

DIE BAUTECHNIK

16. Jahrgang

BERLIN, 30. September 1938

Heft 42

Die Erwärmung des Abwasserschlammes bei Kläranlagen mit getrennten Faulräumen.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Bauingenieur W. Schmidt, Berlin-Steglitz.

Dr.-Ing. K. Imhoff, Essen, hat in einer Abhandlung¹⁾ die Beziehungen zwischen Temperatur, Gasmenge, Heizung und Raumgröße der Schlammfaulräume städtischer Kläranlagen erläutert. Er hat dort nachgewiesen, daß die Faulung von Abwasserschamm völlig von der Temperatur abhängt, und daß das anfallende Faulgas ausreichen würde, um die Temperatur des Schlammes in den Faulkammern bis auf 50° zu bringen. Der Zweck der Schlammwärmerung sind in jedem Falle die schnellere Ausfäulung des Schlammes, die sich daraus ergebenden geringeren Faulraumgrößen und damit die geringeren Baukosten und der erhebliche Mehranfall von Faulgas. Das Heizwasser kann entweder durch eine besondere mit Faulgas beheizte Kesselanlage beschafft werden, oder es wird, wenn eine Maschinenanlage vorhanden ist, das anfallende heiße Kühlwasser verwendet.

werden kann und der Schlamm unverdünnt, aber schon gleichmäßig erwärmt in die Faulkammern läuft. Eine derartige Anlage ist jederzeit zugänglich und daher auch leicht zu überwachen und zu bedienen. Eine besondere Umwälzung des Schlammes in den Faulkammern ist bei diesem Verfahren nicht notwendig, weil der ganze Schlammhalt gleichmäßig erwärmt ist. Die bei der Zuführung des Schlammes mehrmals am Tage entstehende Bewegung in den Faulkammern genügt vollkommen, um die Gasbläschen in vermehrtem Maße vom faulenden Schlamm zu lösen. Es muß bei der Errichtung einer Schlamm-Umwälz- und -Erwärmungsanlage in geschlossenen Kesseln aber auf die Zweckmäßigkeit und das betriebssichere Arbeiten einer derartigen Anlage besonders geachtet werden, weil sonst die verschiedensten Mängel im Betriebe auftreten können, die sich später nur schwer beseitigen lassen.

Nachstehend soll der Werdegang einer derartigen Schlammwärmerungsanlage auf einem größeren neuzeitlichen Abwasserklärwerk beschrieben werden (Abb. 1 bis 4).

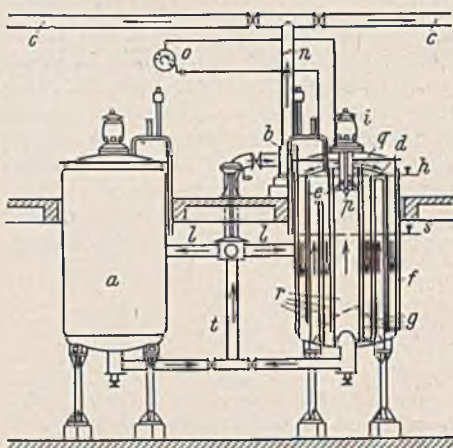


Abb. 1. Längsschnitt und Vorderansicht der Schlammwärmerungsanlage.

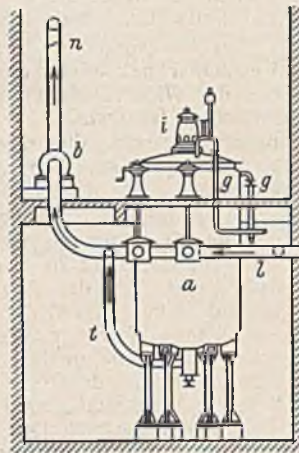


Abb. 2. Seitenansicht der Schlammwärmerungsanlage.

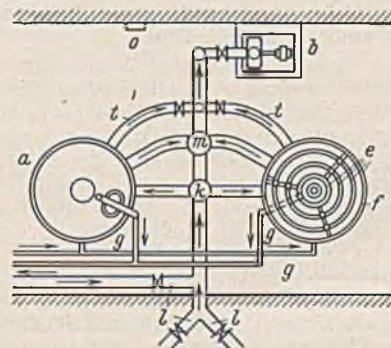


Abb. 3. Grundriß der Schlammwärmerungsanlage.



Abb. 4. Elektrische Synchronuhr für das Ein- und Ausschalten der Schlammförderpumpe.

Die Erwärmung des Schlammes kann auf verschiedene Arten gesehen, und zwar:

1. durch unmittelbaren Heißwasserzusatz zum Abwasserschamm,
2. durch den Einbau von Heizschlangen in den Faulkammern mit Durchlauf von heißem Wasser,
3. durch außerhalb der Faulkammern stehende Schlammkessel mit eingebauten Heizschlangen bzw. Heizkörpern oder mehreren ineinandergestellten doppelwandigen Zylindern (die besonders große Heizflächen bieten) mit Durchlauf von heißem Wasser.

Die erste Art der Schlammwärmerung ist wohl die einfachste, aber auch die unwirksamste. Das ganze Wasser geht verloren und gibt, auch wenn es an der Sohle des Faulraumes eingeführt wird, infolge des naturgemäßen Aufstiegens in die obere Faulwasserschicht nur wenig Wärme an den untenliegenden Schlamm ab. Eine Umwälzung des Schlammes ist hier nicht vorteilhaft, weil bei dem ununterbrochenen Zulauf des heißen Wassers ebensoviel Faulwasser abläuft und dabei durch das Aufwirbeln des Schlammes große Mengen von Schlammteilchen nach außen mitgerissen werden und deshalb nicht zur Ausfäulung kommen (weniger Gasanfall!). In den meisten Fällen muß dieser erhöhte Faulwasseranfall durch eine Pumpe wieder gehoben werden, wodurch ein erhöhter Kraftverbrauch entsteht.

Bei der zweiten Art ist die dauernde und gleichmäßige Erwärmung des Schlammes nur dann möglich, wenn der gesamte Faulkammerinhalt, wenigstens von Zeit zu Zeit, umgewälzt wird. Hierzu ist der Einbau von Schraubenschauflern oder sonstigen mechanischen Einrichtungen in jeder Faulkammer notwendig. Bei ungenügender Umwälzung lagern sich Schlammteile auf den Heizorganen ab, die für die Wärmeabgabe an den übrigen Schlamm isolierend wirken. In vielen Fällen ist auch die Heizfläche im Verhältnis zu dem Schlammhalt der Faulkammern zu klein.

Die dritte Art hat den Vorteil, daß die Erwärmung des Schlammes an irgendeiner passenden Stelle außerhalb der Faulkammern vorgenommen

Die Anlage besteht aus zwei Schlammkesseln (a), aus denen der erwärmte Schlamm durch Spezialpumpen (b) in die einzelnen Faulkammern (c) gedrückt wird. In die Kessel sind drei doppelwandige Zylinder (e) eingebaut, die durch Rohrleitungen miteinander und dem ebenfalls doppelwandigen Kesselmantel (f) verbunden sind. Die Beheizung geschieht durch das im Maschinenhaus anfallende heiße Kühlwasser im Gegenstromprinzip. Das Heizwasser (g) läuft durch den Kesselmantel und die Zylinder mit einer Eintrittstemperatur von etwa 70°. Zwischen den Zylindern und dem Außenmantel wird der Kessel mit Schlamm (r) bis zur bestimmten Höhe (h) gefüllt. Der Kesselinhalt wird durch eine besondere Vorrichtung (i) umgewälzt, um dadurch den einzelnen Schlammteilchen Gelegenheit zu geben, sehr oft an die verhältnismäßig großen Heizflächen heranzukommen, um dort Wärme zu entnehmen.

Das System der gesamten Anlage bei der ersten Inbetriebnahme ist in Abb. 1 bis 3 dargestellt. Der Schlammzulauf wurde durch einen Vierwegeschieber (k), der in der Gefälleleitung (l) eingebaut war, von Hand betätigt. Beide Kessel konnten nur hintereinander gefüllt werden. Hinter den Kesseln war ein weiterer Vierwegeschieber (m) in der Saugleitung zur Schlammförderpumpe eingebaut, der die Möglichkeit gab, die beiden Kessel abwechselnd zu entleeren. Ein gleichzeitiges Entleeren beider Kessel war nicht möglich. Allerdings ließen sich beide Schieber so einstellen, daß der ankommende Schlamm der Pumpe unmittelbar, d. h. also ohne Berührung der Erwärmungskessel, zulaufen konnte. Dieser Fall trat ein, wenn die Kessel auszubessern waren. Die Schlammpumpe (b) stand damals im Erdgeschoß des Schlammwärmerungshauses und mußte daher den zu fördernden Schlamm aus den Kesseln oder den Gefälleleitungen absaugen und in die Faulkammern drücken. Die Umwälzung des Kesselinhalts geschah durch Schraubenschaufler (i), die senkrecht über dem mittleren Zylinder im Kessel aufgestellt waren. Durch das Heben des Schlammes aus diesem Zylinder und sein Fördern zur äußersten Kesselwandung über einen Verteilungsschirm (d) sollte ein dauernder und lebhafter Kreislauf des Schlammes erzielt werden. Der Schlamm sollte in den Kesseln auf etwa 35° erhitzt werden, um in den

¹⁾ T. Gmdbl. 1936, Nr. 7.

Faulkammern eine ständige Temperatur von 23 bis 25° zu behalten. Die damals anfallende tägliche Schlammmenge betrug etwa 350 m³, der abzapfende Teil der Kesselfüllung von s bis h rd. 7 m³. Es mußte also $\frac{350}{7} = 48$ mal in 24 Stunden gepumpt werden, d. h. alle 30 min. Der Antrieb der Pumpe wurde durch eine elektrische Synchronuhr (o) geregelt, die in einer Stunde eine Umdrehung machte und durch aufgeschraubte Nocken die Ein- und Ausschaltung des Motors veranlaßte (Abb. 4). Durch die Leitung (t) unter den Kesseln konnten diese ganz entleert werden.

