzt, daß sie für die Zahnstange ungünstig sind.

Die in den Abschnitten B, C und D und im Anhang ermittelten Zahlengrößen, insbesondere die berechneten Werte für die Betriebsausgaben, sind natürlich nur richtig für die

im Abschnitt A gefundenen Einzelwerte. Da diese aber je nach der Bedeutung der Bahn, dem Verkehr, den wirtschaftlichen Verhältnissen des Landes usw. Schwankungen unterworfen sind, so dürfen auch die zahlenmäßigen Ergebnisse der Abschnitte B, C und D und des Anhangs nicht ohne eingehende Prüfung bei der Bearbeitung jeder beliebigen Linie eingesetzt werden.

Es sei ausdrücklich betont, daß es bei der ganzen Abhandlung nicht auf die Ermittlung bestimmter Zahlenwerte, sondern darauf ankommt, den Weg zu zeigen, wie man vorzugehen hat, um zuverlässige Werte für die Beurteilung der wirtschaftlichen Verhältnisse zu erhalten.

Bei unsern Betrachtungen gehen wir vom Betrieb mit Dampflokomotiven aus, als der zur Zeit immer noch wichtigsten Betriebsweise, und behandeln in einem Anhang die besonderen Betriebsarten, besonders die Anwendung des elektrischen Betriebes.

Bezüglich des Dampfbetriebes sei noch vorab bemerkt:

Bei reinen Zahnstangenbahnen, Bergbahnen, befindet sich die Lokomotive, hauptsächlich aus Gründen der Sicherheit, stets am unteren Ende des Zuges. Auch bei Bahnen mit gemischtem Betrieb ist dies teilweise der Fall, so vor allem auf der Harzbahn. Dies hat aber folgende Nachteile:

Die Übersicht über die Strecke ist für das Lokomotivpersonal sehr erschwert.

Die Geschwindigkeit kann aus Gründen der Sicherheit nur gering sein, sie darf z. B. in Deutschland nach der „Bahnordnung“ nur 15 km/St. betragen, was für die Zahnstrecken zwar bedeutungslos ist, aber doch Zeitverluste verursachen kann, wenn Zahn- und Reibungsstrecken häufig wechseln.

Es kann dadurch eine Personalvermehrung eintreten, weil ein Mann an der Spitze des Zuges notwendig wird.

Die Entgleisungsgefahr ist größer, weil die Wagen keine Bahnräume haben und weil leichte Wagen hochgehoben werden können.

Das Umsetzen der Lokomotive am Ende der Zahnstrecken und an den Scheitel- und Tiefpunkten<sup>3)</sup> verursacht Kosten durch den Zeitverlust und das notwendige Rücklaufgleis.

Die Lokomotiven werden nicht so gut ausgenutzt.

Diesen Nachteilen steht als Vorteil nur die größere Sicherheit bei Zugtrennungen gegenüber. Tatsächlich sind aber Zugtrennungen auf freier Strecke äußerst selten, und es läßt sich denselben auch durch genügend starke Zughaken selbst in Steilrampen entgegenwirken. Dies ist immer möglich bei Schmalspurbahnen, denn deren Betriebsmittel können ganz den eigenartigen Anforderungen des Betriebes entsprechend gebaut werden. Aber auch bei den gewöhnlichen normalspurigen Wagen der Hauptbahnen kann der Zughaken bis zu 10 000 kg und ausnahmsweise sogar bis 12 000 kg belastet werden, was für Bahnen gemischten Systems in den meisten Fällen genügt. — Auf dem Flachland- und Hügelland-Reibungsbahnen entwickeln eine  $\frac{5}{3}$  gekuppelte oder zwei  $\frac{3}{3}$

3) Liegt an dem Scheitel- oder Tiefpunkt eine Station, so kann es zweckmäßig sein, diese in Kopfform (also mit Spitzkehre) anzulegen, um dadurch das Umsetzen der Lokomotive zu vermeiden.

gekuppelte Lokomotiven Zugkräfte bis zu 12 000 kg, von denen, wenn die Lokomotiven selbst 2000 kg für sich verbrauchen, auch 10 000 kg auf den Zughaken kommen.

Allerdings muß, wenn sich die Lokomotive in den Steilrampen nicht am untern Ende des Zuges befindet, der letzte Wagen gegebenenfalls eine Zahnradbremse haben.

Bei Betrachtung des Betriebes von Reibungsbahnen ist von der Doppelbespannung der Züge abgesehen worden, da diese unsicher und unwirtschaftlich ist. Allerdings werden ja auf manchen Strecken die Züge zeitweise oder ständig mit zwei Maschinen gefahren; dies ist aber daraus zu erklären, daß größere Bahnnetze versuchen müssen, mit wenigen Lokomotivarten auszukommen und die Züge immer in möglichst gleicher Stärke zu fahren. Daß aber manchmal die Doppelspannung nur wegen verfehlter Linienführung der Bahn notwendig geworden ist, zeigen die Untersuchungen in E. T. d. G. Linienführung S. 30 ff.

#### Quellennachweis

(mit den gebrauchten Abkürzungen).

- Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. — E. T. d. G. (besonders die Abschnitte „Lokomotiven“, „Linienführung“ und „Oberbau“.  
Handbuch der Ingenieurwissenschaften. — H. d. Ing. W. Fünfter Band, zweite und achte Abteilung.  
Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik. Fünfter Band. 1878.  
Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens. — Rölls Enzyklopädie.  
Vorlesungen über Eisenbahnbau an der Technischen Hochschule zu Berlin. Von Professor Goering.  
Ledig u. Ulbricht, Die schmalspurigen Staatseisenbahnen in Sachsen.  
Zezula, Im Bereiche der Schmalspur.  
Haarmann, Die Kleinbahnen.  
Schneider, Erfahrungen im Bau und Betrieb von Zahnradbahnen. — Schneider, B. u. B.  
25 Betriebsjahre der Halberstadt—Blankenburger Eisenbahn.  
Zschokke, Die Anwendung des Zahnschienensystems auf die Gotthardbahn.

Von den hierunter angegebenen Zeitschriften wurden die im Text näher bezeichneten Jahrgänge benutzt:

- Organ für die Fortschritte im Eisenbahnwesen. — Organ.  
Schweizerische Bauzeitung. — Schw. Bauz.  
Annalen für Gewerbe und Bauwesen. — Glasers Annalen.  
Zeitschrift für Kleinbahnen. — Z. f. Kl.  
Zeitschrift für das gesamte Lokal- und Straßenbahnwesen.  
Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. — Z. d. V. Deutscher Ing.

Außerdem wurden zahlreiche Statistiken benutzt, so besonders:  
Statistik der Eisenbahnen Deutschlands.  
Statistik der schmalspurigen Eisenbahnen.  
Betriebsergebnisse der preußischen und hessischen Staatseisenbahnverwaltung.  
Geschäftsbericht der Gotthardbahn.

#### Abkürzungen.

Außer den allgemein üblichen und verständlichen Abkürzungen sind besonders folgende Buchstaben angewendet worden:

- S* Steigung in vT.  
*s* Spurweite.  
*w* Widerstand.  
*w<sub>r</sub>* „ in Krümmungen.  
*w<sub>s</sub>* „ „ Steigungen.  
*w<sub>g</sub>* „ „ von Wagen.  
*w<sub>l</sub>* „ „ Lokomotiven.  
*L* Lokomotivgewicht.  
*Q* Wagengewicht.  
*Z* Zugkraft.  
*μ* Verhältnis zwischen der Zugkraft und dem (mittleren) Lokomotivgewicht.  
*r* } als Index { Zahnrad =, Zahnstange =,  
          }            { Reibung =.

**A. Untersuchung der einzelnen Werte, durch die die Betriebskosten bestimmt werden.**

**1. Widerstände.**

Der in Kilogramm für die Tonne, also in vT. auszudrückende Bewegungswiderstand der Eisenbahnfahrzeuge setzt sich zusammen aus dem in der geraden, wagerechten Bahn, in Krümmungen und Steigungen.

Der Widerstand in einer Steigung von  $S$  (vT.) wird mit genügender Genauigkeit durch die Tangente des Neigungswinkels ausgedrückt, nur bei sehr starken Steigungen, etwa von 150 vT. an, die aber hier kaum in Frage kommen, wird richtiger mit dem Sinus des Winkels gerechnet. Der Steigungswiderstand wird bei einer Steigung von

50 vT. . . . .	50 kg/t
100 „ . . . . .	99,5 „
150 „ . . . . .	148 „
200 „ . . . . .	196 „
250 „ . . . . .	242 „

Der Widerstand in Krümmungen wird nach den in der „Hütte“ angegebenen Formeln berechnet:

bei der Spurweite:  $s = 1,435 \text{ m}$   $w_r = \frac{500}{R - 30}$   
 $s = 1,000 \text{ m}$   $w_r = \frac{400}{R - 20}$   
 $s = 0,750 \text{ m}$   $w_r = \frac{350}{R - 10}$

Der Widerstand in der geraden, wagerechten Bahn ist für Wagen und Lokomotiven getrennt zu ermitteln.

Der Widerstand der Wagen beträgt nach der „Hütte“ bei den verschiedenen Spurweiten:

$s = 1,435$   $w_g = 1,5 + 0,001 V^2$  ( $V = \text{km/St.}$ )  
 $s = 1,000$   $w_g = 1,7 + 0,0013 V^2$   
 $s = 0,750$   $w_g = 2,0 + 0,0015 V^2$

Frank kommt im Organ 1899 S. 146ff. für die Spurweite von 1,435 m allerdings auf den Ausdruck:  $w_g = 2,5 + 0,00052 V^2$ . Hierin erscheint das erste Glied aber doch etwas hoch, denn tatsächlich kommen gut laufende Wagen schon bei einer Neigung von 2,5 vT. = 1:400 ins Rollen. Da nun für die anderen Spurweiten neuere den Frankschen ähnliche Versuche fehlen, soll mit obigen Werten der „Hütte“ gerechnet werden. — Ein kleiner Fehler ist auch ganz ohne Belang, da der Steigungswiderstand bedeutend überwiegt.

Der Widerstand der Lokomotiven beträgt nach der „Hütte“ für  $s = 1,435 \text{ m}$ :  $w_l = 4\sqrt{a} + 0,002 V^2$ , worin  $a$  die Anzahl der Triebachsen bedeutet. Diese Formel ergibt für große Geschwindigkeiten zu hohe Werte; es muß also das zweite Glied zu groß sein. Auch gegen das erste Glied erheben sich neuerdings Einwände, da durch neuere Versuche festgestellt ist, daß der Widerstand geringer ist, als die Formel angibt. Dies ist ja auch sehr erklärlich, denn die Fortschritte im Bau der Lokomotiven, besonders der Triebwerke — Gegengewichte usw. — müssen den Eigenwiderstand verringert haben.<sup>4)</sup>

Frank stellt nach seinen Versuchen den von der Geschwindigkeit nicht abhängigen Teil zu 3,2 für Lokomotiven

4) Demgemäß ist in der 18. Aufl. der Hütte von 1902 die Formel auf Grund der Frankschen Ermittlungen eingeschaltet (S. 454).

mit zwei und zu 3,9 (3,8) für solche mit drei Triebachsen fest, dem die Werte  $4\sqrt{2} = 5,66$  und  $4\sqrt{3} = 6,94$  gegenüberstehen. Nun rechnet Frank aber den Tender in das Lokomotivgewicht mit ein, während sich dieser doch hinsichtlich des Widerstandes wie ein Wagen verhält. Um an der richtig gebauten und sehr bequemen Formel  $w_l = b\sqrt{a}$  festhalten zu können, soll diese in Übereinstimmung mit den Frankschen Versuchen gebracht werden. Von dem Gesamtgewicht von Lokomotive und Tender entfällt bei den von vielen Verwaltungen benutzten Maschinen auf den Tender rund 40 vH. Bei dem Wagenwiderstand von 1,5 vT. ergibt sich dann bei zwei Triebachsen:

$$w_l = \frac{3,2 \cdot 100 - 1,5 \cdot 40}{60} = 4,33 \text{ vT.}$$

bei drei Triebachsen

$$w_l = \frac{3,9 \cdot 100 - 1,5 \cdot 40}{60} = 5,5 \text{ vT.}$$

Hieraus folgt  $b = \frac{4,33}{\sqrt{2}} = 3,06$  und  $b = \frac{5,5}{\sqrt{3}} = 3,17$ . Man

wird also genügend genau rechnen, wenn man  $w_l = 3\sqrt{a}$  setzt.<sup>5)</sup>

Jetzt ist noch der von der Geschwindigkeit abhängige Teil des Widerstandes zu ermitteln, der früher meist zu  $0,002 V^2$  (bei  $s = 1,435 \text{ m}$ ) angenommen wurde.

Frank berechnet diesen für die ganze Lokomotive (also nicht für 1 t) zu  $0,087 V^2$ . Er rechnet dabei für die Lokomotive mit einer Fläche von 8 qm und für den Packwagen, den er hier miteinbezieht, mit 1,2 qm. Dies ergibt für die Lokomotive allein  $\frac{8,00}{8,00 + 1,20} \cdot 0,087 V^2 = 0,0775 V^2$ . Bei den Frankschen Versuchen betrug das Lokomotivgewicht rund 42, das Tendergewicht 28 t; man erhält also für 1 t:

$$\frac{0,0775}{42 + 28} V^2 = 0,0011 V^2$$

Dieser Wert ist aber zu niedrig, weil der Tender viel weniger Fläche bietet als die Lokomotive. Man wird ungefähr richtig gehen, wenn man zwischen diesem und dem Wert der früheren Formel —  $0,002 V^2$  — die Mitte, also für  $s = 1,435 \text{ m}$   $0,0015 V^2$  wählt. Für  $s = 1,000$  und  $s = 0,750 \text{ m}$  wird man entsprechend  $0,002$  und  $0,0025 V^2$  einsetzen dürfen und erhält damit die folgenden Formeln für Reibungslokomotiven:

$s = 1,435 \text{ m}$   $w_l = 3\sqrt{a} + 0,0015 V^2$   
 $s = 1,000 \text{ m}$   $w_l = 3\sqrt{a} + 0,002 V^2$   
 $s = 0,750 \text{ m}$   $w_l = 3\sqrt{a} + 0,0025 V^2$

Die Ansichten über den Eigenwiderstand der Zahnradlokomotiven gehen ziemlich weit auseinander. Die Angaben in den Lehrbüchern und den Veröffentlichungen beruhen vielfach auf verschiedener Grundlage, so rechnen z. B. die Schweizer häufig den Krümmungswiderstand mit ein. Versuche sind an und für sich wenige angestellt worden, und die Berichte darüber sind wenig wissenschaftlich und ziemlich ungenau.

Der Widerstand reiner Zahnradlokomotiven für Bergbahnen ist verhältnismäßig groß, da diese Maschinen mit einer Übersetzung — Vorgelege oder Hebel — arbeiten müssen

5) Setzt man nach Frank den Wagenwiderstand = 2,5 vT., so wird  $b = 2,82$  bzw. 2,98.

und der dadurch entstehende Arbeitsverlust als Widerstand in die Rechnung einzuführen ist. In der Regel nimmt man 24 vT. an. Mit diesem Wert soll auch gerechnet werden; eine genaue Untersuchung über seine Richtigkeit erscheint wenig angebracht, da bei den starken Steigungen der Bergbahnen der Eigenwiderstand nur einen geringen Bruchteil des Gesamtwiderstandes ausmacht und da in dieser Abhandlung die Verhältnisse der Zahnstangen-Bergbahnen nur gelegentlich zur Klarstellung derjenigen der Bahnen mit gemischtem Betrieb berührt zu werden brauchen. — Unter Annahme von 24 vT. für den Lokomotiv- und von 2 vT. für den Wagenwiderstand, wird der Zugwiderstand auf Bergbahnen, da sich die Gewichte der Lokomotiven zu denen der Wagen durchschnittlich wie 17:12<sup>6)</sup> verhalten:  $\frac{17 \cdot 24 + 12 \cdot 2}{17 + 12} = 15$  vT.

Der Widerstand der Lokomotiven mit gemischtem Antrieb — Zahn- und Reibungs-Triebräder — wird in den Arbeiten von Schweizern häufig mit 8 bis 12 vT. angegeben; diese Zahlen werden aber nicht begründet.

Für die Lokomotiven der Harzbahn setzt Schneider (B. u. B. d. Z.) auf Grund von Versuchen  $w_l = 10$  vT. einschließlich des Krümmungswiderstandes. Dieselbe Zahl findet sich im Organ 1887 S. 189.

Brückmann schlägt in der Z. d. V. D. Ing. 1898 vor, bei gemischten Lokomotiven  $w_l = 16$  bis 18 vT. anzunehmen.

Strub hat nach Schw. Bauz. Bd. 25 S. 896ff. auf Grund von Versuchen  $w_l = 24$  vT. und  $w_g = 6$  vT. in den Zahnstrecken ermittelt. Diese Zahlen müssen aber mit Vorsicht aufgenommen werden; denn bei den von Strub angestellten Versuchen hat sich der Zugwiderstand in den Reibungsstrecken der Berner Oberlandbahnen zu 6 vT. ergeben. Mit Anwendung der früher ermittelten Formeln erhält man aber einen viel niedrigeren Wert. Es beträgt nämlich:

$L = 28,5$  t,  $a = 3$ ,  $Q = 90$  t,  $V = 25$  km/St.,  $s = 1,00$  m; dies ergibt:

$$\frac{(1,7 + 0,0013 V^2) 90 + (3\sqrt{3} + 0,002 V^2) \cdot 28,5}{90 + 28,5} = 3,7 \text{ vT.}$$

Es wird wohl richtig sein, den obigen Wert von 24 vT. mit  $\frac{3,7}{6,0}$  zu multiplizieren, was  $w_l = 14,8$  vT. ergibt.

Die bisher gefundenen Werte für den Widerstand gemischter Lokomotiven schwanken von 8 bis 18 vT. Hieraus einfach das Mittel zu nehmen, erscheint wenig zuverlässig. Richtiger wird überhaupt sein, bei gemischten Lokomotiven zunächst den Widerstand der Reibungsmaschine zu bestimmen und dann einen Zuschlag für die Zahnradmaschine zu machen.

Goering gibt in seinen Vorlesungen bei einem Beispiel für ein Lokomotivgewicht von 56 t schätzungsweise einen Zuschlag  $\Delta w_x = 130$  kg für den Reibungswiderstand der Zahnräder in der Zahnstange. In Tausendstel ausgedrückt, wird dies  $\frac{130}{56} = 2,32$  vT.

Abt nimmt im H. d. Ing. W. V 8 S. 37 ohne nähere Begründung als zusätzlichen Widerstand 2 vH. der Gesamtzugkraft an. Diese beträgt bei den neueren Lokomotiven,

6) Ermittelt nach den Verhältnissen der Bergbahnen der Schweiz.

wie später noch gezeigt wird, durchschnittlich das Doppelte der Zugkraft einer Reibungslokomotive, und da  $Z_r = 0,15L$  ist, so ist  $Z_r + Z_x = 0,3L$  und damit der zusätzliche Widerstand 2 vH.  $\cdot 0,3 = 6$  vT. 7)

Dieser Wert ist jedoch zu hoch; der Widerstand mit 2 vH. ist zu hoch angenommen, was sich aus folgendem ergibt. Es ist  $W = \frac{Z_x \cdot f \cdot t}{2R}$  der Widerstand des Triebrades in der Zahnstange, wenn bedeutet:  $Z_x$  die Zahnrad-Zugkraft =  $0,15L$ ,  $f$  den Reibungskoeffizienten =  $\frac{1}{10}$ ,  $t$  die Teilung im Teilkreis = 120 mm und  $R$  den Teilkreisdurchmesser. Dieser schwankt bei den neueren Bauarten von 570 bis 688 mm. Wählt man als durchschnittliches Maß 620 mm, so erhält man  $W = \frac{0,15 \cdot 120}{2 \cdot 10 \cdot 620} = 1,45$  vT. Bedenkt man, daß dieser

Wert zu niedrig ist, weil meist zwei Triebzahnäder angeordnet werden und sich durch deren Kupplung der Widerstand erhöht, und daß der von Abt angegebene Wert zu hoch ist, so kommt man in ziemliche Übereinstimmung mit der Angabe Goerings, wenn man den zusätzlichen Widerstand = 3 vT. setzt. Man erhält dann

bei 2 Triebachsen der Reibungslokom.  $w_l = 3\sqrt{2} + 3 = 7,3$  vT.  
 „ 3 „ „ „  $w_l = 3\sqrt{3} + 3 = 8,2$  „  
 „ 4 „ „ „  $w_l = 3\sqrt{4} + 3 = 9,0$  „

Wenn diese Werte niedriger erscheinen, als häufig angegeben wird, so ist nicht zu vergessen, daß zunächst der Widerstand für die Reibungslokomotive um  $\frac{1}{4}$  niedriger angesetzt ist, als in den bisher gebräuchlichen Formeln. Ferner beziehen sich die Angaben über Zahnradlokomotiven häufig auf ältere Maschinen ungünstiger Bauart — Lokomotiven mit Übersetzung, mit Zahnrädern, die auf den Reibungsachsen festsitzen, mit fester Verbindung zwischen Reibungs- und Zahnrädern.

Es kann der Einwand gemacht werden, daß es nicht zulässig ist, den zusätzlichen Widerstand in Tausendstel des Lokomotivgewichtes auszudrücken, denn die Zugkraft der Zahnradlokomotive ist vom Gewicht nicht abhängig. Wenn dies auch — innerhalb gewisser Grenzen — richtig ist, so hat sich doch besonders bei Lokomotiven für Steigungen bis 70 (oder 80) vT. ein gewisses festes Verhältnis zwischen Zugkraft und Lokomotivgewicht als günstig herausgestellt, und man ist daher auch berechtigt, den Widerstand in Tausendstel des Gewichtes auszudrücken, zumal diese Art der Rechnung äußerst bequem ist.

Erscheint es bei bestimmten Ermittlungen angezeigt, den Widerstand der Zahnradmaschine als einen Bruchteil der Zugkraft einzusetzen, so wird man etwa 2 vH. der Zahnradzugkraft anzunehmen haben.

## 2. Die baulichen Anlagen.

Vorbemerkung. Bei der Untersuchung der baulichen Anlagen von Reibungs- und Zahnstangenbahnen ist es notwendig, von gewissen Vorzügen der Bahnen mit gemischtem Betriebe vorläufig abzusehen, um die Vergleiche auf gleicher Grundlage aufbauen zu können. So können gemischte

7) Bei Lokomotiven mit Laufachsen ist, wie später noch gezeigt wird,  $Z_r + Z_x = 0,24L$  zu setzen. Dann würde  $w_l = 2 \text{ vH.} \cdot 0,24 = 4,8$  vT.

Bahnen dem Gelände besser angeschmiegt werden als Reibungsbahnen, weil man in der Wahl der Steigungen und besonders der Verteilung der Steigungen auf die einzelnen Streckenabschnitte ziemlich freie Hand hat. Aus demselben Grunde können gemischte Bahnen sich den Ortschaften oft mehr nähern und daher einen größeren Verkehr ansaugen. Ferner wird es oft möglich sein, größere Höhen zu ersteigen und dadurch Scheiteltunnel abzukürzen. Reibungsbahnen erfordern außerdem häufig künstliche Längenentwicklungen, die meist im Bau und Betrieb recht teuer sind.

Auf alle diese Unterschiede soll erst später eingegangen werden. Zunächst soll nur untersucht werden, wie bei Bahnen, die unter vollkommen gleichen Verhältnissen angelegt werden, sich die Kosten der baulichen Anlagen stellen, je nachdem ob die Bahn mit oder ohne Zahnstange ausgeführt wird.

Die **Baukosten der Eisenbahnen** sind je nach dem Gelände, den Grundstückwerten, der Spurweite, den Krümmungen, der Zahl der Gleise sehr verschieden.

So betragen die Kosten für 1 km Länge von Hauptbahnen:

in Preußen . . . . .	260 000	ℳ
„ Deutschland . . . . .	253 000	„
„ Österreich . . . . .	242 000	„
„ Frankreich . . . . .	341 000	„

Die Kosten für Gebirgsbahnen, die hier vor allem in Vergleich zu ziehen sind, betragen:

bei der Semmeringbahn . . . . .	1020 000	ℳ
Gotthardbahn . . . . .	813 000	„
Arlbergbahn . . . . .	476 000	„
Brennerbahn . . . . .	400 000	„

Die Kosten von Schmalspurbahnen betragen:

bei den Sächsischen Staatsbahnen . . . . .	82 568	ℳ
„ der Bröhlalbahn . . . . .	45 737	„
„ den Württemberg. Staatsbahnen . . . . .	43 224	„

Die Kosten von Zahnstangen-Bergbahnen belaufen sich auf:

Vitznau-Rigi . . . . .	332 000	ℳ	} Spurweite 1,435 m
Arth-Rigi . . . . .	330 000	„	
Schynige Platte . . . . .	319 000	„	
Wengernalpbahn . . . . .	180 000	„	} Spurweite 0,800 m
Monte Generoso . . . . .	172 000	„	
Brienzer Rothorn . . . . .	193 000	„	
Glion-Naye . . . . .	222 000	„	

Bei Bahnen mit gemischtem Betrieb stellen sich die Baukosten auf:

Eisenerz-Vordernberg 476 000 ℳ	} Spurweite 1,435 m
Höllentalbahn . . . . . 250 000 „	
Harzbahn . . . . . 148 000 „	
Brünigbahn . . . . . 124 000 „	} Spurweite 1,000 m
Visp-Zermatt . . . . . 125 000 „	
Berner-Oberland-Bahn 112 000 „	
Sarajevo-Konjica . . . . . 96 800 „	Spurweite 0,760 m

Zu einem Vergleich sind diese Zahlen unmittelbar nicht geeignet, da die Kosten bei den einzelnen Bahnen nach verschiedenen Grundsätzen berechnet sind.<sup>8)</sup> Aber selbst wenn

8) Insbesondere ist zu beachten, daß einzelne Linien zweigleisig sind.

es möglich wäre, die Zahlen nach einheitlichen Gesichtspunkten zu ermitteln, so würde dies doch nur einen sehr zweifelhaften Wert haben; denn die Kosten schwanken innerhalb derselben Bahngattung in so weiten Grenzen, daß es unzulässig ist, aus den verschiedenen Angaben Durchschnittswerte zu berechnen und auf diesen Vergleiche aufzubauen. Dagegen ist es sehr wohl möglich, wenn irgend wo eine Bahn gebaut werden soll, aus der Länge der Linie, der Art des Geländes, der Stärke des Verkehrs usw. zunächst den Charakter der Bahn — größten Raddruck, Spurweite, Halbmesser, Zuggeschwindigkeit — zu bestimmen und dann nach den Ergebnissen ähnlicher und in ähnlichem Gelände ausgeführter Bahnen die Baukosten zu überschlagen. Hierzu muß aber ermittelt werden, in welcher Weise die Kosten für die **Einzelanlagen** der Reibungsbahnen von denen der Zahnstangenbahnen abweichen. Es wird dabei die Voraussetzung gemacht, daß die Bahnen eingleisig sind — bisher sind Zahnstangenbahnen oder Bahnen mit gemischtem Betrieb mit zwei Gleisen auch noch nicht ausgeführt worden.