So sinnreich die bis hierher beschriebene Anlage auch durchgearbeitet war, mußte ihr der Erfolg doch versagt bleiben.

Es zeigten sich nach der Inbetriebnahme derartige Mängel, daß die Anlage mehr stand als lief. Diese Mängel bestanden in der Hauptsache aus folgendem:

a) Die Schlammförderpumpe versagte meistens, weil in der Höhenlage das Pumpengehäuse über dem höchsten Schlamm Spiegel der Kessel lag. Durch das Abwandern der sich nach dem Pumpen in der Saugleitung bildenden Gasblasen nach oben entstand in dem Pumpengehäuse ein Gaspolster, das jede Schlammförderung unmöglich machte (s. Abb. 1 u. 2). Die Pumpe wurde erst dann wieder betriebsfähig, wenn durch das Öffnen der Rückschlagklappe (n) von oben Schlamm zugelassen und gleichzeitig das Gas aus dem Pumpengehäuse abgelassen wurde. Auch nach dem späteren Hinuntersetzen der Pumpe in den Tiefkeller traten immer wieder Störungen auf. Ein Teil der sich bei der Schlammumwälzung mittels der Schraubenschaufler bildenden Faserstricke gelangte in die Pumpe, klemmte sich dort ein und brachte diese zum Stillstande.

b) Die Schraubenschaufler blieben sehr oft, manchmal vier- bis fünfmal täglich, wegen Überlastung stehen. Die Überlastungen zeigten sich in dem Durchbrennen der Motorsicherungen. Bei näherer Untersuchung stellte sich heraus, daß sich durch die Fliehkraft der umlaufenden Pumpenschaufler (p) die im Schlamm enthaltenen Fasern zu dicken Stricken sammengedreht und zwischen das Gehäuse und die Schaufler der Pumpe geklemmt hatten. Außerdem hatten sich in den meisten Fällen auch kleine Holzteilchen (Streichhölzer usw.) zwischen das feststehende Lager (q) und die bewegliche Pumpenschaufler (p) geklemmt. In das Kugellager (q) drang trotz bester Abdichtung der Stopfbüchse Schlamm, der das Lager nach kurzer Zeit unbrauchbar machte. Der Einbau einer Fettdruckpresse hat diesen Übelstand wohl gemildert, aber nicht beseitigt.

c) Durch das Versagen der Schlamm Spiegel-Höhenanzeige an den Eindickungsbehältern sind die Kessel bei dem Abmontieren der Umwälzpumpen verschiedene Male übergelaufen.

d) Bei dem vielen Herausnehmen der Umwälzpumpen zwecks Beseitigung der unter b) genannten Ursachen entströmte den Kesseln aus der frei gewordenen oberen Öffnung ein derartig widerlicher Gestank, daß die in diesem Raum tätigen Wärter und Handwerker zunächst flüchten mußten. Dem Kessel entströmte im ersten Augenblick so viel Schwefelwasserstoff, daß ein Arbeiten an der Pumpe erst nach längerem Entlüften einem Menschen überhaupt zugemutet werden konnte. Der Schlamm im Kessel war bereits stark angefault, und der Schwefelwasserstoff konnte bei geschlossenem Kessel nicht entweichen. Die Umwälzpumpen wurden schließlich als völlig unbrauchbar beiseite gestellt, und der Schlamm wurde dann längere Zeit bei offenen Kesseln ohne Umwälzung erwärmt. Die Luft in dem Kesselraum war nun unerträglich. Durch die unvollkommene Erwärmung des Schlammes war die angestrebte Temperatur in den Faulkammern bei diesem Verfahren der Schlammbehandlung nicht zu erreichen. Längere Zeit wurde der Schlamm ungewärmt unter Zusatz des heißen Wassers in die Faulkammern gepumpt. Auch dieses Verfahren befriedigte wegen der bereits zu Anfang genannten Nachteile keineswegs. Eine inzwischen beschaffte Spezialumwälzpumpe versagte schon bei den ersten Versuchen.

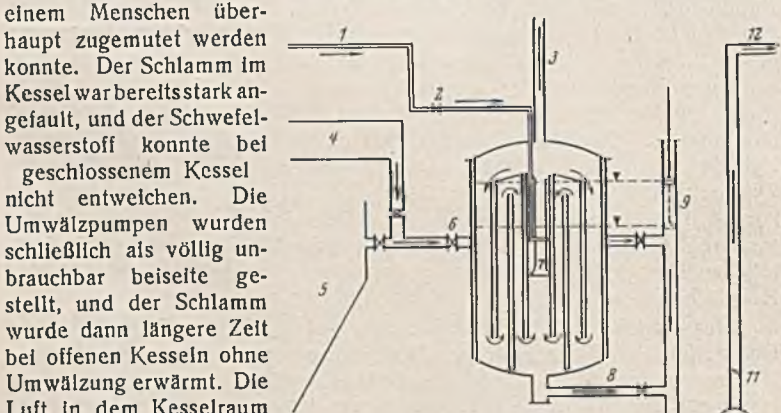


Abb. 5.

Schema der umgeänderten Schlamm-erwärmungsanlage.

- 1 Druckluftzuführung, 7 Mammutpumpe,
- 2 Elektrischer Luftschieber, 8 Entleerungsleitung,
- 3 Entlüftungrohr, 9 Schwimmeranlage,
- 4 Schlammkanal, 10 Schlammförderpumpe,
- 5 Schlammindickbehälter, 11 Rückschlagklappe,
- 6 Elektrischer Schlamm-einlaßschieber, 12 Druckleitung nach den Faulkammern.

daß das bei dem Entwerfen der Anlage gesteckte Ziel auch in jeder Weise erreicht wurde. Es galt, die unter a bis d genannten Mängel restlos zu beseitigen.

Nacheinander wurden nun folgende Änderungen und Ergänzungen vorgenommen (s. Abb. 5):

1. Anstatt des Schraubenschauflers wurde zunächst versuchsweise bei dem einen Kessel eine Mammutpumpe (7) eingebaut. Die eingehenden Umwälzversuche wurden mit reinem Wasser in offenem Kessel durchgeführt. Am Kessel selbst und der Heizeinrichtung wurde nichts geändert. Die Versuche ergaben, daß die Umwälzung sehr gut war. Ungefähr 20 l/sek Luft genügten, um den gesamten Kesselinhalt von rd. 20 m³ Schlamm ausreichend umzuwälzen. Bei diesem Verfahren traten zu Anfang Bedenken auf, daß beim Abpumpen die eingeblasene Luft mit in die Faulkammern gelangen und dort ein gefährliches Gas-Luft-Gemisch (Knallgas) bilden könne. Diese Bedenken wurden dadurch behoben, daß

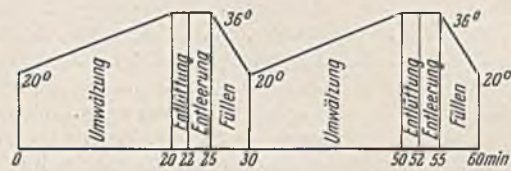


Abb. 6.

Arbeitsvorgänge in den Schlamm-erwärmungskesseln.

in die Luftleitung (l) ein kleiner elektrischer Schieber (2) eingebaut wurde, dessen Schaltung zunächst durch eine weitere Synchronuhr nach der eingestellten Zeit betätigt wurde. Es ergab sich aber, daß die jetzt vorhandenen zwei Schaltuhren nicht gleichmäßig liefen. Der Unterschied betrug in 24 Stunden rd. 8 min. Die Arbeitsvorgänge im Kessel hätten sich demnach überschritten, und es wäre nach kurzer Zeit zu einem wilden Durcheinander gekommen. Die Schaltung für die Schlammförderpumpe und den Luftschieber mußte, wenn der Betrieb ganz sicher werden sollte, durch eine gemeinschaftliche Schaltuhr betätigt werden. Der Schalter für den Luftschieber wurde nunmehr an die alte Uhr angebaut. Die Schaltnocken für diesen Schieber wurden auf die Rückseite des Zifferblattes gesetzt, und nun klappte der Betrieb ganz ausgezeichnet. Auf diese Weise wurde die sichere Gewähr geschaffen, daß die Schlamm-

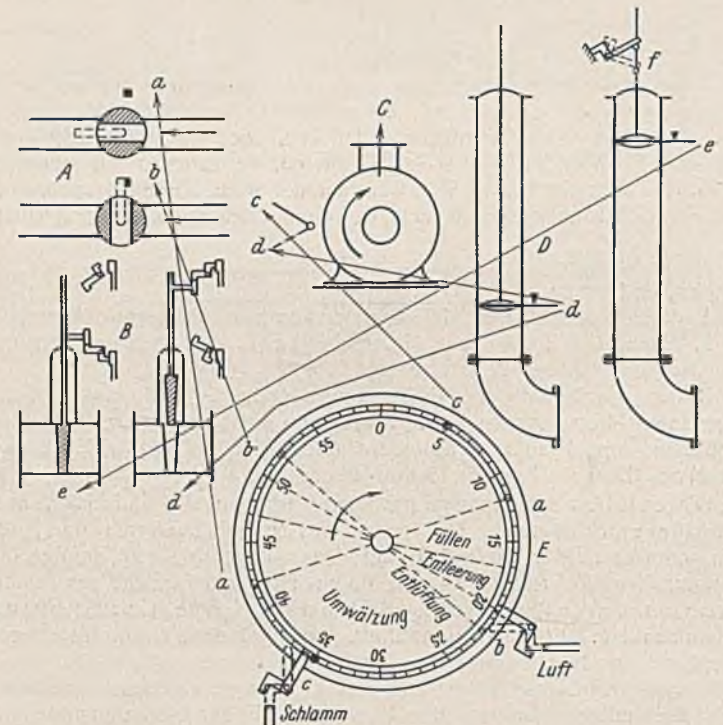


Abb. 7. Schematische Darstellung der einzelnen Schaltungs- und Sicherungsvorgänge.