Für die Baukosten sind zunächst die **Krümmungshalbmesser** wichtig, da der Unterbau um so teurer wird, je größer die Halbmesser sind. Es wird vielfach behauptet, daß der Kleinstwert der Halbmesser von der Spurweite abhängig sei. Dies ist aber nur beschränkt richtig; maßgebend ist vor allem die Bauart der Betriebsmittel. Man kann z. B. bei Drehgestellwagen bei der Spurweite von 1,435 m bis auf  $H=30$  m und noch weniger herabgehen, wie dies Güterbahnhöfe und Stadtbahnen in Amerika und viele Straßenbahnen in Deutschland beweisen. Dagegen wird man sich bei einer Spurweite von 0,750 m vor gleich kleinen Halbmessern hüten, wenn dreiachsige Wagen verkehren sollen. Wenn nun aber doch die Bahnen mit schmaler Spur kleinere Halbmesser aufweisen, so ist — wenigstens bei sorgfältig tracierten Bahnen — doch nicht das eine die Folge vom andern, sondern es hat sich beides zugleich aus der Verkehrsgröße, dem Gelände, der wünschenswerten Geschwindigkeit usw. ergeben. Allgemein kann man wohl sagen, daß man bei Vollspur auf dem europäischen Festland oft unnützlich große Halbmesser anwendet<sup>9)</sup>, und daß man bei Schmalspur sehr häufig zu kleine Halbmesser angewendet hat.

Haarmann (die Kleinbahnen) empfiehlt folgende Kleinstwerte:

bei $s=1,435$ m	150 m,	wenn Hauptbahnwagen übergehen,
„ „ 1,435 „	100 „	„ „ nicht „
„ „ 1,000 „	60 „	
„ „ 0,750 „	40 „	
„ „ 0,600 „	30 „	

Die Werte von 30 und 40 m erscheinen, so berechtigt sie auch innerhalb von Städten sind, für die freie Strecke doch etwas niedrig. Hier wird man bei einer Spurweite von 700—800 mm, wenn nicht ganz zwingende Gründe entgegenstehen, nicht unter das bei den sächsischen Schmalspurbahnen angewendete Kleinstmaß von 50 m herunter-

9) Bei Hauptbahnen macht man sich jetzt — wenigstens innerhalb der Nebengleise — von dem bisherigen Kleinstwert  $H=180$  m frei. — Bei den Weichen 1:7 ist  $H=140$  m.

gehen<sup>10)</sup>. Bei Vollspur wird man unbedenklich die gesetzlich gestatteten Kleinstwerte anwenden, sobald das Gelände dies notwendig erscheinen läßt.

Es ist nun zu untersuchen, ob bei Zahnstangenbahnen größere Halbmesser als bei gleichartigen Reibungsbahnen notwendig sind. Die kleinsten Halbmesser betragen bei den verschiedenen Spurweiten:

Spurweite 1,435 m.

Bezeichnung der Bahn	$H_{\min}$	
	Reibungsstrecke	Zahnstrecke
Harzbahn . . . . .	180 m	200 m
Lehesten . . . . .	150 "	150 "
Eisenerz . . . . .	150 "	180 "
Vitznau—Rigi . . . . .	—	120 "
Arth—Rigi . . . . .	—	120 "
Schneeberg . . . . .	—	80 "

Spurweite 1,000 m.

Bezeichnung der Bahn	$H_{\min}$	
	Reibungsstrecke	Zahnstrecke
Visp—Zermatt . . . . .	80 m	100 m
Mt. Salève . . . . .	—	35 "
Schaffberg . . . . .	—	100 "
Brünig . . . . .	150 m	150 "
Beirut . . . . .	100 "	120 "
Berner Oberland . . . . .	100 "	120 "
Appenzell . . . . .	30 "	30 "

Spurweite 0,800 m und weniger.

Bezeichnung der Bahn	$H_{\min}$	
	Reibungsstrecke	Zahnstrecke
Örtelsbruch . . . . .	35 m	100 m
Bosnien . . . . .	125 "	125 "
Schynige Platte . . . . .	—	60 "
Wengernalp . . . . .	—	60 "
Generoso . . . . .	—	60 "
Rothorn . . . . .	—	60 "
Glion—Naye . . . . .	—	80 "

Bei Bahnen mit gemischtem Betrieb ist nach diesen Zusammenstellungen der kleinste Halbmesser der Zahnstrecken gleich dem oder etwas größer als der der Reibungsstrecke. Die Bergbahnen zeigen Halbmesser bis herab zu 35 m; und bei den Appenzeller Straßenbahnen ist  $H_{\min}$  sogar nur 30 m.

Daraus kann man den Schluß ziehen, daß in Zahnstrecken dieselben Halbmesser angewendet werden können wie in Reibungsstrecken. Tatsächlich findet sich auch weder in der Zahnstange noch in den Betriebsmitteln irgend etwas, was eine Vergrößerung der Halbmesser erfordert.

Soweit die Baukosten von den Krümmungshalbmessern abhängig sind, sind sie also bei Reibungs- und Zahnstangenbahnen voneinander nicht verschieden.

Ebenso wie in Reibungs- wird auch in Zahnstrecken in Krümmungen die Steigung zweckmäßig um den Krümmungswiderstand ermäßigt. Auch hier besteht zwischen beiden Bahnarten kaum ein Unterschied, die Reibungsbahn steht in dieser Beziehung sogar etwas ungünstiger da, weil in

10) Bei den neueren Linien in Sachsen ist  $H_{\min}$  sogar meist 100 m und nicht unter 80 m.

Reibungsstrecken u. U. die Grenze der Zugkraft bei mangelnder Reibung (feuchten Schienen) ohnehin schon erreicht wird. Die Zahnradlokomotive kann dagegen — nötigenfalls unter Verlangsamung der Fahrt — immer noch den geringen zusätzlichen Widerstand der Krümmung überwinden.

Die Baukosten werden ferner durch die **Spurweite** stark beeinflusst, und es ist daher zu untersuchen, ob etwa bei Zahnstangenbahnen die untere Grenze der Spurweite höher liegt als bei Reibungsbahnen. Bei diesen geht man bekanntlich bis auf 750 und vereinzelt auch bis auf 600 mm herab. Die letztere Spur ist besonders dann vorteilhaft, wenn zahlreiche bewegliche Gleise angeschlossen werden müssen, was in der Land- und Forstwirtschaft, in Steinbrüchen, Ziegeleien usw. der Fall ist. Daß die 600 mm-Spur auch einen starken Verkehr bewältigen kann, ist durch die Ergebnisse der Festinoigbahn erwiesen. Man kann sich aber doch nicht dagegen verschließen, daß die Durchbildung der Betriebsmittel sehr schwierig und ungünstig und die Unterhaltung des Oberbaus sehr teuer ist.

Die Erfolge der Militärverwaltung mit Feldbahnen von 600 mm Spurweite beweisen hiergegen nichts, denn die Unterhaltungs- und Betriebskosten derartiger Bahnen sind erschreckend groß.

Es wird sich also empfehlen, nicht unter das erprobte Maß von 750 mm herabzugehen.

Die kleinste Spurweite von Zahnstangenbahnen beträgt 690 mm, sie ist angewendet auf der Bahn bei Örtelsbruch in Thüringen. Mit der Spur von 750 mm und der nur wenig größeren von 800 mm sind zahlreiche Zahnstangenbahnen angelegt, und es haben sich im Betriebe keine Nachteile herausgestellt. Wie klein man die Spurweite nehmen kann, zeigt auch die Pilatusbahn, bei der sie nur 800 mm beträgt, obwohl Zahnstange und Zahnräder liegend angeordnet wurden.

Demnach stehen Zahnstangen- und Reibungsbahnen hinsichtlich der Spurweite gleich günstig da. Welche Spurweite im einzelnen Fall zu wählen ist, ist für unsere Untersuchungen ohne Belang — wir wollen aber in der Folge nur mit 750, 1000 und 1435 mm rechnen.

Um die Baukosten niedrig halten zu können, legt man Bahnen untergeordneter Bedeutung häufig in Straßen. Bei der **Mitbenutzung von Straßen** ist es sowohl für den Straßen- als auch für den Bahnverkehr am zweckmäßigsten, wenn die Bahn einen besonderen, vom übrigen Straßenverkehr nicht zu benutzenden Streifen erhält. In diesem Fall wird der Bahnkörper am besten höher als die Straße gelegt, man bedarf dann keiner besonderen Oberbauform, sondern kann den gewöhnlichen Querschwellenoberbau anwenden; die Einlegung einer Zahnstange macht dann auch keine Schwierigkeiten.

Die Inanspruchnahme eines besonderen Streifens ist aber in Ortschaften meist ganz ausgeschlossen und überhaupt nur in verhältnismäßig breiten Straßen möglich. Muß der Bahnstreifen vom Straßenfahrwerk mitbenutzt werden, so wird bei Reibungsbahnen der Oberbau am zweckmäßigsten aus Schwellenschienen gebildet. Dies ist aber bei Zahnstangenbahnen kaum möglich, man muß vielmehr beim Querschwellenoberbau bleiben, und dieser ist, weil im Pflaster liegend, in Anlage und Unterhaltung sehr teuer. Es erscheint daher

richtiger, Zahnstangenbahnen nicht in Straßen zu legen, wenn dies auch an manchen Stellen ausgeführt worden ist<sup>11)</sup>; eine bedeutende Verringerung der Grunderwerbkosten läßt sich schon dadurch erzielen, daß man die Bahn zwar auf eigenem Gelände, aber unmittelbar neben der Straße erbaut. Bei schmalen Straßen ist dies übrigens vom betriebstechnischen Standpunkt auch bei Reibungsbahnen das einzig Richtige: von den sächsischen Schmalspurbahnen liegen nur 3,5 vH. in Straßen, dagegen weite Strecken dicht neben Straßen — und die wirtschaftlichen Gesichtspunkte sind bei diesen Bahnen doch in hervorragendem Maße berücksichtigt worden.

Handelt es sich also um die Lage in der Straße, so ist die Zahnstangenbahn der Reibungsbahn unterlegen, soll die Bahn dagegen dicht neben der Straße angelegt werden, so ist die Zahnstangen- der Reibungsbahn ebenbürtig, weil dieselben Halbmesser angewendet werden können, und ihr überlegen, weil sie auch einer sehr stark steigenden Straße folgen kann.

Den wirtschaftlichen Wert der Mitbenutzung von Straßen rechnungsmäßig zu verfolgen, hat keinen Wert, da die Kosten für Grunderwerb und die — nicht zu vergessenden — Ansprüche der Straßengewaltigen zu verschieden sind. — Die Kosten müssen vielmehr von Fall zu Fall ermittelt werden.

Sehr wesentlich werden die Baukosten von den Kosten für den Oberbau beeinflusst, da dieser bei den Hauptbahnen Deutschlands z. B. 22,5 vH., bei Nebenbahnen in ebenem Gelände bis zu 45 vH. und bei Nebenbahnen in schwierigem Gelände bis zu 35 vH. von den Gesamtanlagekosten beansprucht. Da nun Zahnstangen- und Reibungsbahnen hinsichtlich der Anlage, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten des Oberbaues wesentlich voneinander abweichen, muß hierauf genauer eingegangen werden.

Während der Oberbau der Zahnstangenbahnen meist sehr sorgfältig durchgebildet ist, läßt sich das von vielen Reibungs- besonders Schmalspurbahnen nicht behaupten. Es erscheint daher ausgeschlossen, mit Mittelwerten der Statistik zu rechnen, vielmehr wird es richtiger sein, wo erforderlich, bestimmte Zahlenwerte nur von den Bahnen zu entnehmen, deren Oberbau den Verkehrsansprüchen entsprechend richtig entworfen ist und richtig unterhalten wird.

Da, wie später noch gezeigt werden wird, bei gleichen Betriebserfordernissen der Raddruck der Lokomotiven bei Zahnstangenbahnen kleiner sein kann als bei Reibungsbahnen, von dem Raddruck aber die Stärke und damit der Preis des Oberbaues abhängt, so sollen diese Wechselbeziehungen zunächst klargestellt werden, wobei die Zahnstange selbst von den Untersuchungen vorläufig auszuschließen ist.

Um für die verschiedenen Raddrucke das Gewicht der Schiene zu ermitteln, rechnen wir mit der überschlägigen, aber für den vorliegenden Zweck recht brauchbaren Formel von Winkler:  $M = 0,1888 R \cdot a$ . Es ist:

$R$  der Raddruck in t (veränderlich).

$a$  der Schwellenabstand — 80 cm.

$g$  das Schienengewicht in kg/m.

$\sigma$  die Beanspruchung — 750 kg/qcm für ruhenden Druck.

11) Zahnstangen-Straßenbahnen in Städten bleiben hierbei außer Betracht, weil bei ihnen ein unbedingter Zwang, die Bahn in die Straße zu legen, besteht.

$W$  das Widerstandsmoment = 4,5  $g$ . — Dieser Wert ist aus E. T. d. G. Oberbau S. 170 Spalte 18 für Breitfußschienen ermittelt. —

Demnach ist:

$$M = 0,1888 R \cdot a = W \cdot \sigma = 4,5 \cdot g \cdot 750,$$

und es wird das Schienengewicht

$$g = \frac{0,1888 \cdot 80}{4,5 \cdot 750} R = 4,5 R.$$

Das Schienengewicht in kg ist also gleich dem 4,5fachen des Raddruckes in t zu setzen. Die den verschiedenen Raddrücken entsprechenden Werte sind in der weiter unten folgenden Zusammenstellung 1 eingetragen.

Von dem Schienengewicht kann man auf das Gewicht des ganzen Gestänges schließen: Nach E. T. d. G. Oberbau S. 240 bis 242 beträgt nämlich bei Eisenquerschwellengleisen<sup>12)</sup> das Schienengewicht durchschnittlich 45 vH. des Gesamtgewichtes<sup>13)</sup>, das Gewicht einer Schiene also 22,5 vH. Daher ist das in Spalte 3 der Zusammenstellung 1 eingetragene

$$\text{Gewicht des Gestänges} = g \frac{100}{22,5}.$$

Hieraus erhält man die Kosten des Gestänges durch Multiplikation mit dem Einheitspreis, der zur Zeit in Preußen rund 120  $\mathcal{M}$ /t beträgt (Spalte 4).

Die Kosten für den Transport, das Verlegen, die Bettung, die Unterhaltung während der Bauzeit sind naturgemäß sehr schwankend. Aus statistischen Angaben lassen sie sich nicht entnehmen, weil sie meist überhaupt nicht angegeben sind und, wenn dies doch ausnahmsweise der Fall ist, nach verschiedenen Grundsätzen berechnet sind. Beim Veranschlagen rechnet man 40 bis 75 vH. der Gestängekosten. Goering rechnet in Rölls Enzyklopädie S. 2516 — III<sup>a</sup> und III<sup>b</sup>:

Gestänge	22 500 $\mathcal{M}$	20 700 $\mathcal{M}$
Bettung usw.	8 500 „	8 500 „

was ergibt 38 vH. 41 vH. der Gestängekosten.

Recht ausführliche Angaben liegen von den sächsischen Schmalspurbahnen vor.<sup>14)</sup> Von den gesamten Oberbaukosten entfallen auf:

Schwellen	16 vH.
Schienen	38,6 „
Kleiseisenzeug	5,9 „
also auf das Gestänge	= 60,5 vH.
Bettung	19 vH.
Verlegen	20,5 „
zusammen	39,5 vH.

der Gesamtkosten, oder in Hundertsteln der Gestängekosten ausgedrückt:  $\frac{39,5 \cdot 100}{60,5} = 65$  vH.

Dieser Wert ist aber für Eisenquerschwellengleise zu hoch, weil die Gestängekosten bei den sächsischen Schmalspurbahnen durch die Verwendung billig zu beschaffender Holzschwellen herabgedrückt worden sind. Nehmen wir, um

12) Hölzerne Querschwellen kommen bei Zahnstangenbahnen kaum in Betracht; vgl. aber später.

13) Wie wenig bei gut durchgebildetem Oberbau die Verhältniszahlen der Gewichte von Schienen und Schwellen schwanken, zeigt E. T. d. G. Oberbau S. 240 bis 242: Das Gewicht der Eisenschwellen beträgt 44,8 bis 49,7 (52,3) vH., das Gewicht der Schienen beträgt (39,4) 43,8 bis 48,3 vH. des Gesamtgerüstgewichtes.

14) Haarmann, Die Kleinbahnen S. 227.

eine einheitliche Grundlage zu erhalten, an, daß die Kosten für Bettung, Verlegen usw. 50 vH. der Gestängekosten ausmachen, so werden die Gesamtkosten die in Spalte 5 der Zusammenstellung 1 berechneten Werte annehmen.

Dies sind die Oberbaukosten für 1 km Gleis — aber nicht für 1 km Bahnlänge, denn die Länge der Gleise ist wegen der Nebengleise größer als die der Bahn. Wenn nun aber bei Zahnstangenbahnen der Oberbau auf den freien Strecken schwächer gehalten werden darf als bei Reibungsbahnen, so ist dies auch bei den Nebengleisen der Fall. Dies wird am zweckmäßigsten dadurch berücksichtigt, daß man für die Nebengleise einen bestimmten Zuschlag in Hundertsteln der Streckenlänge in Ansatz bringt.

Nach der Reichsstatistik 1900, Tab. 6 Spalte 3 beträgt bei den vollspurigen Eisenbahnen

die Länge der durchgehenden Gleise	68178 km
die Länge der Nebengleise	25062 „
	oder 37 vH. der ersteren.

Diese Zahl ist aber für unsere Untersuchungen nicht maßgebend, denn sie ist durch die gewaltigen Verschiebe-, Güter- und Abstellbahnhöfe, die bei den großen Bahnlinien notwendig werden, in die Höhe getrieben.

Bei der Bahn Halberstadt-Tanne beträgt das Verhältnis nur  $\frac{19,49 \cdot 100}{61,32} = 31,6$  vH. Aber auch diese Zahl erscheint noch zu hoch, weil die Bahn ungewöhnlich viele Anschlüsse besitzt.

Um zu einem zuverlässigen Werte zu gelangen, sind nachstehend die Längen der Linien und die Gesamtlängen der Gleise der sächsischen Schmalspurbahnen angegeben und daraus die Längen der Nebengleise in Hundertsteln der Bahnlänge berechnet worden. — Die Bahnen sind in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie in dem Werke von Ledig und Ulbricht einzeln beschrieben sind, es war daher nicht nötig, die vollen Namen anzuführen. —

Name	Bahnlänge	Gleislänge	also Nebengleise in Hundertsteln der Bahnlänge
	km	km	
Wilkau . . . . .	34,30	40,98	19
Hainsberg . . . . .	25,51	30,32	19
Oschatz . . . . .	54,85	67,65	24
Radebeul . . . . .	16,55	20,16	22
Klotzscho . . . . .	19,49	23,52	22
Zittau . . . . .	13,52	16,45	22
Mosel . . . . .	13,94	17,30	25
Potschappel . . . . .	10,90	14,51	33
Willischtal . . . . .	15,81	20,02	26
Schönfeld . . . . .	9,04	11,21	24
Grünstadt . . . . .	9,36	11,63	24
Mügeln . . . . .	36,10	44,82	24
Oschatz . . . . .	11,81	13,88	18
Wolkenstein . . . . .	24,33	29,13	20
Taubenheim . . . . .	12,04	14,81	24
Hetzdorf . . . . .	9,77	11,90	22
Herrnhut . . . . .	10,10	12,15	24

Diese Werte zeigen, wenn man von den vier niedrigsten absieht, eine große Übereinstimmung. Der Mittelwert beträgt 24 vH. Rechnen wir mit einem Zuschlag von rund 25 vH., so erhalten wir die in Spalte 6 angegebenen Zahlen als Gesamtkosten des Oberbaues für 1 km Bahnlänge.

Es kostet also 1 m Oberbau in Mark soviel, wie die Schiene in Kilogramm wiegt.

#### Zusammenstellung 1.

Kosten des Oberbaues bei den verschiedenen Schienengewichten.

1	2	3	4	5	6
Raddruck t	Schienen- gewicht kg/m	Gewicht des Gestänges kg/m	Kosten des Gestänges, wenn 1 t 120 $\mathcal{M}$ kostet $\mathcal{M}/\text{km}$	Kosten des Oberbaues <sup>15)</sup> Spalte 4 + 50 vH. $\mathcal{M}/\text{km}$	Kosten des Oberbaues <sup>16)</sup> Spalte 5 + 25 vH. $\mathcal{M}/\text{km}$
3,00	13,5	60	7 200	10 800	13 500
3,50	15,8	70	8 400	12 600	15 800
3,75	16,9	75	9 000	13 500	16 900
4,00	18,0	80	9 600	14 400	18 000
4,50	20,3	90	10 800	16 200	20 300
5,00	22,5	100	12 000	18 000	22 500
6,00	27,0	120	14 400	21 600	27 000
7,00	31,5	140	16 800	25 200	31 500
8,00	36,0	160	19 200	28 800	36 000

Zur Prüfung dieser Zusammenstellung seien aus E. T. d. G. Oberbau S. 240—242 folgende Werte angegeben:

lfd. Nr. 20:  $R = 7$  t.  $g = 33,40$ . Kosten 18680  $\mathcal{M}$  gegen 16800 bzw. 19200  $\mathcal{M}$  der Spalte 4.

lfd. Nr. 34:  $R = 7$  t.  $g = 31,16$ . Kosten 17370  $\mathcal{M}$  gegen 16800 der Spalte 4.

lfd. Nr. 36:  $R = 5$  t.  $g = 21,96$ . Kosten 12650  $\mathcal{M}$  gegen 12000  $\mathcal{M}$  der Spalte 4.

Es kann noch der Einwand gemacht werden, daß es nicht gerechtfertigt ist, die Nebengleise vollwertig in Rechnung zu stellen, da sie nicht so gut angelegt zu werden brauchen wie die Streckengleise. Dagegen ist aber zu bemerken, daß es bei Bahnen, die nicht von großen Verwaltungen gebaut werden, und besonders bei Schmalspurbahnen häufig nicht möglich ist, bei der ersten Anlage die Nebengleise aus altem gebrauchten Stoff herzustellen. Da übrigens die Kosten der Nebengleise nur  $\frac{25 \cdot 100}{100 + 25} = 20$  vH. der Gesamtoberbaukosten ausmachen, so ist eine geringe Ersparnis an den Nebengleiskosten ziemlich unwesentlich.

Nachdem die Beschaffungskosten des Oberbaues festgestellt sind, muß auf die Jahreskosten desselben eingegangen werden — bekanntlich ein recht schwieriges Kapitel der Ingenieur-Wissenschaften. Daß hier die Angaben der Statistik keine Schlußfolgerungen zulassen, beweist ein Blick in die Reichsstatistik 1900, Tab. 10, Spalte 17, wo die Ausgabe für 1 km Bahn von 30 bis 5927  $\mathcal{M}$  und, wenn man nur die Staatsbahnen betrachtet, von 664 bis 5927  $\mathcal{M}$  schwankt, was ja auch bei den verschiedenen Anschauungen der Techniker, der verschieden starken Streckenbelastung, der verschiedenen Güte der ersten Anlage usw. sehr erklärlich ist.

Es wird also ebenso wie bei Bestimmung der Beschaffungskosten des Oberbaues richtig sein, anstatt aus der Statistik zweifelhafte Durchschnittswerte zu entnehmen, die Höhe der Jahreskosten wissenschaftlich abzuleiten. Wenn dies auch für jeden einzelnen Entwurf mit größter Gewissenhaftigkeit geschehen muß, so ist hier doch nicht der Ort, diese schwierige Frage erschöpfend zu behandeln. Es kann hier

15) Für 1 km Gleis.

16) Für 1 km Bahn (also einschließlich der Nebengleise).

nur auf die Arbeiten von Goering<sup>17)</sup>, Haarmann<sup>18)</sup>, Rosche<sup>19)</sup> hingewiesen werden. Da wir aber bei unseren Untersuchungen mit bestimmten Werten rechnen müssen, wollen wir die Angaben Goerings in Rölls Enzyklopädie benutzen und annehmen, daß je nach den Betriebsansprüchen die Unterhaltungskosten 300 bis 600  $\mathcal{M}$  für 1 km und 1 Jahr betragen und daß Schienen und Schwellen gleichzeitig und zwar nach 30 bis 15 Jahren ausgewechselt werden. Der Zinsfuß betrage 3,5 vH., der Altwert des auf 85 vH.<sup>20)</sup> abgenutzten Eisens 45  $\mathcal{M}/t$ .

Es beträgt z. B. bei einem Raddruck von 5 t das Gewicht des Gestänges 100 kg/m, die Kosten des Gestänges für 1 km Gleis 12000  $\mathcal{M}$  und mit dem Zuschlag von 25 vH. für Nebengleise  $12000 \cdot (100 + 25) = 15000 \mathcal{M}$  für 1 km Bahnlänge. Der Altwert des Gestänges berechnet sich zu

$$100(100 + 25) \cdot 0,85 \cdot 45 = 4800 \mathcal{M},$$

und demnach der Erneuerungswert zu

$$15000 - 4800 = 10200 \mathcal{M}.$$

Die Unterhaltung koste 500  $\mathcal{M}$ , die Auswechslung erfolge nach 20 Jahren (bei mittlerer Verkehrsstärke).

Es ergibt sich:

Verzinsung der Anlagekosten	
0,035 · 22500 <sup>21)</sup> . . . . .	= 790
Unterhaltung . . . . .	500
Erneuerungsrücklagen $10200 \cdot 0,0354$ <sup>22)</sup> . . . . .	360
	<hr/>
	1650 $\mathcal{M}/\text{km}/\text{Jahr}$ .

In dieser Weise — aber auf Grund sorgfältiger Erhebungen — sind die Jahreskosten des Oberbaues für Reibungs- und Zahnstangenbahn bei jedem Entwurf zu ermitteln.

Für Zahnstangenbahnen kommt nun aber noch die Ausgabe für die Zahnstange selbst hinzu. — Bei den Zahlenangaben hierüber werden häufig die Mehrkosten für die Zahnradlokomotiven mit eingerechnet, wir wollen die Ermittlung dieser jedoch späteren Erörterungen vorbehalten, da die Einrechnung in die Zahnstangenkosten wenig zuverlässige Werte ergibt. —

Da besonders bei den älteren Zahnstangenbahnen die Riggerbachsche Leiterstange ein höheres Gewicht hatte als eine für gleichen Zahndruck bestimmte Abtsche Zahnstange<sup>23)</sup>, so werden auch meist die Baukosten für die erstere etwas höher angegeben.

Über die tatsächlichen Anlagekosten der Zahnstange bei den einzelnen Bahnen liegen nur wenige genaue Mitteilungen vor, da meist nur die Gesamtoberbaukosten angegeben werden.

17) Rölls Enzyklopädie. Oberbau S. 2514.

18) Glasers Annalen 1893. II, 24.

19) H. d. Ing. W. V, 2.

20) Schienen, Schwellen, Kleineisenzeug ineinander gerechnet.

21) Vgl. Zusammenstellung 1. S. 532.

22) Rölls Enzyklopädie S. 2514 Tabelle.

23) Abt gibt in Rölls Enzyklopädie S. 3567 als Gewicht der Zahnstange an bei Bauart Abt 30 bis 50 kg/m, bei Bauart Riggerbach 50 bis 100 kg/m. Die ersten Werte entsprechen den Ausführungen der Jetztzeit. Die Angaben für die Riggerbachsche Stange mögen für frühere Zeiten stimmen, jetzt wird diese Zahnstange in ihrer verbesserten Gestalt selbst bei größtem Zahndruck nicht schwerer als 75 kg/m. Strub gibt in Schw. Bauz. Bd. 27 S. 163 32 bis 72 kg/m an.

Für die folgenden Bahnen betragen die Kosten für die Riggerbachsche Zahnstange nach Organ, Ergänzungsband 8:

Rorschach-Heiden . . . . .	24000 $\mathcal{M}/\text{km}$
Kohlenberg . . . . .	28000 "
Ofen . . . . .	34000 "
Friedrichsegen . . . . .	20000 "
Wasseralfingen . . . . .	33670 "
	oder durchschnittlich 28000 $\mathcal{M}/\text{km}$ .