- A Elektrischer Druckluftschieber, B Elektrischer Schlammzulaßschieber, C Schlammförderpumpe, D Schwimmeranlage, E Elektrische Synchronuhr.
- (Auf der vorderen Seite der Uhr die Schaltnocken für die Schlammförderpumpe, auf der Rückseite für den Luftschieber).

Reihenfolge der in Abb. 7 dargestellten Arbeitsvorgänge.

1. Schaltung a durch Synchronuhr: Öffnen des Luftschiebers, Stromkreis für Schlammförderpumpe unterbrochen, Schlammumwälzung in den Kesseln.
2. Schaltung b durch Synchronuhr: Schließen des Luftschiebers, Stromkreis für Schlammförderpumpe geschlossen, Entweichen der Luft aus dem Schlamm.
3. Schaltung c durch Synchronuhr: Einschalten der Schlammförderpumpe, aber nur, wenn Schlamm Spiegel e erreicht und dadurch der Stromkreis bei f geschlossen.
4. Schaltung d durch Schwimmer: Ausschalten der Schlammförderpumpe bei Erreichung des tiefsten Schlamm Spiegels, Öffnen des Schlammzulaßschiebers, Füllen des Kessels.
5. Schaltung e durch Schwimmer: Schließen des Stromkreises für die Schlammförderpumpe, Schließen des Schlammzulaßschiebers.

Es mußte nun unbedingt eine Möglichkeit gefunden werden, die bestehende Schlamm-erwärmungsanlage mit einfachen Mitteln so zu verbessern,

förderpumpe niemals in der Zeit arbeiten kann, während deren das Umwälzen des Schlammes stattfindet, d. h. es kann nun unter keinen Umständen bei der Schlammförderung Luft in die Faulkammern mitgerissen werden (s. Abb. 7). Nachdem die Arbeitsvorgänge noch einige Tage beobachtet wurden, konnte der Kessel geschlossen und mit Schlamm gefüllt werden. Durch ein Tauchthermometer konnte sofort festgestellt werden, daß der mit 19° einlaufende Schlamm nach 20 min auf etwa 36° erwärmt war. In Abb. 6 ist die Einteilung der Arbeitsvorgänge im Kessel für 1 Stunde dargestellt. Die vorgesehenen 2 min für das Entweichen der Druckluft aus dem Schlamm sind sehr reichlich bemessen. Bei offenem Kessel wurde beobachtet, daß die im Schlamm enthaltene Luft nach Beendigung der Umwälzung in einigen Sekunden nach oben entwichen war. Für das Ableiten der Luft wurde im Deckel des Kessels ein Entlüftungsrohr (3) eingebaut, aus dem auch der sich im Kessel bildende Schwefelwasserstoff, der gleichzeitig durch die austretende Luft erheblich verdünnt wird, entweichen kann. Bei diesem Umwälzverfahren können sich durch die sprudelnden Bewegungen des Schlammes keine Faserstricke oder Ansammlungen von Streichhölzern mehr bilden. In den Kessel geworfene Schlammfladen und Faserknäuel waren in wenigen Augenblicken vollständig in aller kleinste Teile auseinandergerissen. Das vorher so unzuverlässig arbeitende und umständliche Umwälzverfahren war somit in ein einfaches und betriebsicheres umgewandelt. Es ist damit grundsätzlich erreicht worden, daß kein beweglicher Maschinenteil im Schlamm arbeitet. Der zweite Kessel wurde nun ebenfalls umgebaut und in Betrieb gesetzt. Beide Kessel können gleichzeitig gefüllt und auch gleichzeitig entleert werden.

2. Die Schlammförderpumpe wurde, wie schon erwähnt, in den Tiefkeller gestellt. Die Saug- und Druckleitungen wurden entsprechend geändert. Gleichzeitig wurde ein zweites Pumpenaggregat als Reserve aufgestellt. Die Schaltungsvorrichtung durch die elektrische Synchronuhr blieb und wurde nur so abgeändert, daß entweder der Motor von Pumpe I oder von Pumpe II geschaltet werden kann. Die früheren Mängel traten bei der Umwälzung mit Luft nicht mehr auf, weil sich keine Faserstricke bildeten.

3. Anschließend wurde noch die elektrisch-selbsttätige Sicherung des höchsten und niedrigsten Schlammspiegels in den Kesseln durch den Einbau von zwei elektrischen Schiebern in den Zulaufleitungen (6) und einer Schwimmeranlage (9) hergestellt. In Abb. 7 ist die endgültige Arbeitsweise und die Art der verschiedenen Sicherungen ersichtlich. Die unzuverlässige Schlamm Spiegel-Höhenanzeige an den Eindickungsbehältern ist durch den Einbau der erwähnten Schieber und Schwimmeranlage überflüssig geworden.

4. Die unter Punkt d erwähnten Mängel sind durch die unter 1 und 3 genannten Umbauten und Ergänzungen von selbst verschwunden. Die Kessel brauchen nicht mehr geöffnet werden. Die Luft im Schlamm-erwärmungshaus ist jetzt einwandfrei.

Der Werdegang der jetzt in jeder Beziehung einwandfreien Schlamm-erwärmungsanlage ist allerdings sehr zeitraubend gewesen, hat aber doch zum vollen Erfolg geführt. Die Temperatur in den Faulkammern wird nun auf die notwendige Höhe steigen, wodurch eine verkürzte Faulzeit und auch ein erhöhter Gasanfall von über 30 l/Kopf und Tag erreicht wird. Die früheren Betriebskosten für Strom und Schmiermittel betragen im Jahr rd. 4200 RM, bei nur 3,1 Rpf/1 kWh. Die jetzigen Betriebskosten belaufen sich nach dem Wegfall der beiden Umwälzpumpen nur noch auf 700 RM, so daß außer der besseren Wirkungsweise der Anlage auch noch eine Verminderung der Betriebskosten auf ein Sechstel der früheren Aufwendungen erreicht wurde.

Überall da, wo die künstliche Erwärmung des Abwasserschlammes die Faulzeit verkürzen soll und ein höherer Gasanfall betrieblich notwendig ist, kann die Errichtung der vorstehend beschriebenen Kesselanlage als die wirksamste empfohlen werden. Auch bei bestehenden Kläranlagen mit getrennten Faulräumen ist die Zwischenschaltung einer derartigen Schlamm-erwärmung ohne allzu große Kosten und ohne Betriebsunterbrechung möglich. Bei bestehenden zweistöckigen Kläranlagen, wo der vorhandene Faulraum infolge des Anwachsens der Abwassermenge nicht mehr ausreicht und ein besonderer Nachfaulbehälter errichtet werden muß, ist es ratsam, eine Schlamm-erwärmung zwischenzuschalten. Die Baukosten vermindern sich dadurch erheblich.

Alle Rechte vorbehalten.

Einiges über die Gestaltung massiver Bogenbrücken.

Von G. Schaper.

(Fortsetzung aus Heft 38.)

II. Massive Bogenbrücken.

Unter massiven Bogenbrücken werden auch Bogenbrücken aus Eisenbeton verstanden, bei denen die Bogen die Fahrbahn überragen können. Die nachfolgenden Erörterungen sollen sich aber nur auf Brücken mit unter der Fahrbahn liegenden Bogen und nur auf Brücken mit mehreren Öffnungen beschränken. Die Bogen können nach einem Kreissegment oder nach der Stützlinie geformt sein, sie können auch Korbbogenform haben.

Ebenso wie bei den Vladukten kann bei den massiven Bogenbrücken durch Formgebung nach rein statischen Gesichtspunkten unter Außerachtlassung der Gesetze guter Gestaltung das Brückenbild sehr verdorben werden. Die Formen, die einer guten Gestaltung entsprechen, brauchen nicht in Widerspruch mit den statischen Erfordernissen zu stehen. Das Mehr an Baustoffen, das unter Umständen eine gute Formgebung erfordert, kann so verteilt und geformt werden, daß es der Standsicherheit zugute kommt.



Abb. 33 u. 33a (untere Abbildung).

Die Straßenüberführung über eine Eisenbahn ist ein typisches Beispiel dafür, wie schlecht ein Brückenbild werden kann, wenn die statischen Gesichtspunkte allein maßgebend sind. Die 5 Öffnungen haben von links nach rechts 5, 11, 28, 11 und 11 m lichte Weite. Die Fahrbahn hat starkes Längsgefälle. Das linke Gewölbe ist nach einem Halbkreis, die drei Gewölbe mit 11 m lichter Weite sind nach einem Kreissegment und das große Gewölbe ist nach der Stützlinie geformt. Die Kämpfer des linken Gewölbes, des Nachbargewölbes und des großen Gewölbes liegen ungefähr in gleicher Höhe, die Kämpfer der beiden Gewölbe der rechten Seite liegen viel höher. Der am weitesten links stehende Pfeiler ist auf beiden Seiten senkrecht begrenzt und hat kräftige Abmessungen; der am weitesten rechts stehende Pfeiler ist sehr schlank und auf beiden Seiten senkrecht begrenzt; die beiden Pfeiler, die die große Öffnung einschließen, sind auf den Seiten, die der großen Öffnung zugekehrt sind, bogenförmig und auf den anderen Seiten im oberen Teil senkrecht und im unteren Teil schräg begrenzt. Das Brückenbild ist äußerst häßlich. Das Durcheinander von Formen der Gewölbe und Pfeiler, die unorganisch verschiedenen hohe Lage der Kämpfer und die Art der Steinverkleidung der Pfeiler gönnen den Augen des Beschauers nirgends eine Ruhe.

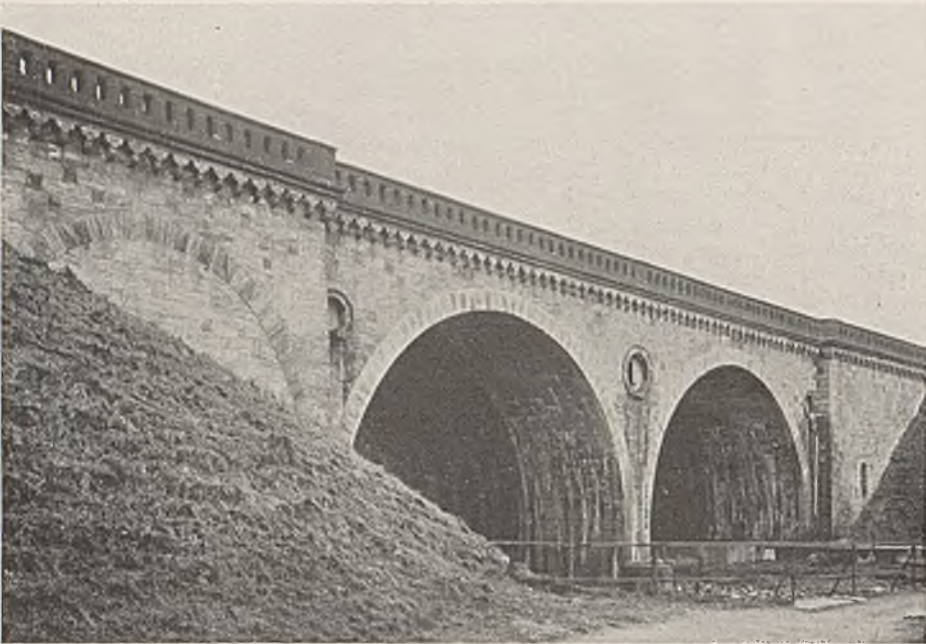


Abb. 34.

Brücke über die Oker der Strecke Goslar—Vienenburg. Die ganz in Natursteinen gemauerte Brücke hat 2 Öffnungen mit Halbkreisgewölben, die bis auf die Geländehöhe hinunterreichen. Die Parallelfügel der Widerlager treten etwas vor die Stirnmauern und die Gewölbe vor und rahmen dadurch die Gewölbe gut ein. Die Brüstung ist massiv und durchbrochen, sie wird von einem Gesims getragen, das von Konsolsteinen gestützt wird. Das Brückenbild ist ruhig und vornehm.



Abb. 35.

Alte, aus der Zeit um 990 stammende Brücke über die Nahe bei Bingen. Die 5 Öffnungen sind mit Halbkreisbogen überspannt, die bis zur Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes herunterreichen. Die massive Brüstung bildet mit den Stirnmauern eine nicht unterteilte Fläche. Die Pfeiler haben dreieckige Vorlagen, die oben in einer Spitze auslaufen. Die ruhig und schön gestaltete Brücke steht harmonisch im Landschafts- und Stadtbild.

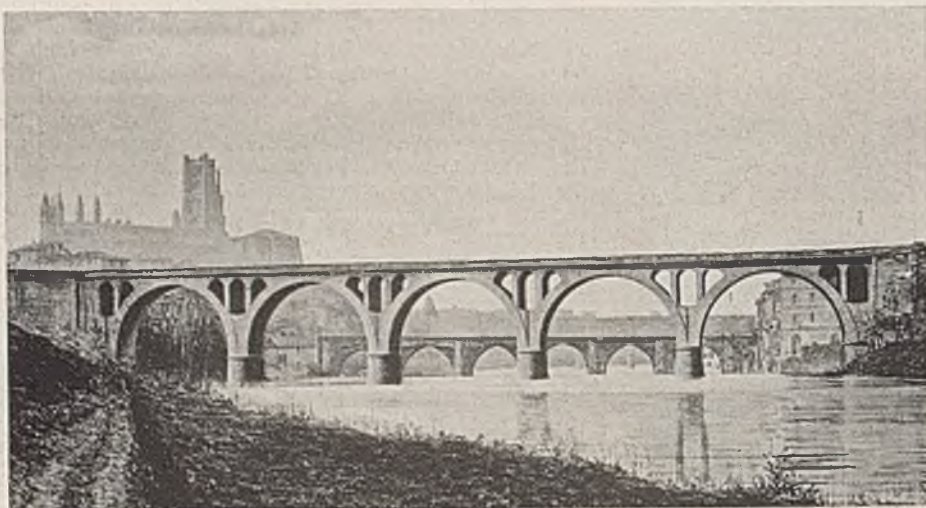


Abb. 36.

Brücke in der Stadt Albi in Frankreich. Die Halbkreisgewölbe der 5 Öffnungen stützen sich auf kräftige, vorn und hinten abgerundete Pfeiler. Die Gewölbezwickel sind durch Öffnungen durchbrochen, die mit Halbkreisgewölben überspannt sind. Die Brüstung ist massiv. Die Höhenlage der Fahrbahn ist durch ein kräftiges Gesims betont. Das Brückenbild ist trotz der Öffnungen in den Gewölbezwickeln ruhig und vornehm.

Halbkreisbogen gehen stetig ohne jede Härte in die Pfeiler über. Ebenso schmiegen sich die Leibungen der Korbbogen sanft an die Pfeilerumrisslinien an. Auch mit Korbbogen lassen sich sehr schöne Brückenbilder erzielen, wie die folgenden Bilder zeigen.

Abb. 37.

Südliche Karlsbrücke in Nürnberg. Die im Jahre 1728 aus Sandstein erbaute Brücke hat 2 Öffnungen von je 14,60 m lichter Weite, die von Korbbogengewölben überspannt sind. Die Korbbogen enden in der Höhe der Wasserfläche im Pfeiler und in den Widerlagern. Der Pfeiler hat eine Vorlage, die im unteren Teil spitz ausläuft und im oberen Teil halbkreisförmig ist. Eine Aussparungsöffnung durchdringt den oberen Teil. Die vollwandige, steinerne Brüstung ist von einem Gesims gekrönt und durch ein Gesims von der Stirnmauer getrennt. Die Brücke ist ein schönes Baudenkmal aus der damaligen Zeit.



Abb. 38.

Brücke über die Bidassoa in Frankreich. Auch bei dieser Brücke schmiegen sich die Leibungen der Korbbogengewölbe in der Höhe der Wasserfläche an die Pfeiler an. Die Pfeiler sind durch runde Vorlagen betont, die bis zur Oberkante des eisernen, zierlichen Geländers durchgehen. Das Brückenbild ist schön gegliedert und ansprechend.

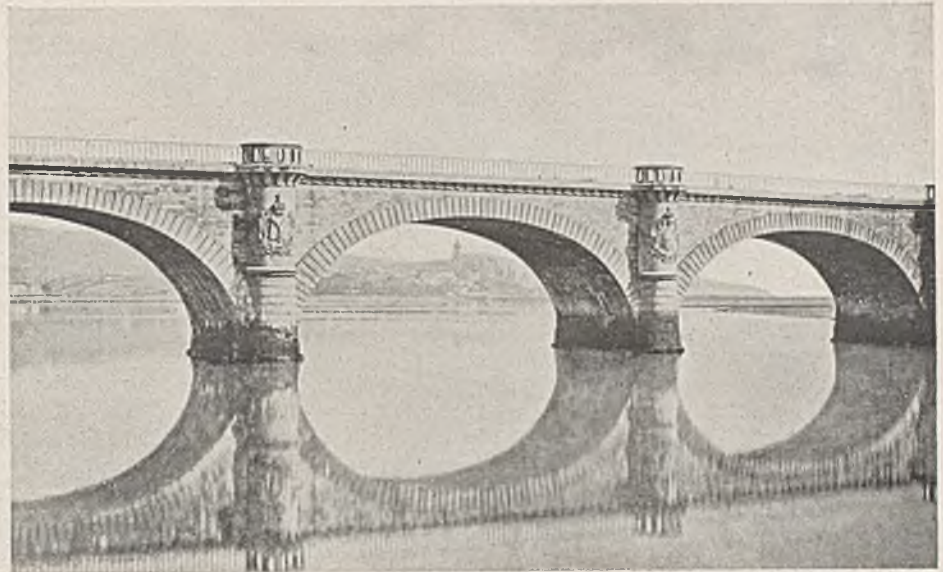
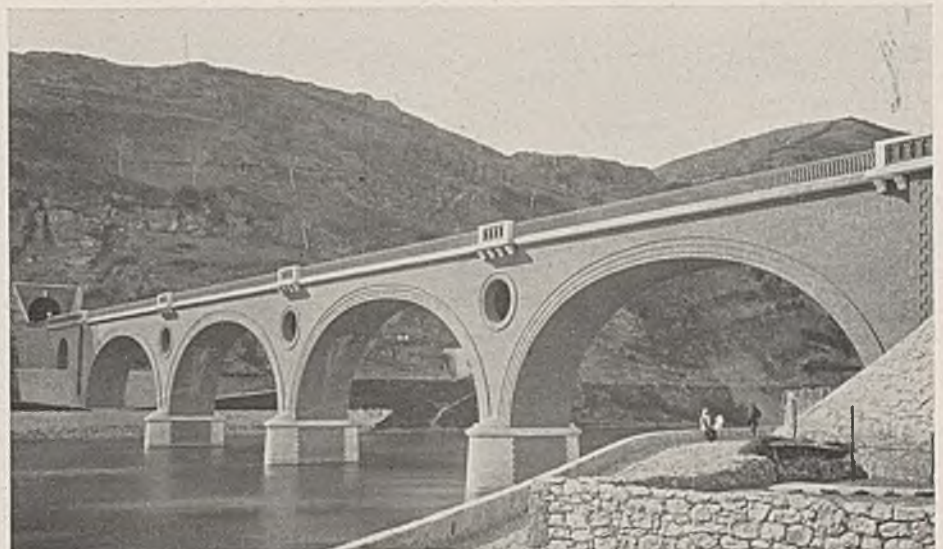


Abb. 39.