Dieser Wert dürfte aber für die jetzigen Verhältnisse zu hoch sein, da die Bearbeitungskosten durch die verbesserten Maschinen verringert worden sind. Bei der Wengernalpbahn betragen die Kosten nach Schw. Bauz Bd. 22 S. 80 ff. nur 16900 fr. = 13700  $\mathcal{M}/\text{km}$ , allerdings ab Fabrik und ohne Verlegen. Der Oberbau der Bahn auf den Monte-Generoso kostete gemäß Schw. Bauz. Bd. 18 S. 77 ff. einschließlich der „mechanischen Einrichtungen“ 53902,70 fr. = 43500  $\mathcal{M}/\text{km}$ . Da das Schienengewicht 20 kg/m beträgt, wird der Reibungs- oberbau nach unserer früheren Berechnung etwa 20000  $\mathcal{M}$  gekostet haben, rechnen wir für die „mechanischen Einrichtungen“ 3500  $\mathcal{M}$ , so bleiben für die Zahnstange 20000  $\mathcal{M}/\text{km}$  übrig.

In Abhandlungen über Zahnstangenbahnen werden folgende Angaben gemacht:

H. d. Ing. W. V 8: 20000 bis 30000 $\mathcal{M}/\text{km}$ ,
Z. f. Kleinbahnen 1899 S. 317 (324)
bei Bauart Abt . . . . . 19000 $\mathcal{M}/\text{km}$ ,
„ „ Riggerbach 22000 "

Unter Einrechnung der Mehrkosten für die Lokomotiven wird angegeben:

in Rölls Enzyklopädie 24000 bis 32000 $\mathcal{M}$
von Schneider in Glasers A. 89 33000 "

Lassen wir die außergewöhnlich hohen und niedrigen Werte fort, so schwanken die Kosten von 19000 bis 28000  $\mathcal{M}$ . Selbstverständlich hängen sie von dem Gewicht der Zahnstange und daher auch bei richtiger Durchbildung derselben von dem Zahndruck der Lokomotive ab. Es wird also gerechtfertigt sein entsprechend der Höhe des letzteren die Kosten verschieden hoch anzusetzen. Dieselben aber aus Zugkraft und Gewicht mittels Einsetzens von Einheitspreisen für die Tonne Eisen zu ermitteln, wie wir dies früher bei den Oberbaukosten getan haben, ist nicht angängig, da die Unterlagen zu schwankend und nicht genügend zahlreich sind und da die Zahnstangen nicht in dem Maße wie gewöhnliche Schienen und Schwellen Handelsware sind.

Wir wollen mit folgenden Mittelwerten rechnen: Es betragen die Kosten für 1 km Zahnstange bei einer Zugkraft der Zahnradmaschine von

$Z_x = 4000 \text{ kg}$ . . . . .	22000 $\mathcal{M}$
$Z_x = 5000 \text{ „}$ . . . . .	25000 "
$Z_x = 6000 \text{ „}$ . . . . .	28000 "

Diese Werte sind so reichlich hoch, daß darin auch andere unbedeutende, sich der Berechnung entziehende Erhöhungen der Anlagekosten von Zahnstangenbahnen enthalten sind.

Zu den Kosten der Zahnstange kommen noch bei sehr stark geneigten Linien die der Betonsätze hinzu, die zur Verhütung des Wanderns dienen. Da diese aber erst von 150 vT. an notwendig erscheinen, tatsächlich aber auch

bei Bahnen mit noch stärkeren Steigungen fehlen, ohne daß daraus Unzuträglichkeiten entstanden sind, so sind hierfür bei unseren Untersuchungen keine besonderen Kosten einzusetzen.

Bezüglich der Länge der Zahnstrecken, die in Rechnung zu stellen ist, sei noch erwähnt: Während die Aufwendungen für den gewöhnlichen Oberbau auch für die Nebengleise zu berechnen sind, was in unserer Abhandlung durch den Zuschlag von 25 vH. zur Streckenlänge geschehen ist, sind die Mehrkosten für die Zahnstange nur für das Gleis der freien Strecke und etwaige stark geneigte Anschlüsse in Ansatz zu bringen; denn in allen Nebengleisen und in den durchgehenden Hauptgleisen der Stationen fehlt die Zahnstange, da die Steigungen innerhalb der Stationen nicht über 2,5 vT. hinausgehen werden. Nur bei Bergbahnen mit sehr starken Steigungen — 150 vT. und darüber — werden auch die Stationsgleise mit Zahnstange ausgerüstet; — derartige Bahnen liegen aber außerhalb des Rahmens dieses Aufsatzes.

Bei Bahnen mit gemischtem Betrieb dürfen zur Bestimmung der Kosten der Zahnstange nicht die theoretischen Längen der Steilrampen eingesetzt werden. Es muß vielmehr auch die Verlängerung berücksichtigt werden, die jede einzelne Zahnstangenstrecke am oberen und unteren Ende mit Rücksicht auf die Abrundung der Gefällwechsel und besonders die sichere Ein- und Ausfahrt der Züge erhalten muß. Diese Verlängerung ist so zu bemessen, daß die Lokomotiven noch (oder schon) in der Zahnstange steht, wenn das Ende des Zuges die Steilrampe gerade verläßt. Der Längenzuwachs ist also von der Zuglänge abhängig und ist aus ihr zu ermitteln.

Die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten für die Zahnstange sind äußerst gering. Die Abnutzung der Zahnstange selbst ist kaum zu messen. Nach Heusinger von Waldegg V. Band 1878, S. 431 beträgt die Abnutzung erst 1 mm, wenn 1,1 Millionen Züge darüber hingegangen sind. Nach den bei der Harzbahn<sup>24)</sup> gemachten Erfahrungen wird erst nach 155 Jahren eine Abnutzung von 1 mm eintreten. Wenn man nun diese Zahlen auch als etwas zu zuversichtlich ansehen mag, so kann man doch sagen, daß, da eine Abnutzung bis zu 4 mm ganz unbedenklich ist, die Zahnstange nach Eisenbahnbegriffen ewig hält. Es ist auch noch bei keiner Bahn, deren Zahnstange sorgfältig durchgebildet ist, eine nennenswerte Auswechslung nötig geworden.

Demgemäß kann man annehmen, daß die Zahnstange keine Erneuerungs- und Unterhaltungskosten verursacht. Hierzu ist man noch um so eher berechtigt, da die Zahnstange die Unterhaltungskosten für den übrigen Oberbau verringert, denn sie bildet eine sehr wirksame Versteifung desselben und verteilt den Druck auf drei Punkte, wodurch die Schwellen günstiger beansprucht werden. Zuverlässige, zu einem Vergleich brauchbare Zahlenangaben über diese nicht zu leugnenden Ersparnisse an Unterhaltungskosten liegen aber nicht vor; sie würden sich wohl überhaupt nur dadurch gewinnen lassen, daß bei einer Bahn mit gemischtem Betrieb beständig sorgfältige Aufschreibungen gemacht würden.

Dagegen entstehen noch Kosten durch das Schmieren der Zahnstange, die bei der Erzbergbahn 136,08, bei der

Harzbahn 38,64  $\mathcal{M}$ /km betragen<sup>25)</sup> — bei den Bahnen in Bosnien wird die Zahnstange überhaupt nicht geschmiert, ohne daß in irgend einem Bericht über Unzuträglichkeiten geklagt wird, die daraus entstanden sein könnten. Die Schmierungskosten betragen nach Rölls Enzyklopädie 160  $\mathcal{M}$ , nach dem H. d. Ing. W V 8, S. 32 100  $\mathcal{M}$ , nach dem Voranschlag für die Bahn Visp-Zermatt 160  $\mathcal{M}$ , nach Goering (aber einschließlich Unterhaltung) höchstens 350  $\mathcal{M}$  für 1 km und 1 Jahr.

Wir werden für Zahnstangenbahnen genügend vorsichtig rechnen, wenn wir 150  $\mathcal{M}$ /km annehmen; — der Einfluß auf die Betriebskosten ist übrigens sehr gering.

Bezüglich des Oberbaues ist noch eines zu bemerken: Zahnstangenbahnen müssen, um die gegenseitige Lage von Schiene und Zahnstange unveränderlich zu erhalten, eiserne Schwellen erhalten. — Bei den Bahnen, die bei der ersten Anlage mit Holzschwellen ausgerüstet worden sind, hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, dieselben nach und nach gegen Eisenschwellen auszuwechseln. —

Nun sind in Ländern mit billigen Holz- und hohen Eisenpreisen hölzerne Schwellen den eisernen wirtschaftlich überlegen. Bei einem Vergleich darf man aber nicht etwa schwache Holzschwellen kräftigen Eisenschwellen gegenüber stellen, sondern darf nur gleich starke Oberbauausrüstungen miteinander vergleichen. Hierzu bietet E. T. d. G. Oberbau S. 237 ff. geeignete Unterlagen.

Es betragen die Gleiskosten und die Kostenunterschiede für 1 km für:

	Holz	Eisen	Unterschied
Preußen Schienen 6 <sub>b</sub>	17780 $\mathcal{M}$ ,	18680 $\mathcal{M}$ ,	900 $\mathcal{M}$
„ „ 6 <sub>d</sub>	19900 „	19970 „	70 „
„ „ 6 <sub>d</sub>	20590 „	20660 „	70 „
„ „ 8 <sub>a</sub>	22250 „	22680 „	430 „
„ „ 8 <sub>a</sub>	22950 „	23380 „	430 „
Reichseisenbahnen	22500 „	25710 „	3210 „
Bayern	19900 „	22350 „	2450 „
Preußen Schienen 10 <sub>a</sub>	15900 „	17370 „	1470 „
„ „ 10 <sub>a</sub>	16480 „	18010 „	1530 „

Betrachtet man nur die für Eisen ungünstigen vier letzten Angaben, so beträgt die Mehrausgabe doch nur 8,5 bis 12 vH. Da jedoch für den Vergleich weniger die Anlage- als vielmehr die Jahreskosten maßgebend sind, wollen wir noch die maßgebenden Zahlen der Beispiele II und III $\beta$  aus Rölls Enzyklopädie S. 2516 anführen:

Es betragen:

bei Holzschwellengleisen — Beispiel II —:	
die Zinsen von 25400 $\mathcal{M}$	. . . . . 889 $\mathcal{M}$
die Rücklagen für Schwellen	. . . . . 156 „
die Ergänzungen des Kleineisenzeuges	. . . . . 125 „
zusammen 1170 $\mathcal{M}$	

bei Eisenschwellengleisen — Beispiel III $\beta$ —:	
die Zinsen von 29200 $\mathcal{M}$	. . . . . 1022 $\mathcal{M}$
die Rücklagen für Schwellen	. . . . . 128 „
die Ergänzungen des Kleineisenzeuges	. . . . . 152 „
zusammen 1302 $\mathcal{M}$	

Der Unterschied beträgt 1302 — 1170 = 132  $\mathcal{M}$  oder 7,3 vH. der gesamten 1800  $\mathcal{M}$  ausmachenden Jahreskosten

24) Organ 1887 S. 197.

25) H. d. Ing. W. V. 8.

für Holzschwellenoberbau. In den Beispielen dürften aber etwas ungünstige Annahmen für den Eisenschwellenoberbau gemacht sein.

Wenn die Unterschiede also auch nicht groß sind, so müssen sie in Ländern mit niedrigen Holzpreisen doch erwogen werden. Es sind dann also die früher abgeleiteten Zahlenwerte der Oberbaukosten entsprechend zu berichtigen.

Für Weichen entstehen bei den von uns behandelten Bahnen keine Mehrkosten, da die Bahnhöfe, im Gegensatz zu denen von Bergbahnen, in der Wagerechten oder in ganz geringen Steigungen liegen und daher nur den Reibungs- oberbau erhalten.

Von den übrigen Baukosten der Eisenbahnen werden nur die für **Brücken, Stationsanlagen, Signale und Werkstätten** von der Betriebsweise — ob mit oder ohne Zahnstange — beeinflusst, aber nur in ganz unbedeutendem Maße.

Die Kosten für Brücken hängen von den Betriebslasten ab und sind daher bei gleichen Betriebsansprüchen bei Zahnstangenbahnen niedriger, weil die Raddrücke der Lokomotiven niedriger sind als bei Reibungsbahnen. Nennenswerte Unterschiede ergeben sich aber nur bei eisernen Brücken, da bei Steinbrücken das Eigengewicht die Betriebsgewichte bedeutend überragt. — Auf Überführungen über die Bahn hat die Betriebsweise keinen Einfluß.

Bei den Stationsanlagen entstehen für Zahnstangenbahnen etwas Mehrkosten, weil die Lokomotivschuppen wegen der größeren Anzahl der erforderlichen Lokomotiven mehr Stände haben müssen. Andererseits lassen sich hierbei Ersparnisse erzielen, weil die Lokomotiven bei gleicher Zugkraft kleiner sind.

Die Kosten für Signale werden nur dann höher, wenn etwa bei sehr dichtem Verkehr wegen der geringeren Geschwindigkeit bei Zahnstangenbahnen die Blockstrecken kürzer werden müssen. Dieser Fall wird aber sehr selten eintreten.

Für Werkstätten entstehen geringfügige Mehrkosten, weil die Lokomotiven für die Ausbesserungen längerer Zeit bedürfen. Die Minder- oder Mehrkosten für Brücken, Stationsanlagen, Signale und Werkstätten sind so gering, daß man sie nicht genau zu ermitteln braucht, sondern annehmen kann, daß sie sich gegenseitig ausgleichen.

Nachdem jetzt die baulichen Anlagen und ihre Kosten im einzelnen durchgesprochen sind, läßt sich folgendes zusammenfassende Urteil abgeben:

Bei der Frage, ob eine bestimmte Bahn mit feststehender Steigung zweckmäßiger ohne oder mit Zahnstange auszurüsten ist, ist bezüglich der baulichen Anlagen zu beachten:

1. Auf den lichten Raum, die Spurweite und die Krümmungshalbmesser ist die Betriebsweise nicht von Einfluß. Demnach sind die Kosten für Grunderwerb<sup>26)</sup>, Erdarbeiten, Einfriedigungen, Wegeübergänge und Wegeüberführungen, Tunnel und außerordentliche Anlagen nicht verschieden.