Brücke von Luzech in Frankreich. Bei dieser im Jahre 1870 in der Hauptsache aus Ziegelsteinen hergestellten Brücke ist der Fluß mit vier Korbbogengewölben überbrückt, deren Leibungen in Höhe von einigen Metern über der Wasserfläche in die Seitenflächen der Pfeiler übergehen. Die Pfeiler treten vor die Gewölbekämpfer vor und sind vorn und hinten abgerundet. In der Höhe der Gewölbekämpfer laufen kräftige Gesimse um die Pfeiler herum. Die Gewölbe sind dadurch hervorgehoben, daß ihre Stirnen in drei Ringen vor die Flächen der Stirnmauern hervorspringen. Über den Pfeilern haben die Stirnmauern kreisförmige, mit hervortretenden Ringen umsäumte Aussparungsöffnungen und die Geländer kleine, gemauerte Austrittskanzeln, die von je vier Konsolsteinen gestützt werden. Das zierliche, elserne Geländer wird von einem kräftigen Gesims getragen. Die Brücke ist fein gestaltet und schön gegliedert.



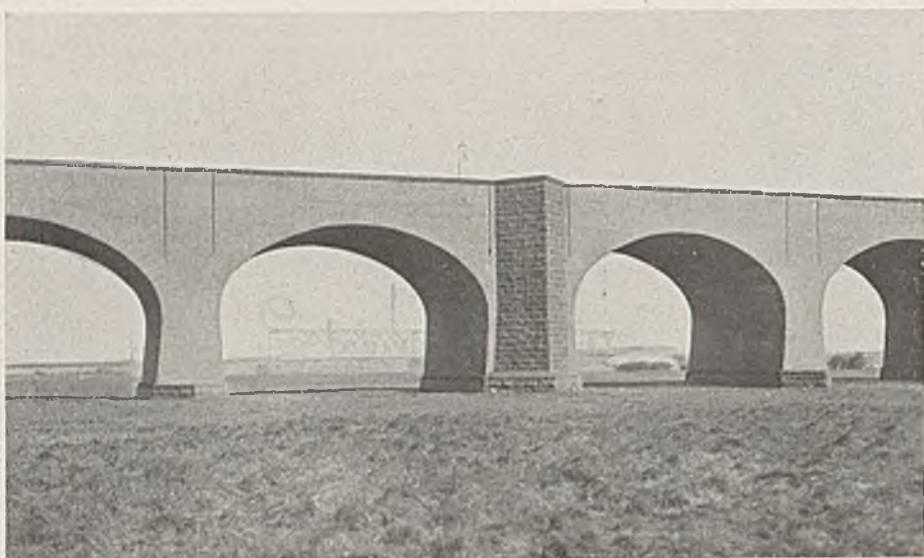


Abb. 40.

Vorlandöffnungen der Rheinbrücke bei Duisburg-Hochfeld. Das Vorland dieser neuen Rheinbrücke wird mit Korbbogengewölben überspannt, deren Leibungen in Höhe von einigen Metern über dem Gelände in die kräftig anlaufenden Seitenflächen der Pfeiler übergehen. Die Brüstung ist ebenso wie die Gewölbe, die Stirnmauern und die Pfeiler aus Ziegelsteinen hergestellt und liegt ohne Unterteilung bündig mit den Stirnmauern. Eine Abdeckung aus Basaltlavaplatten krönt die Brüstung. Jeder sechste Pfeiler ist als Gruppenpfeiler ausgebildet, er ist viel breiter als die anderen und hat eine dreieckige Vorlage aus Basaltlavaquadern erhalten. Diese Vorlandbrücke macht einen ruhigen, vornehmen Eindruck.

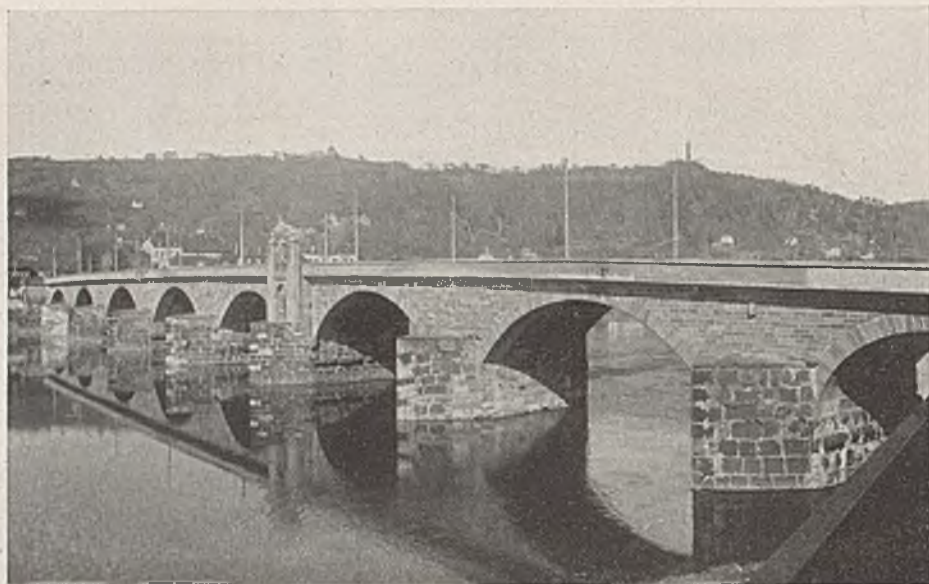


Abb. 41.

Römerbrücke in Trier. Die Brücke überschreitet in 8 Öffnungen, die von Kreissegmentbogen überspannt sind, die Mosel. Die Pfeiler, die aus Basaltlava gemauert sind, stammen teilweise aus der Zeit des römischen Kaisers Konstantin, die älteren Teile der Gewölbe aus dem Mittelalter, vor die auf der stromaufwärts gelegenen Seite im Jahre 1931 zur Verbreiterung der Brücke ein 3 m starkes Stück aus rotem Sandstein davorgesetzt wurde, wie es die Abbildung zeigt. Die Pfeiler haben auf der stromaufwärts gelegenen Seite stark vorspringende, zugespitzte Vorköpfe, die 0,5 m über den Gewölbekämpfern endigen. Einer der mittleren Pfeiler hat im Jahre 1931 einen neuen, dem ursprünglichen nachgebildeten, bildhauerischen Schmuck erhalten.



Abb. 42.

Eisenbahnbrücke über den Inn bei Rosenheim. Die im Jahre 1856 aus Nagelfluh erbaute Brücke hat 7 Öffnungen von je 21,89 m lichter Weite, die von ziemlich flachen Kreissegmentbogen auf kurzen kräftigen Pfeilern überspannt sind. Zu beiden Seiten dieser 7 Öffnungen befindet sich noch je eine kleine Öffnung von je 5,25 m lichter Weite. Die Pfeiler haben beiderseits vorn zugespitzte Vorköpfe, die in Kämpferhöhe aufhören. Die obere Gewölbeline ist nicht bogenförmig, sie ist den Schichten des Stirnmauerwerks entsprechend zickzackförmig. Das Bild der Brücke ist sehr ansprechend.

Abb. 43.

Eisenbahnbrücke über die Amper in der Strecke München—Buchloe. Die aus der gleichen Zeit wie die Innbrücke stammende und aus demselben Baustoff hergestellte Brücke wirkt weniger günstig als die Innbrücke, weil die Pfeiler verhältnismäßig sehr hoch sind und daher für die Segmentbogen den Eindruck mangelhafter Standfestigkeit hervorrufen. Die 4 Öffnungen haben je 16 m lichte Weite. Die Parallelfügel der Widerlager treten so weit vor die Gewölbbestirnen vor, daß die den Pfeilern nachgebildeten Auflagermauern nicht über sie hinausragen. Die Pfeiler treten auf beiden Seiten mit abgerundeten Vorköpfen vor die Stirnmauern hervor. Ein kräftiges Gesims läuft um den Kopf der Pfeiler in der Höhe der Gewölbekämpfer herum. Eine kleine Kappe vermittelt den Übergang vom Pfeilervorkopf zu der Stirnmauer. Das eiserne Geländer wird von einem kräftigen Steingesims getragen.



Abb. 44.

Gewölbe über dem Vorland der Rheinbrücke bei Engers. Die aus Basaltlava hergestellte Vorlandbrücke hat Öffnungen von 32,5 m lichter Weite, die von Kreissegmentbogen überwölbt sind. Die steinere Brüstung bildet mit den Stirnmauern eine Fläche. Die Pfeiler sind kräftig und gedungen. Die Pfeilervorköpfe reichen bis zur Höhe der oberen Gewölbeline. Eine kleine Abtreppe vermittelt den Übergang vom Pfeilervorkopf zu der Stirnmauer. Das Brückenbild ist wuchtig, einfach und ansprechend.