2. Bei den Kosten für Brücken, Stationsanlagen, Signalen und Werkstätten entstehen geringe Unterschiede, die als sich gegenseitig ausgleichend betrachtet werden können.

3. Große Unterschiede treten dagegen bei den Kosten für Oberbau auf.

26) Über Mitbenutzung von Straßen ist das Erforderliche früher angegeben.

### 3. Die Betriebsmittel.

#### Die Wagen.

Da die Geschwindigkeit auf Zahnstangenbahnen geringer ist als auf Reibungsbahnen, liegt es nahe, anzunehmen, daß die Zahl der erforderlichen Wagen größer ist.

Die Angaben der Statistik lassen hier wieder einmal eine bestimmte — zahlenmäßige — Schlußfolgerung nicht zu. Es beträgt nach der „Statistik der schmalspurigen Eisenbahnen“<sup>27)</sup> bzw. nach der Reichsstatistik 1900 die Zahl der Güterwagenachsen für 1 km Bahn:

	Durchschn.
bei den deutschen Schmalspur-Reibungsbahnen 1,01 bis 14,23	6,83
„ „ schweizerischen „ „ 1,23 „ 4,77	3,68
„ „ norwegischen „ „ 0,77 „ 10,77	17,28
„ „ deutschen Staatsbahnen . . . . . 5,526	25,89
„ „ „ Privatbahnen . . . . . 0,19	10,80
„ der Appenzeller gemischten Bahn . . . . .	3,43
„ „ Brünigbahn . . . . .	1,76
„ „ Bahn Visp-Zermatt . . . . .	0,66

Nach denselben Quellen durchläuft eine Güterwagenachse im Jahr:

bei den deutschen Schmalspur-Reibungsbahnen 2557 bis 17027 km,	
„ „ schweizerischen „ „ 4564 „ 10278 „ <sup>1)</sup>	
„ „ norwegischen „ „ 1267 „ 14544 „ <sup>2)</sup>	
„ der Appenzeller Bahn . . . . .	3346
„ „ Brünigbahn . . . . .	9742
„ „ Bahn Visp-Zermatt . . . . .	4849
„ den deutschen Staatsbahnen . . . . .	16861
durchschnittlich: <sup>1)</sup> 3891 km; <sup>2)</sup> 7755 km; <sup>3)</sup> 7303 km.	

Die Zahlen schwanken, wie dies ja auch bei den so verschiedenen Verkehrs- und Betriebsbedingungen ganz natürlich ist, in so großen Grenzen, daß sie für unsere Zwecke ziemlich wertlos sind. Immerhin zeigen die drei angeführten Bahnen mit gemischtem Betrieb für die Achse verhältnismäßig große durchlaufene Wege. Der durchschnittliche Weg ist bei ihnen mit 7303 km beträchtlich größer als bei den deutschen und schweizerischen Schmalspur-Reibungsbahnen mit 3891 km und nur wenig niedriger als bei den norwegischen Bahnen. Der bei der Brünigbahn von der Achse durchlaufene Weg von 9742 km steht dem höchsten bei den Schweizer Schmalspurbahnen erreichten Weg von 10278 km nur wenig nach.

Daß unter gleichen Verhältnissen bei Zahnstangenbahnen die Wagen ungefähr die gleiche Kilometerzahl erreichen wie bei Reibungsbahnen, geht auch aus folgendem hervor:

Nimmt man die durchschnittliche Geschwindigkeit der Güterzüge zu 15 km/St. an, so beträgt die reine Laufzeit:

bei den deutschen Vollbahnen 16861 : 15 = 1120 Stdn. = 46,6 Tage,	
„ „ „ u. schweizerischen Schmalspurbahnen 3891 : 15 = 260 „ = 10,8 „	
„ den norwegischen Schmalspurbahnen . . . . . 7755 : 15 = 518 „ = 21,5 „	

Diese Zahlen der reinen Laufzeit sind äußerst gering und zeigen deutlich, daß die Zahl der erforderlichen Wagen vor allem von dem geschickten Aufbau des Fahrplanes, der Güte der Bahnhofsanlagen, ferner von den zeitlichen Schwankungen des Verkehrs und der Größe des Bahngebietes abhängen und daß es ziemlich gleichgültig ist, ob die Zuggeschwindigkeit etwas größer oder kleiner ist.

27) Zeitschrift für Kleinbahnen 1899, S. 152, Spalte 102.

Man ist also zu der Annahme berechtigt, daß unter sonst gleichen Verhältnissen eine Zahnstangenbahn nicht mehr Wagen bedarf als eine Reibungsbahn.

Die Bauart der Wagen weicht von der für Reibungsbahnen auch nicht ab, erfordert also auch keine Mehrkosten. Dagegen kann es bei stärkeren Steigungen, sofern die Züge gezogen werden<sup>28)</sup>, notwendig werden, die Züge mit einer Zahnradschlußbremse zu versehen, und es muß daher ein Teil der Wagen mit Zahnradbremse ausgerüstet werden. Da diese gegenüber der gewöhnlichen Bremseinrichtung etwa 600 % mehr kostet und mindestens 50 000 km<sup>29)</sup> aushält, betragen die Mehrkosten für 1 Zugkm  $\frac{60000}{50000} = 1,2$  Pfg. Da man jedoch etwas mehr Wagen mit Zahnradbremse ausrüsten muß, als daß für jeden Zug nur gerade ein solcher Wagen vorhanden wäre, und die Einrichtung auch Unterhaltung und Verzinsung erfordert, so würden gegebenenfalls 2 Pfg. für 1 Zugkm einzusetzen sein.

Für Bedienung der Zahnradbremse entstehen keine Mehrkosten, denn bei durchgehender Bremse sind auch auf Zahnstangenbahnen keine besonderen Bremsen notwendig, und bei Einzelbremsung ist bei den hier in Betracht kommenden Steigungen auch bei Reibungsbahnen eine bediente Schlußbremse notwendig. Die Zahl der übrigen Bremsen des Zuges kann auf Zahnstangenbahnen, wenn Zahnradschlußbremse vorhanden ist, womöglich noch niedriger sein als bei Reibungsbahnen.

#### Die Lokomotiven.

Da wir es hier nur mit Bahnen mit sehr starken Steigungen zu tun haben, so dürfen wir nicht mit den Lokomotivarten rechnen, die bei den gewöhnlichen Hauptbahnen üblich sind, sondern mit Gebirgslokomotiven, also vor allem mit Tenderlokomotiven. Allerdings verkehren ja auf den großen Gebirgsbahnen Lokomotiven mit Schlepptender, aber dies ist für unsere vergleichende Darstellung nicht von Einfluß, denn wenn diese Bahnen, oder gleichwertige, mit Zahnstange ausgerüstet werden, dann müssen auch aus denselben Gründen, die dazu führen können, die Reibungslokomotiven mit Tendern zu versehen, die Zahnradlokomotiven solche erhalten. Tatsächlich sind auch Lokomotiven für gemischten Betrieb mit Schlepptendern ausgerüstet worden, so auf den Bahnen in Bosnien und auf der Linie Tiszolc-Zolyómbrezó.<sup>30)</sup> Da die Tender aber bei gleichen Betriebsansprüchen bei Reibungs- und Zahnradlokomotiven dasselbe Leergewicht haben, verursachen sie auch die gleichen Anschaffungs-, Unterhaltungs- und Zugförderungskosten, und es braucht daher auf diese nicht weiter eingegangen zu werden. — Zu der Annahme, nur mit Tendermaschinen zu rechnen, sind wir auch deshalb berechtigt, weil die in den Bereich unserer Abhandlung fallenden Linien größtenteils Neben- und Stichbahnen und sehr häufig Schmalspurbahnen sind, und diese Bahnen werden fast ausnahmslos mit Tenderlokomotiven betrieben. — In Betracht kommen dabei hauptsächlich  $\frac{3}{8}$  u.  $\frac{4}{4}$  gekuppelte Lokomotiven, letztere nach Bauart Hagans und  $2 \cdot \frac{2}{2}$  gekuppelte nach Bauart Mallet-Rimrott und Meyer.

28) Vgl. die Einleitung.

29) Nach Heusinger v. Waldegg V, S. 431 kann ein Lokomotiv-also Trieb- — Zahnrad 30 000 km zurücklegen.

30) H. d. Ing. W. V, 8 S. 69 u. 73.

Bei diesen wird das gesamte Gewicht als Triebgewicht nutzbar gemacht, und dies ist auch bei Gebirgslokomotiven das zu erstrebende Ziel. Trotzdem hat es gewisse Vorzüge, das Gewicht nicht voll auszunutzen, sondern Laufachsen anzuordnen.

Wenn nur Triebachsen vorhanden sind, so ist deren Belastung nicht konstant, sondern mit der Abnahme der Vorräte wird sie und daher auch die Zugkraft geringer. Dies ist besonders deswegen unangenehm, weil oft gerade am oberen Ende der Strecke, also gegen Ende der Fahrt, die stärksten Steigungen zu überwinden sind. Wenn eine Lokomotive z. B. bei vollen Vorräten 50 t wiegt und damit eine Zugkraft von  $50000 \cdot 0,15 = 7500$  kg entwickelt, so wird sie, wenn die Vorräte, ausschließlich des Wassers im Kessel und der Ausrüstung, 6 t wiegen, gegen Ende der Fahrt nur  $(50000 - 6000) 0,15 = 6600$  kg Zugkraft leisten.

Bei Anordnung einer Laufachse könnte dagegen der größere Teil der Vorräte auf diese kommen, so daß die Zugkraft, wenn auch nicht vollständig unveränderlich bleibt, so doch nicht in so großen Grenzen schwankt.

Eine Laufachse mit Krümmungseinstellung kann außerdem in großem Abstand von den Triebachsen angeordnet werden, und dies gewährleistet ruhigen Gang und Schonung des Oberbaues und des Triebwerkes, selbst bei sehr kleinem Achsstand der Triebachsen, ermöglicht also feste Lagerung der letzteren und vermeidet dadurch verwickelte Anordnungen der Kuppelstangen. Bei den neueren Lokomotivarten, besonders denen nach Bauart Hagans, sind diese Vorteile aber auch im wesentlichen erreicht ohne Anordnung von Laufachsen.

Da nun sehr viele Gebirgsbahnen, auch solche mit gemischtem Antrieb, Lokomotiven mit Laufachsen eingeführt haben, dürfen wir diese aus dem Kreis unserer Betrachtungen nicht ausschließen.

Von den Lokomotiven für gemischten Antrieb sind die älteren Bauarten mit Kupplung zwischen Zahnrad- und Reibungsachsen wegen der daraus entspringenden Mängel nicht zu berücksichtigen. Es ist vielmehr nur mit den Lokomotiven zu rechnen, die für Zahnräder und Reibungstriebäder vollkommen unabhängige Dampfmaschinen haben wie bei der Bauart Abt und der späteren Riggenbachschen Bauart für die Berner Oberlandbahn. Diese Lokomotiven sind für die geringeren Steigungen genau wie die Reibungs-Gebirgsmaschinen auszubilden und können auch bezüglich der Kesselanlage und der Dampfausnutzung mit all den Vervollkommnungen — Überhitzer, Verbundwirkung usw. — versehen werden, die bei ähnlichen Reibungslokomotiven angezeigt erscheinen. Bei den hier in Betracht kommenden Steigungen wird auf die Ausnutzung der Reibungszugkraft in den Zahnstrecken nicht verzichtet. — Reine Zahnradmaschinen für Bergbahnen sollen nur insoweit berücksichtigt werden, als es zur Klarstellung einzelner Verhältnisse zweckmäßig erscheint.

Bezüglich der Gewichtsangaben der Lokomotiven ist zwischen Leer- und Dienstgewicht zu unterscheiden, dazu kommt noch der Begriff des mittleren Dienstgewichtes (= Leergewicht + halbes Gewicht der Vorräte). Da wir bei den verschiedenen Ermittlungen je nachdem mit einem dieser drei Begriffe zu rechnen haben, wird es zweckmäßig sein, vorweg zu bestimmen, wie sich diese Gewichte zueinander

verhalten. Nach E. T. d. G. Lokomotiven S. 366 beträgt für Lokomotiven von Kleinbahnen:

das Leergewicht kg	das Dienstgewicht kg	das Verhältnis beider kg
2950	3700	1:1,26
3100	3850	1:1,24
3400	4150	1:1,22
3900	4800	1:1,22
4120	5040	1:1,26
4450	5600	1:1,23
5160	6440	1:1,25
5370	6800	1:1,26
5800	7600	1:1,30
5700	6950	1:1,22
5950	7300	1:1,22
6400	8100	1:1,26
6700	8500	1:1,26
6750	8750	1:1,30
6900	9200	1:1,33
7300	9000	1:1,23
7400	9300	1:1,27
7600	9700	1:1,28

Ferner beträgt nach derselben Quelle S. 344 bei Zahnradlokomotiven:

das Leergewicht kg	das Dienstgewicht kg	das Verhältnis beider kg
14,1	17,6	1:1,25
18,8	23,4	1:1,24
21,3	26,3	1:1,24
14,0	16,7	1:1,19
11,8	15,0	1:1,27
17,5	20,9	1:1,19
23,5	29,5	1:1,25
34,3	42,2	1:1,24

Diese Zahlen zeigen eine so gute Übereinstimmung, daß man setzen kann: Es verhält sich das Leergewicht zum mittleren Dienstgewicht zum vollen Dienstgewicht wie 1:1,12:1,24.