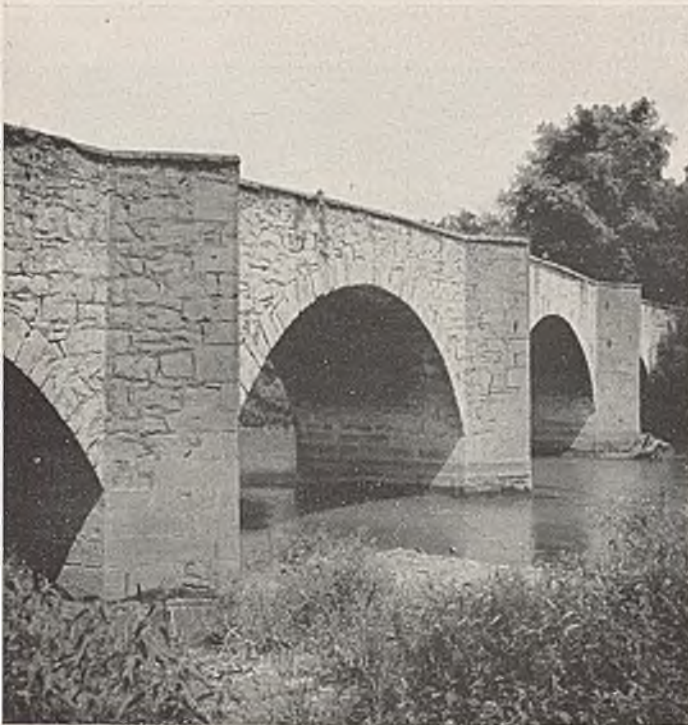
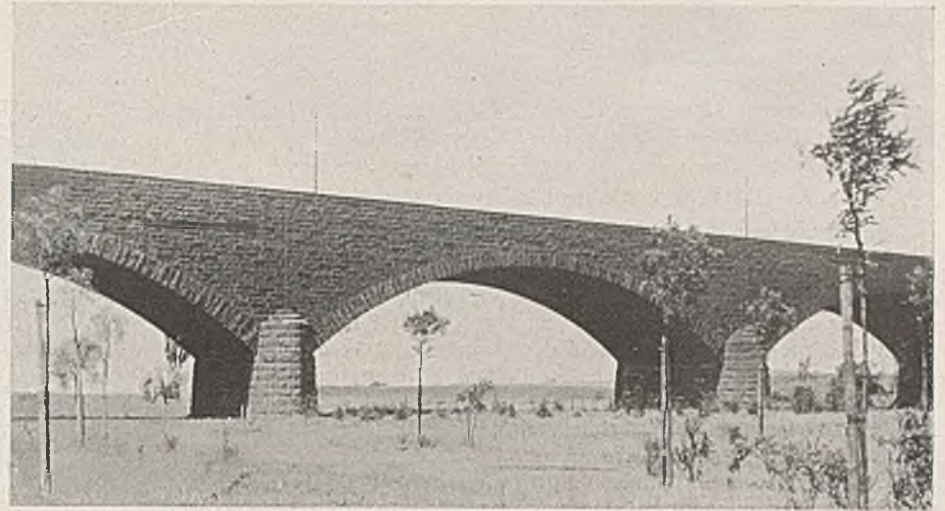


Abb. 45.

Eine alte, aus Bruchsteinen gemauerte Brücke mit Kreissegmentbogen und dreieckigen Pfeilervorlagen, die bis zur Oberkante der inneren Brüstung reichen. Brüstung und Stirnmauer bilden eine Fläche. Das Aussehen der Brücke ist schlicht und gut.

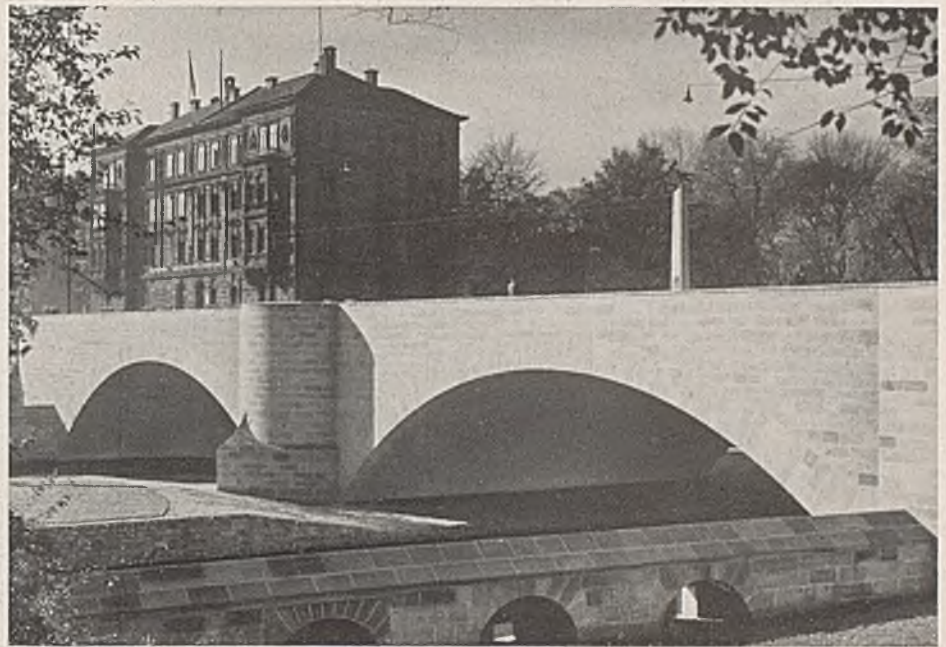


Abb. 46.

Wilhelm-Gustloff-Brücke in Nürnberg. Die Brücke ist im Jahre 1697 erbaut und im Jahre 1936 umgebaut und verbreitert worden. Die lichten Weiten der beiden mit Segmentbogen überspannten Öffnungen betragen 27,54 und 27 m. Der kräftige Pfeiler hat einen Vorkopf, der im unteren, bis zur oberen Gewölbeline reichenden Teil vorn zugespitzt und im oberen, bis zur Oberkante der steinernen Brüstung reichenden Teil halbkreisförmig ist. Ein vorn zugespitzter Körper leitet vom unteren zum oberen Teil des Vorkopfes über. Brüstung und Stirnmauer bilden eine Fläche. Die Verkleidung der Brücke besteht aus Sandsteinen. Das Brückenbild ist sehr gut. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

Der Zugspitzstollen Schneefernerhaus-Zugspitzeck.

Von Stadtbaudirektor Dr.-Ing. A. Gut, München.

Südhang und Nordhang des Zugspitzmassivs sind unlängst durch einen Stollen verbunden worden, der unter Fels und Eis in 150 m Tiefe unter dem südlichen Zugspitzgrat hindurchführt. Veranlassung zu dem Stollenbau gab die Herbeiführung einer Betriebseinheit zwischen der Bayerischen und der Tiroler Zugspitzbahn.

Die in den Jahren 1928 bis 1931 erbaute Bayerische Zugspitzbahn führt bekanntlich als Reibungsbahn von Garmisch-Partenkirchen bzw. als Zahnradbahn von Grainau zum Hotel Schneefernerhaus auf 2650 m Höhe. Das Schneefernerhaus (Abb. 7) liegt auf dem

ihr selbst betrieben. Im Februar 1937 wurden die Tiroler Zugspitzbahn und die mit ihr verbundenen Berghotels Obermoos und Zugspitzkamm durch die Bayerische Zugspitzbahn AG erworben und von ihr in Verwaltung genommen. Schon vorher hatte die Tiroler Zugspitzbahn von

SBU - A	75 m
A - B	60 "
B - C	20 " Treppe 40 Stufen 25-10 cm
C - D	70 "
D - I	50 "
275 m	

I	Anschlußstelle an bestehenden Stollen
D	Querschlag Fenster 5
B	" " " 4
F ₃	" " " 3
F ₂	" " " 2
SBU	Stollenmund



Abb. 1. Übersichtsplan über die Bayerische und die Tiroler Zugspitzbahn nebst Verbindungsstollen.

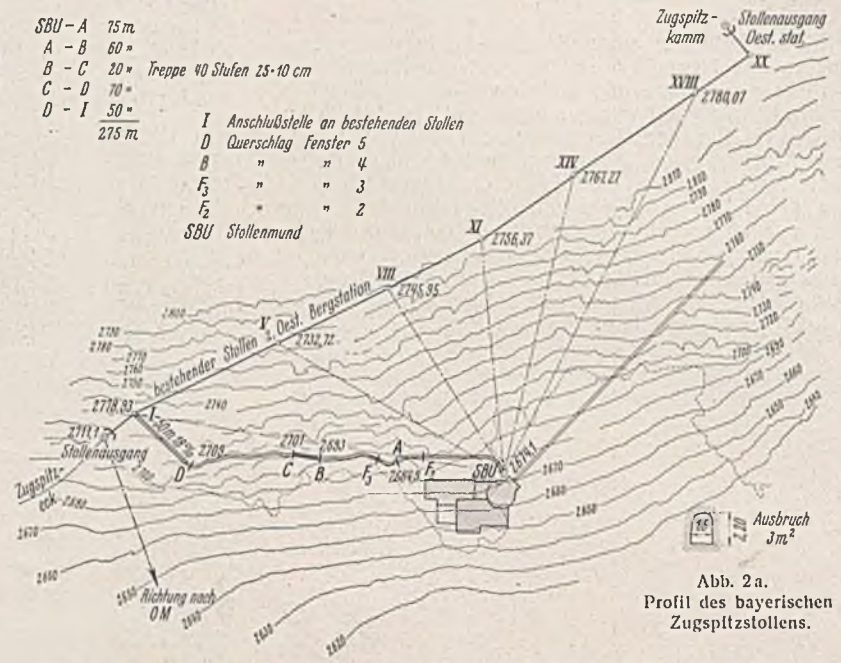


Abb. 2. Lageplan des bayerischen und des österreichischen Zugspitzstollens.

Südhang der Zugspitze. Von hier ist der Zugspitzgipfel mit 2966 m Höhe durch eine Seilschwebbahn zu erreichen, und zwar liegt die Gipfelstation, die mit Aussichtsterrassen ausgestattet ist, zwischen dem nahen Ostgipfel der Zugspitze und dem bekannten Münchner Haus. Die Tiroler Zugspitzbahn führt von der 1225 m hoch gelegenen Talstation Obermoos als Seilschwebbahn auf den Nordhang der Zugspitze. Ihre Endstation ist Berghotel Zugspitzkamm, das 2805 m hoch gelegen ist (Abb. 8).

Die Bayerische Zugspitzbahn, die Gipfelbahn und das Hotel Schneefernerhaus sind von der Bayerischen Zugspitzbahn AG gebaut worden und werden auch von

der Bergstation Zugspitzkamm aus einen 500 m langen Stollen (Abb. 1 u. 6) zum 2714 m hoch gelegenen Zugspitzeck angelegt und hier einen Ausgang zum Platt geschaffen, um auf diese Weise einen besseren Zugang zu dem schönen Skigelände des Platt und zum Zugspitzgipfel herzustellen. Der Weg zum Zugspitzgipfel führte aber auch jetzt noch zu einem erheblichen Teil durch das freie Berggelände und war infolgedessen nicht ungefährlich.

Bald nach dem Erwerb der Tiroler Zugspitzbahn durch die Bayerische Zugspitzbahn AG reifte der Plan, zwischen der Bergstation der Tiroler Zugspitzbahn und dem Hotel Zugspitz-

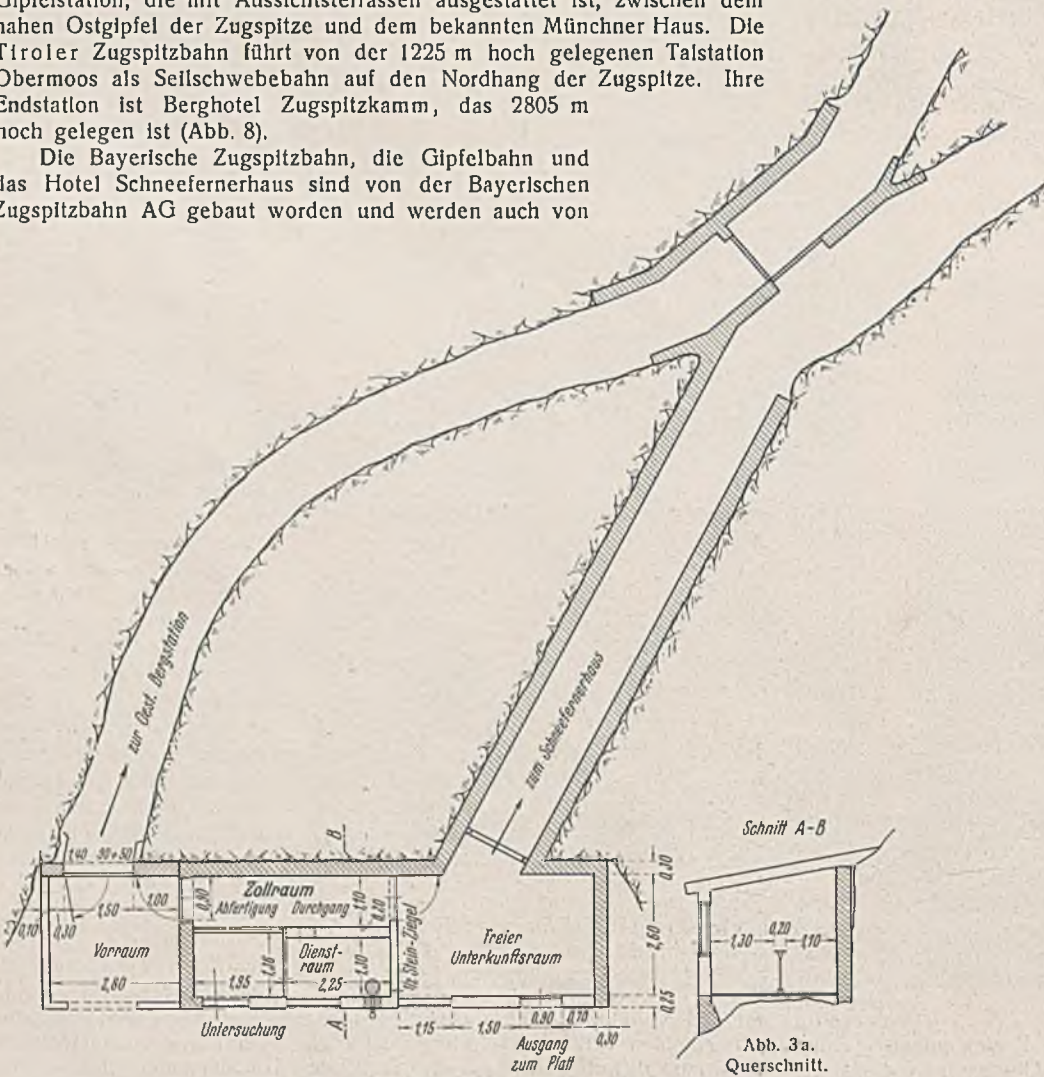


Abb. 3. Grundriß der Zollstation „Zugspitzeck“. (Zusammentreffen des bayerischen und des österreichischen Zugspitzstollens.)



Abb. 4. Bayerischer Zugspitzstollen. Betonierung des Stollens am Fenster 2. Verkaufnahme.



Abb. 5. Bayerischer Zugspitzstollen. Treppenanlagen.
Aufnahme: Blumenthal.



Abb. 9. Bayerischer Zugspitzstollen. Einbau Druckstrecke, Fenster 5.
Werkaufnahme.



Abb. 8. Endpunkt der Tiroler Zugspitzbahn, Berghotel Zugspitzkamm (2805 m).
Aufnahme: Johannes.

kamm einerseits und der Bergstation der Bayerischen Zugspitzbahn und dem Schneefernerhaus andererseits eine unmittelbare, vor den Witterungsunbilden, Steinschlag und Lawinen dauernd geschützte Verbindung in Form eines bequemen Fußgängerweges herzustellen, was bei Benutzung der Bayerischen Schwebebahn gleichzeitig auch eine unmittelbare Verbindung der Bergstation der Tiroler Zugspitzbahn mit dem Zugspitzgipfel bedeutete. Im Mai 1937 wurde daran gegangen, diese Verbindung durch einen Tunnel zu schaffen, dessen Verlauf sich einerseits durch das Schneefernerhaus, andererseits durch den Endpunkt des bereits vorhandenen österreichischen Stollens bei Zugspitzleck ergab. Der Tunnel wurde in viermonatlicher Arbeit mit 60 Arbeitern durch die Bayerische Zugspitzbahn ausgeführt. Am Treffpunkte der beiden Stollen wurden größere Unterkunfts- bzw. Warterräume sowie ein Dienst- und ein Untersuchungsraum als Durchgangsräume für die Zollabfertigung erstellt (Abb. 3 u. 3a). Die Räume brauchten jedoch nicht mehr in Benutzung genommen zu werden, da

Ihre ursprüngliche Zweckbestimmung durch die Eingliederung Deutsch-Österreichs in das Großdeutsche Reich gegenstandslos wurde.

Der neue (bayerische) Stollen (Abb. 2) hat eine Länge von 300 m. Seine durchschnittliche Steigung beträgt 15%. Bis zum Ausgangspunkte des Tiroler Stollens sind 130 m Höhenunterschied zu überwinden, zu welchem Zweck an einzelnen Stellen Holztreppen eingelegt wurden (Abb. 5). Im allgemeinen führt der Stollen in einer Entfernung von 10 bis 20 m von der

Abb. 6. Längenprofil des österreichischen Stollens.
Höhen im vierfachen Maßstabe der Längen.

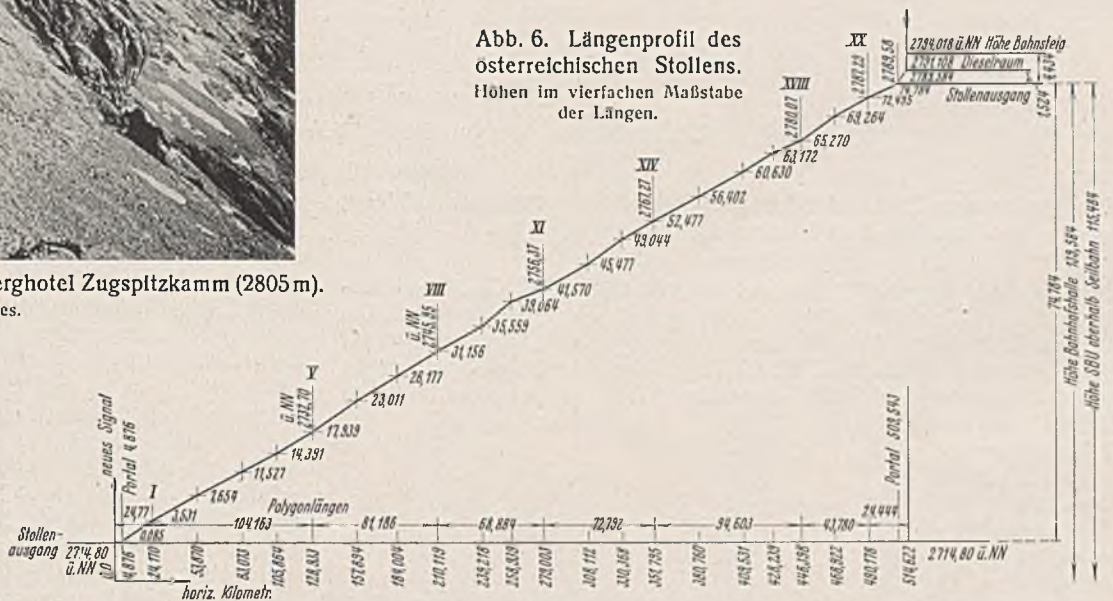


Abb. 7.