Die Zugkraft von Reibungslokomotiven ist bekanntlich  $\mu \cdot L_1$ , worin  $L_1$  die Triebachsbelastung und  $\mu$  die Reibungszahl ist. Die Annahme für diese — einen alten Zankapfel der Techniker — schwanken von  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  und noch weniger. Wir wollen mit dem in Hütte II S. 221 angegebenen Wert  $\mu = 0,15 = \frac{1}{6,67}$  rechnen. Als Triebachsbelastung darf bei Lokomotiven ohne Laufachsen nicht das volle Dienstgewicht eingesetzt werden, doch würde man zu ungünstig rechnen, wenn man nur das Leergewicht annehmen wollte, da die Lokomotive, solange sie im Dienst ist, stets mit sämtlichen Ausrüstungsstücken und mindestens mit dem Wasser im

Annahme, daß auf der Laufachse etwa  $\frac{1}{5}$  des Gesamtgewichtes ruht.

Die Zugkraft der Zahnradlokomotiven ist der Anordnung der Maschine nach von dem Gewichte unabhängig. Immerhin haben sich aber doch Mittelwerte als zweckmäßig herausgestellt, was zum Teil darauf zurückzuführen ist, daß die Leistung (in PS)  $Z \cdot v$  vom Gewicht abhängig und die Geschwindigkeit ein gegebenes oder erwünschtes Maß ist. Um zunächst die Zugkraft der reinen Zahnradlokomotiven (für Bergbahnen) zu bestimmen, sind folgende Werte aus der Schw. Bauz. Bd. 22 S. 68 entnommen bzw. berechnet worden:

Name der Bahn	Vitznau-Rigi	Arth-Rigi	Schynige Platte	Wengernalp	Genèro	Brienz-Rothorn	Glion-Naye
Zugkraft . . . . . kg	6800	6300	6500	6500	5500	6500	6500
Dienstgewicht $L$ . . . . .	15800	17500	16500	16500	14500	16600	16000
Mittleres Dienstgew. } $L':L = 1,12:1,24$ }	14000	15600	14700	14700	12800	14800	14200
$\mu = Z:L'$ . . . . .	0,485	0,40	0,442	0,442	0,433	0,438	0,457

Die Z. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1898 S. 879 ergibt folgende Werte:

Name der Bahn	Snowdon (Wales)	Wengernalp	Gaisberg	Schafberg	Schneeberg
Zugkraft . . . . . kg	6 688	6 405	6 975	7 280	7 100
Dienstgewicht $L$ . . . . .	17 550	17 000	17 620	17 350	18 000
Mittleres Dienstgewicht } $L':L = 1,12:1,24$ }	15 800	15 460	15 900	15 700	16 200
$\mu = Z:L'$ . . . . .	0,422	0,417	0,437	0,463	0,438

Die Zahlen, die recht gut übereinstimmen, ergeben als Mittelwert  $\mu = 0,43$  bei reinen Zahnradmaschinen.

Bei Lokomotiven für gemischten Betrieb setzt sich die Zugkraft aus der der Reibungslokomotive und der der Zahnradmaschine zusammen.

Aus verschiedenen Quellen<sup>31)</sup> sind die folgenden Werte ermittelt worden:

1. Lokomotiven ohne Laufachsen.

Name der Bahn	Usni-Toge (Japan)	Höllental	Hernadtal (Ungarn)	Brünig	Berner Oberland
Zugkraft . . . . . kg	10 000	8 900	5 000	7 500	5 250
Dienstgewicht $L$ . . . . .	36 000	42 400	15 000	23 400	15 380
Mittleres Dienstgewicht } $L':L = 1,12:1,24$ }	32 500	38 200	13 600	21 100	13 900
$\mu = Z:L'$ . . . . .	0,307	0,234	0,368	0,355	0,376

2. Lokomotiven mit Laufachsen.

Name der Bahn	Harzbahn	Bosnien-Sarajevo	Eisenerz-Vordernberg	Beirut-Damaskus	Bosnien-Travenik	Tisolecz-Zolyombrézó	Visp-Zermatt	Berner Oberland
Zugkraft . . . . . kg	12 000	7 000	12 000	10 000	8 000	15 000	9 000	10 100
Dienstgewicht $L$ . . . . .	56 000	30 000	56 000	43 000	36 000	71 000	29 000	28 700
Mittleres Dienstgewicht $L'$ . . . . .	50 200	27 000	50 200	38 000	32 500	64 000	26 200	26 000
$\mu = Z:L'$ . . . . .	0,239	0,26	0,239	0,263	0,246	0,235	0,248	0,387

Kessel, mit den Kohlen auf dem Rost und der Mannschaft belastet ist. Es ist daher gerechtfertigt, das mittlere Dienstgewicht einzusetzen. Bei Lokomotiven mit Laufachsen ist sinngemäß zu verfahren, durchschnittlich ist  $\mu = 0,12$  vom mittleren Dienstgewicht der ganzen Lokomotive unter der

Aus beiden Zusammenstellungen folgt, daß die Zugkraft von Lokomotiven für gemischten Betrieb, je nachdem ob sie mit oder ohne Laufachsen versehen sind, sehr gering ge-

31) Besonders E. T. d. G.-Lokomotiven; H. d. Ing. W. V, 8.

rechnet gleich dem 0,24- bzw. 0,30 fachen Gewicht ist. Da die betreffenden Zahlen für Reibungslokomotiven 0,12 und 0,15 betragen, ist also die Zugkraft von Maschinen für gemischten Betrieb doppelt so groß wie die von Reibungsmaschinen.

— In Organ. Ergänzungsband VIII ist angenommen  $Z_r = 0,12 L$  und  $Z_{r+z} = 0,27 L$  —.<sup>32)</sup>

Während nun aber die Zugkraft von Reibungslokomotiven bei feuchtem Wetter rasch sinkt, ist die der Zahnradmaschine von der Witterung nicht abhängig. Wir wollen aber von diesem für die Zahnstangenbahnen sehr günstigen Umstand bei den allgemeinen Betrachtungen absehen und immer mit den eben für  $\mu$  entwickelten Werten rechnen. Hiernach ist unter Annahme  $\frac{2}{3}$  gekuppelter Lokomotiven die erforderliche Zugkraft für 100 t Wagengewicht für die verschiedenen Steigungen in nachstehender Zusammenstellung berechnet worden:

Es ist:  $V_r = 15 \text{ km/St.}; V_z = 9,6 \text{ km/St.};$ <sup>33)</sup>  
 $w_{tr} = 5,19 + 0,337 + S = 5,53 + S,$   
 $w_{tz} = 5,19 + 3 + 0,122 + S = 8,3 + S,$   
 $w_g = 1,5 + 0,225$ <sup>34)</sup>  $+ S = 1,73 + S.$

Gesamtwiderstand:

$W = Z = Q \cdot w_g + L \cdot w_t = 0,15 L_r$  bzw.  $= 0,30 L_z$

$L_r = \frac{100 \cdot w_g}{150 - w_{tr}}; L_z = \frac{100 \cdot w_g}{300 - w_{tz}}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S$	$Q \cdot w_g$ $\frac{100 \cdot w_g}{(S + 1,73)}$	$150 - w_{tr}$	$L_r$ $\frac{100 \cdot w_g}{150 - w_{tr}}$	$L_r \cdot w_{tr}$	$Z_r = W$ Spalte 2 + 5	$300 - w_{tz}$	$L_z$ $\frac{100 \cdot w_g}{300 - w_{tz}}$	$L_z \cdot w_{tz}$	$Z_z = W$ Spalte 2 + 9
v.T.	kg		t	kg	kg		t	kg	kg
15	1 673		129,47	12,9	277,5	1 950	276,7	6,05	1 814
20	2 173		124,47	17,4	444,0	2 617	271,7	8,0	2 399
25	2 673		119,47	22,4	706,0	3 379	266,7	10,0	3 006
30	3 173		114,47	27,6	980,0	4 053	261,7	12,2	3 639
35	3 673		109,47	33,6	1 360,0	5 033	256,7	13,75	4 217
40	4 173		104,47	39,9	1 820,0	5 993	251,7	16,6	4 973
50	5 173		94,47	59,8	3 320,0	8 493	241,7	21,5	6 531
60	6 173		84,47	73,1	4 810,0	10 993	231,7	26,6	7 993
70	7 173		74,47	96,4	7 300,0	14 473	221,7	32,4	9 713
80	8 173		64,47	126,2	10 800,0	18 973	211,7	38,7	11 602
90	9 173		54,47	168,5	16 150,0	25 323	201,7	45,5	13 633
100	10 173		44,47	227,5	23 800,0	33 973	191,7	53,1	15 953
110	11 173		34,47	324,0	37 200,0	48 373	181,7	61,4	18 473
120	12 173		24,47	497,0	62 100,0	74 273	171,7	71,0	21 323

Wenn in dieser Zusammenstellung für Reibungsbahnen mit Steigungen bis herauf zu 120 v.T. und für Zahnstangenbahnen bis herab zu 15 v.T. gerechnet wurde, so soll damit nicht gesagt werden, daß solche Steigungen für die betreffenden Bahnen tatsächlich in Frage kommen.

Da die Ausnutzung der Lokomotiven und der Beamten teilweise von der Geschwindigkeit abhängt, ist zu untersuchen, welche Höchstgeschwindigkeit die Reibungslokomotiven und die für gemischten Betrieb bei voller Ausnutzung der

32) Aus späteren Ermittlungen — Zusammenstellung 6 — ergibt sich, daß es wirtschaftlich richtig ist, das Verhältnis zwischen Reibungs- und Zahnstangensteigungen je nach dem Gelände von 1:2 bis 1:2,67 anzunehmen. Es dürfte sich daher im allgemeinen empfehlen, mit einem etwas höheren Wert als  $\mu = 0,3$ , vielleicht mit 0,35 zu rechnen. Bei Annahme dieses Wertes würden die Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchungen für die Zahnstange noch etwas günstiger werden.

33) Warum gerade diese Zahlen angenommen sind, ist aus späteren Erörterungen zu entnehmen.

34) Der von der Geschwindigkeit abhängige Teil des Wagenwiderstandes ist so unbedeutend, daß man trotz verschiedener Geschwindigkeit mit demselben Wert rechnen kann.

Zugkraft dauernd ohne Überanstrengung des Kessels leisten können. Die ermittelte Höchstgeschwindigkeit ist dann auch die wirtschaftlichste.

Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Kesselleistung, und es gelten allgemein die Beziehungen  $N = \frac{Z \cdot V}{\text{Zahl der PS} \cdot 75}$  und  $Z_1 : Z_2 = v_2 : v_1$ .

Da wir oben ermittelt haben, daß die Zugkraft  $Z_{r+z} = 2 Z_r$  ist, kann man schließen, daß  $v_z = \frac{1}{2} v_r$  ist. Diese Schlußfolgerung ist aber nur richtig, wenn die Kesselleistung von der Geschwindigkeit unabhängig und die von Reibungslokomotiven und solchen für gemischten Betrieb gleichwertig ist, und dies ist daher noch zu untersuchen.

Bezeichnet  $H$  die Gesamtheizfläche in qm, so ist für Reibungs-Tendermaschinen nach Frank (Organ 1887 S. 106, Hütte II S. 211):  $\frac{N}{H} = 2 + 0,8 \sqrt{v}$ . Dies ergibt bei

$V = 10 \text{ km/St.}$	$v = 2,8 \text{ m/sek.}$	$2 + 0,8 \cdot 1,665 = 3,35 \text{ PS/H}$
15 "	4,16 "	$\cdot 2,05 = 3,64$ "
20 "	5,55 "	$\cdot 2,36 = 3,88$ "
25 "	6,96 "	$\cdot 2,64 = 4,10$ "
30 "	8,32 "	$\cdot 2,88 = 4,31$ "

Einer bestimmten Heizfläche entspricht aber auch ein bestimmtes Gewicht der Lokomotive. Nach E. T. d. G. Lokomotiven S. 41 Spalte 24 schwankt die Heizfläche für 1 t volles Dienstgewicht von 1,7 bis 2,6 und beträgt im Durchschnitt 2,05. Für mittleres Dienstgewicht, auf das wir hierbei alle Werte beziehen wollen, ist noch mit  $\frac{1,24}{1,12}$  zu multiplizieren, was 2,25 qm/t ergibt, woraus folgt, daß bei Tendermaschinen 1 qm Heizfläche 445 kg wiegt. — Demnach kommen auf 1 t mittleres Dienstgewicht Pferdestärken:

bei $V = 10 \text{ km/St.}$	$3,35 \cdot 2,25 = 7,55 \text{ PS/t}$
15 "	$3,64 \cdot 2,25 = 8,2$ "
20 "	$3,88 \cdot 2,25 = 8,75$ "
25 "	$4,10 \cdot 2,25 = 9,23$ "
30 "	$4,31 \cdot 2,25 = 9,7$ "

oder es entfallen auf 1 PS an Gewicht:

bei $V = 10 \text{ km/St.}$	$445 : 3,35 = 133 \text{ kg}$
15 "	$445 : 3,64 = 122$ "
20 "	$445 : 3,88 = 114$ "
25 "	$445 : 4,10 = 108$ "
30 "	$445 : 4,31 = 103$ "

Um die erreichbare Höchstgeschwindigkeit bei größter Zugkraft zu bestimmen, setzen wir:

$$v \text{ m/Sek} = \frac{75 N}{Z};$$

$$N = (2 + 0,8 \sqrt{v}) H = (2 + 0,8 \sqrt{v}) 2,25 \text{ für } 1 \text{ t } L$$

$$\text{also: } Z = 150 \text{ kg für } 1 \text{ t } L$$

$$v = \frac{75 (2 + 0,8 \sqrt{v}) 2,25}{150} = 2,25 + \frac{0,8 \cdot 2,25}{2} \sqrt{v}$$

$$v = 2,25 + 0,9 \sqrt{v}; v = 4,08 \text{ m/Sek.}; V = 14,8 \text{ km/St.}$$

— Zur Prüfung: bei  $V = 15 \text{ km/St.}$  kommen auf 1 t mittleres Dienstgewicht 8,2 PS und die Gleichung

$$v = \frac{75 \cdot 8,2}{150} = 4,1 \text{ m/Sek.}$$

ist richtig —.

D. h.: bei voller Ausnutzung des Gewichtes als Triebgewicht kann bei vollkommener Anspannung der Zugkraft die Geschwindigkeit nicht größer als 15 km/St werden.

Tatsächlich fahren auch auf Gebirgsbahnen die Güterzüge nicht mit größerer Geschwindigkeit.

In gleicher Weise erhält man für Lokomotiven mit Laufachsen:

$$v = \frac{75 (2 + 0,8 \sqrt{v}) 2,25}{120} = 5,5 \text{ m/Sek}$$

und  $V = 19,8$  oder rund 20 km/St.

Um die Leistungsfähigkeit des Kessels von Lokomotiven für gemischten Betrieb zu ermitteln, soll zunächst auf reine Zahnradlokomotiven eingegangen werden, wozu folgende Zusammenstellung dienen möge:

Name der Bahn	Vitznau-Rigi	Arth-Rigi	Schyniggo-Platto	Wengernalp	Genesero	Brienzer Rothorn	Glion-Naye
Mittleres Dienstgewicht <sup>35)</sup> . . . .	14000	15600	14700	14700	12800	14800	14200
Leistung in PS <sup>36)</sup>	176	163	168	168	142	168	168
1 PS wiegt also kg	79,5	96	87,3	87,3	90	87,3	84,5

Diese Maschinen wiegen also für 1 PS durchschnittlich etwa 87 kg bei einer Geschwindigkeit von 5 bis 7 km/St.

Bei Lokomotiven für gemischten Antrieb wird die Leistung ebenso wie bei Reibungslokomotiven mit der Geschwindigkeit zunehmen, und es wird auch hier die Formel gelten:  $N = (\alpha + \beta \sqrt{v}) \cdot H$ . Zur Bestimmung der Größen  $\alpha$  und  $\beta$  fehlt es aber vollständig an Versuchen, und wir sind daher auf folgende Einzelermittlungen angewiesen.

Aus der Z. d. V. D. Ingenieure 1898 S. 878 sind die Angaben von Spalte 2 bis 5 der folgenden Zusammenstellung entnommen und daraus die Zahlen in Spalte 4 bis 6 berechnet worden:

	1	2	3	4	5	6
Name der Bahn	Dienstgewicht $L$ t	Geschwindigkeit bei größter Zugkraft km/St	Größte Zugkraft $Z$ t	Mittleres Dienstgew. $L':L$ $= 1,12:1,24$ t	$N$ $\frac{Z \cdot V}{270}$	1 PS wiegt somit kg
Beirut - Damaskus	44,70	12	10,2	40,5	453	89,2
Berner Oberland	28,70	9	9,725	26,0	325	80
Padang (Sumatra)	26,25	12,8	8,025	23,7	381	62!
Padang (Sumatra)	21,31	18	5,865	19,6	391	50!
Bosnien . . . . .	36,50	9?	8,325	33,0	278	114?

35) Aus der früheren Zusammenstellung entnommen.  
36) Aus Schweiz. Bauzeitung Bd. 22 S. 68.

Die Zahlen der ersten drei Spalten stimmen mit den früher angeführten teilweise nicht genau überein; die Angaben der Padang-Eisenbahn erscheinen wenig zuverlässig; die Geschwindigkeit der bosnischen Bahnen wird in den meisten übrigen Quellen mit 12 km angegeben, wodurch sich das Gewicht für 1 PS auf 85,5 kg ermäßigt.

Aus verschiedenen Mitteilungen ist folgende Zusammenstellung berechnet worden:

Name der Bahn	Dienstgewicht $L$ t	Geschwindigkeit bei größter Zugkraft km/St.	Größte Zugkraft $Z$ t	Mittleres Dienstgew. $L':L$ $= 1,12:1,24$ t	$N$ $\frac{Z \cdot V}{270}$	1 PS wiegt somit kg
Brünig . . . . .	23,4	10	7,5	21,1	278	76,0
Berner Oberl.-Bahn	28,7	8	10,1	26,0	300	86,6
St. Gallen-Gais . .	34,0	12	9,4	30,7	417	74,0
Visp-Zermatt . . .	29,0	10	9,0	26,2	333	79,0
Rorschach-Heiden	21,0	12	6,0	19,0	266	71,0

Nach der Schweiz. Bauz. Bd. 25 S. 98 leisten die Lokomotiven der Berner Oberland-Bahn 340 PS. Dies ergibt bei dem mittleren Dienstgewicht von 26,0 t für 1 PS:

$$\frac{26000}{340} = 76,4 \text{ kg.}$$

Die Lokomotiven der Harzbahn fahren bei  $Z = 12000 \text{ kg}$  mit 12 km/St. Bei dem früher ermittelten mittleren Dienstgewicht von 50,2 t ergibt dies

$$\frac{50200 \cdot 270}{12 \cdot 12000} = 94,5 \text{ kg für } 1 \text{ PS.}$$

Wenn die berechneten Werte bei den nicht ganz einwandfreien Unterlagen auch nicht ganz zuverlässig sind, so kann man doch folgern, daß bei Lokomotiven für gemischten Betrieb bei einer Geschwindigkeit von 9 bis 12 km eine Pferdestärke 85 kg wiegt; zur größeren Sicherheit wollen wir aber mit 90 kg rechnen.

Die Zahl ist bedeutend geringer als bei Reibungslokomotiven. Es ist dies bei älteren Maschinen z. T. auf günstigere Verhältnisse zwischen Rost-, unmittelbarer und mittelbarer Heizfläche zurückzuführen, dann aber vor allem darauf, daß durch die häufigere Dampfauspuffung aus vier Zylindern die Feueranfachung verstärkt und daß bei den kurzen stark steigenden Strecken schärfer gefahren wird.

Wie früher ermittelt wurde, ist die Zugkraft von Lokomotiven für gemischten Betrieb, je nachdem ob sie mit oder ohne Laufachsen ausgerüstet werden,  $Z_{r+z} = 0,24 L$  oder  $0,30 L$ . Es ist ferner

$$\frac{Z \cdot V}{270} = N = \frac{L}{90} \text{ oder } V = \frac{270}{90 \cdot 0,24} = 12,5 \text{ km/St}$$

für Maschinen mit Laufachsen bzw.

$$V = \frac{90 \cdot 0,30}{270} = 10 \text{ km/St}$$

für solche ohne Laufachsen. Da aber bei den meisten Bahnen, außer bei reinen Personenzügen, in der Zahnstange höchstens eine Geschwindigkeit von 12 km angewendet wird, wollen wir auch nur mit dieser und dementsprechend auch nur mit  $12 \cdot \frac{0,24}{0,3} = 9,6 \text{ km}$  (anstatt 10 km) rechnen, denen bei Reibungslokomotiven die Werte  $V = 20$  bzw. 15 km gegenüberstehen.

Für uns ist nun bei Bestimmung der wirtschaftlichen Verhältnisse die Ermittlung der Geschwindigkeit nur von

Wichtigkeit zur Feststellung der Zugpersonalkosten, und hierfür ist nicht die Fahrgeschwindigkeit maßgebend, sondern vielmehr die Reisegeschwindigkeit. Die Aufenthalte auf den Stationen sind von der Betriebsweise unabhängig. Bei den Bahnen, die hier hauptsächlich in Betracht kommen, beträgt nach den Ermittlungen aus dem Reichskursbuch die Entfernung der Stationen im Durchschnitt etwa 5 km, und der Aufenthalt auf ihnen, außer den Anfangs- und Endstationen, durchschnittlich 5 Minuten. Mithin ist zum Durchfahren einer Strecke von 5 km notwendig bei

$$V = 9,6 \text{ km/St } 31,2 \text{ Min.} + 5 = 36,2 \text{ Min.}$$

$$V = 12 \text{ " } 25 \text{ " } + 5 = 30 \text{ "}$$

$$V = 15 \text{ " } 20 \text{ " } + 5 = 25 \text{ "}$$

$$V = 20 \text{ " } 15 \text{ " } + 5 = 20 \text{ "}$$

Die Reisegeschwindigkeit beträgt dann  $8,3 \div 10,0 \div 12,0 \div 15,0$  km/St. Man kann daraus den Schluß ziehen, daß sich die Reisegeschwindigkeiten auf Zahnstangen- und Reibungsbahnen bei gleicher Bauart der Lokomotiven ungefähr wie 2:3 verhalten.<sup>37)</sup> — Je größer die Stationsabstände und je kürzer die Stationsaufenthalte sind, desto mehr verschiebt sich dies Verhältnis zu ungunsten der Zahnstangenbahn; wir wollen aber bei unsern Berechnungen im allgemeinen an den oben für die Reisegeschwindigkeit gefundenen Werten festhalten. Aus diesen Erörterungen ist zu ersehen, daß es auf eine geringe Ungenauigkeit bei Bestimmung der Werte für die Fahrgeschwindigkeit so sehr nicht ankommt.

— Die früher ermittelten höchsten Fahrgeschwindigkeiten stellen selbstverständlich nicht die überhaupt möglichen Höchstwerte dar. Man kann vielmehr sowohl auf Reibungs-Gebirgsbahnen als auch auf Zahnstangenbahnen noch höhere Geschwindigkeiten erzielen, wenn man die Zugkraft nicht voll ausnutzt. Anwendung wird dies auf den Bahnen finden, die hauptsächlich dem Personenverkehr dienen. Dabei kann man in der Zahnstrecke unbedenklich bis 18 km/St gehen; bei Probefahrten sind noch höhere Geschwindigkeiten erreicht worden. Bei Reibungs-Gebirgsbahnen liegt die zweckmäßige Grenze bei 30 bis 35, höchstens 40 km; — die Schnellzüge der Gotthardbahn erreichen auf der Strecke Erstfeld-Göschenen eine Reisegeschwindigkeit von 27,5 km, die Expreßzüge 38,5 km/St. —

Die **Beschaffungskosten** der Lokomotiven sind für Bahnen mit Zahnstange höher, weil die Lokomotive an und für sich teurer ist und weil bei gleichen Betriebsansprüchen mehr Lokomotiven erforderlich sind.

Die Kosten der Lokomotiven sind naturgemäß großen Schwankungen unterworfen, denn sie werden beeinflusst von

37) Zu beachten ist hierbei, daß bei der Talfahrt auf Reibungsbahnen unter Umständen noch rascher gefahren werden kann.

der wirtschaftlichen Lage, von der Erwerbstätigkeit des Landes, den etwa entstehenden Beförderungskosten, der Zahl der mitzuliefernden Ersatzstücke usw. So betragen z. B. nach der in Rölls Enzyklopädie S. 2323 gegebenen Zusammenstellung die Kosten für dieselbe Maschine ( $\frac{2}{3}$  gekuppelte Tenderlokomotive) in gleichem Jahr, bei der gleichen Verwaltung und im gleichen Land zwischen 871 bis 1081  $\mathcal{M}$  für 1 t Eigengewicht. Die  $\frac{3}{3}$  gekuppelte Güterzuglokomotive kostete in Preußen 727 bis 879  $\mathcal{M}/t$ , in Süddeutschland 800 bis 1191  $\mathcal{M}/t$ . Diese Zahlen zeigen zur Genüge, daß es nicht richtig ist, Mittelwerte aus der Statistik zu berechnen.

Da wir es vor allem mit Tenderlokomotiven zu tun haben, wollen wir mit dem von Wittfeld — Glasers Annalen 1900 S. 152 — angenommenen Satze von 1200  $\mathcal{M}/t$  Leergewicht rechnen. Dieser ist etwas höher als der augenblickliche Preis in Preußen und etwas niedriger als der Durchschnittspreis für Schmalspurlokomotiven in Sachsen. — Die Maschinen der Bahn Landquart — Davos wiegen leer 23 500 kg und kosten 35 000 fr. = 28 400  $\mathcal{M}$ , also 1200  $\mathcal{M}/t$ .

Um die Kosten der Zahnradlokomotiven zu bestimmen, stützen wir uns auf die Angaben des Werkes „Fünfundzwanzig Betriebsjahre der Halberstadt-Blankenburger Eisenbahn“, Harzburg 1898. Nach der in diesem Buch auf S. 94 und 95 angegebenen Zusammenstellung haben die Kosten der Reibungstenderlokomotiven von 23 350 kg Leergewicht im Jahre 1886 18 600  $\mathcal{M}$ , also 800  $\mathcal{M}/t$  betragen. Die in den Jahren 1885 bis 1887 beschafften Zahnradmaschinen von 47 500 kg Leergewicht kosteten 57 000 bis 58 000  $\mathcal{M}$ , also rund 1200  $\mathcal{M}/t$ . Diese Zahlen sind nun allerdings für die Jetztzeit viel zu niedrig, stellen aber, da sie für die gleichen Jahre gelten, gute Vergleichswerte dar. Wendet man sie auf den für Reibunglokomotiven angenommenen Wert von 1200  $\mathcal{M}/t$  an, so erhält man die Kosten von Zahnradmaschinen zu  $1200 \cdot \frac{1200}{800} = 1800 \mathcal{M}/t$ . Von den übrigen Bahnen mit gemisch-

tem Betrieb liegen über die Beschaffungskosten der Lokomotiven zuverlässige Mitteilungen eigentlich nur von der Berner Oberlandbahn vor: Die  $\frac{2}{3}$  gekuppelten Lokomotiven von 23 600 kg Leergewicht kosteten 43 600  $\mathcal{M}$ <sup>38)</sup>, also 1840  $\mathcal{M}/t$ , die  $\frac{2}{2}$  gekuppelten Maschinen von 12 350 kg 21 760  $\mathcal{M}$ , also 1760  $\mathcal{M}/t$ . Diese Werte weichen von dem ermittelten von 1800  $\mathcal{M}/t$  so wenig ab, daß wir mit diesem rechnen wollen. — Bei Aufstellung von Vergleichsentwürfen für bestimmte Linien wird man am besten verfahren, wenn man von leistungsfähigen Maschinenfabriken Angebote einfordert. —

38) Nach Z. d. Vereins D. Ing. 1898; nach Schweiz. Bauzeitung Bd. 25, S. 96 dagegen 44 000  $\mathcal{M}$ .

(Schluß folgt.)