Außenhaut durch den Berg, um sich im letzten Teil dieser sehr stark zu nähern. Durch die hierdurch herbeigeführte starke Abkühlung ist der Stollen das ganze Jahr über mit Eiskristallen überzogen, was im Zusammenhang mit der elektrischen Beleuchtung einen feenhaften Anblick bewirkt. Für das Profil des Tunnels wurde eine Breite von 1,50 bis 1,80 m und eine Höhe von 2,20 bis 2,50 m gewählt (Abb. 2, 4, 5). Obwohl das Gestein, durchweg Wettersteinkalk, ziemlich weich ist, trägt es sich doch selbst. Schlechte Stellen wurden in einer Gesamtlänge von 70 m mit Beton ausgekleidet (Abb. 4). Zum Betrieb der Bohrhämmer wurden Preßluftschlämmer



Abb. 10. Bayerischer Zugspitzstollen.
Einbau Fenster 5 in Zertrümmerungszone.
Werkaufnahme.

notwendig, die insgesamt eine Maschinenleistung von 130 PS aufwiesen. Für die Sprengarbeiten wurden rd. 4500 kg Sprengstoff benötigt.

Der gesamte Stollen hat eine Länge von 800 m. Er ist unlängst in Benutzung genommen worden. Für die einmalige Benutzung wird eine Gebühr von 0,50 RM erhoben. Seine Durchwanderung wird dadurch besonders reizvoll, daß auf der bayerischen Seite fünf Austritte hergestellt wurden (Abb. 2), die noch fertig ausgebaut und mit Sitzgelegenheiten versehen werden und einen prächtigen Ausblick auf die von Schnee und Eis bedeckte nähere und entferntere Bergwelt gewähren. Diese „Fenster“ wurden während des Durchbruchs des Stollens zur Fortschaffung des Ausbruchmaterials benutzt

(Abb. 9, 10, 11, Fenster 5). Im Stollen liegt ein Fernsprechkabel, das die Tiroler Zugspitzbahn an das deutsche Fernsprechnetz anschließt.

Der neue Zugspitzstollen ermöglicht nicht nur, den Zugspitzgipfel nunmehr ohne große Anstrengungen von zwei Seiten, nämlich mit der Bayerischen und der Tiroler Zugspitzbahn von Garmisch-Partenkirchen bzw. Ehrwald-Obermoos aus zu erreichen, sondern als Auswirkung der Betriebseinheit zwischen den beiden Zugspitzbahnen auch eine außerordentlich abwechslungsreiche Rundfahrt von Garmisch-Partenkirchen mit der Bayerischen Zugspitzbahn (Zahnradbahn) zum Schneefernerhaus, mit der Seilschwebbahn zum Zugspitzgipfel und zurück, zu Fuß vom Schneefernerhaus durch den Verbindungsstollen zur Bergstation Zugspitzkamm, mit der Tiroler Seilschwebbahn nach Obermoos und von dort mit Autobus zur Bahnstation Ehrwald und nach Garmisch zurück sowie umgekehrt. So hat der höchste Berg des deutschen Altreichs, der schon immer einen ungewöhnlich starken Besuch aufzuweisen hatte, durch den neuen Stollen noch erheblich an Anziehungskraft gewonnen.



Abb. 11. Bayerischer Zugspitzstollen.
Fenster 5, Ausbauzustand Februar 1938.
Werkaufnahme.

Zur Theorie des Erddruckes unter besonderer Berücksichtigung der Erddruckverteilung.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Ingenieur Joh. Ohde, Neuenhagen bei Berlin.

(Mittellung der Erdbauabteilung der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin.)

(Fortsetzung aus Heft 37.)

VI. Berechnung des Erddruckes auf eine sich durchbiegende Wand, die oben und unten drehbar gelagert ist.

(Wandbewegung C.)

Auch für diesen Fall ist das Grundsätzliche der Gleitflächenausbildung und der Erddruckverteilung bereits unter III erörtert. Die genaue Lösung der Aufgabe dürfte hier noch schwieriger sein als für Wandbewegung B, da ein Teil des Rutschkörpers sich im Grenzzustand des Gleichgewichts befindet, ein anderer Teil dagegen nicht. Wie im Teil III schon angedeutet wurde, begnügen wir uns deshalb auch hier damit, näherungsweise zum Ziele zu kommen, indem wir die Ergebnisse unter V mit heranziehen. Dadurch gelingt es, die Verteilung des Erddruckes längs der Wand mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln.

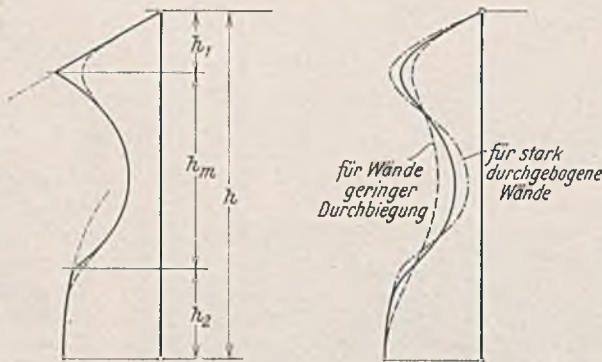


Abb. 69.

Abb. 70.

zeigt. Da der Erddruck bei festliegender Gleitfläche ermittelt werden kann, der Gesamthalt der Druckverteilungsfäche mithin als gegeben anzusehen ist, kann die Krümmung der Parabel mit Hilfe dieser Bedingung gefunden werden. Natürlich werden die Knickpunkte der Druckverteilung durch Übergangskurven ausgerundet sein, und zwar beim oberen Knickpunkt (wegen der größeren Bodennachgiebigkeit bis zum Erreichen des Erdwiderstandes) stärker als beim unteren Knickpunkt.

4. Die Maße h_1 und h_2 (Abb. 69) des oberen und unteren Teiles bleiben notwendigerweise unbestimmt, solange man nicht auf die Formänderungen der Wand und des Bodens eingeht. Man kann nur sagen, daß h_1 und h_2 mit der Größe der Wanddurchbiegung zunehmen und h_1 im allgemeinen wohl etwas kleiner sein wird als h_2 . Für sich nur wenig durchbiegende Wände (z. B. aus Eisenbeton) wird h_2 nur gering sein (vielleicht 0,1 bis 0,2 h), während für die sich meistens stärker durchbiegenden eisernen Spundwände h_2 u. U. 0,30 bis 0,35 h erreichen mag. Wir wollen hier eine mittlere Annahme machen: $h_2 = 0,25 h$, weisen aber ausdrücklich darauf hin, daß Abweichungen der Druckverteilung etwa in der in Abb. 70 gezeigten Größenordnung natürlich möglich sind⁷¹⁾. Will man bei Wänden, die sich relativ nur gering durchbiegen, bezüglich der Wandbeanspruchung sicher gehen, so wird man etwa mit gleichmäßig verteilter Erddruckbelastung rechnen. Nimmt man für solche Wände dagegen eine stärkere Entlastung im mittleren Wandteil an, so wird man durch Formänderungsberechnungen oder durch Versuche den Nachweis führen müssen, daß die angenommene Entlastung auch zutrifft.

5. Schließlich ist noch die Lage der Gleitflächen festzulegen. In diesem Punkte können die im Teil V bei der genaueren Durchrechnung erhaltenen Zusammenhänge vorteilhaft angewandt werden. Zunächst zeigt diese Berechnung, daß es innerhalb gewisser Grenzen nicht auf die genaue Lage der Gleitfläche ankommt, d. h. man kann die Lage der Gleitfläche genügend genau schätzen. Man könnte allerdings die Berechnung für die oberste Gleitfläche in ähnlicher Weise durchführen, wie es unter Teil V geschehen ist. Das ist jedoch umständlich und auch nicht notwendig. Es genügt, zu bedenken, daß bei einer solchen Durchrechnung

⁷¹⁾ Hier ist noch ein dankbares Arbeitsfeld für Modellversuche, bei denen die Ähnlichkeitsgesetze der Formänderungen allerdings zu beachten sind. — Nach dem Absetzen dieses Textes machte Herr Prof. v. Terzaghi mich freundlicherweise auf folgende, mir bislang unbekanntes Veröffentlichen über Modellversuche aufmerksam: Stroyer, Earth-Pressure on Flexible Walls. Paper Nr. 5024, Journal of the Institution of Civil Engineers, Vol. 1, S. 94 (November 1935). Diskussionsbeitrag dazu von Lee und v. Terzaghi S. 550 (Januar 1936).

Es sind folgende Überlegungen zu berücksichtigen:

1. Die Berechnungen im Teil V haben gezeigt, daß im oberen Teil der Wand in manchen Fällen der Erdwiderstand überwunden wird. Man sieht leicht ein, daß dies bei einer Durchbiegung der Wand noch mehr der Fall sein muß, so daß es berechtigt erscheint, anzunehmen, daß im oberen Teil der Wand immer der Erdwiderstand erreicht ist.

2. Da im unteren Teil des Sandes hinter der Wand der Grenzzustand des Gleichgewichts vorhanden ist (vgl. Teil III), so läßt sich die Druckverteilung für den unteren Teil der Wand aus der Differenz der Erddrücke für verschiedene Gleitflächen ermitteln.

3. Man kann demnach die Druckverteilungsfäche in drei Abschnitte einteilen: Im oberen Teil (Erreichung des Erdwiderstandes) und im unteren Teil (unterer Grenzzustand des Gleichgewichtes) ist der Verlauf der Druckverteilung nach 1 und 2 leicht zu finden; für den mittleren Teil, in dem eine bedeutende Entlastung eintritt, kann man annehmen, daß der Erddruck etwa nach einer hohlen Parabel verteilt ist, wie es Abb. 69

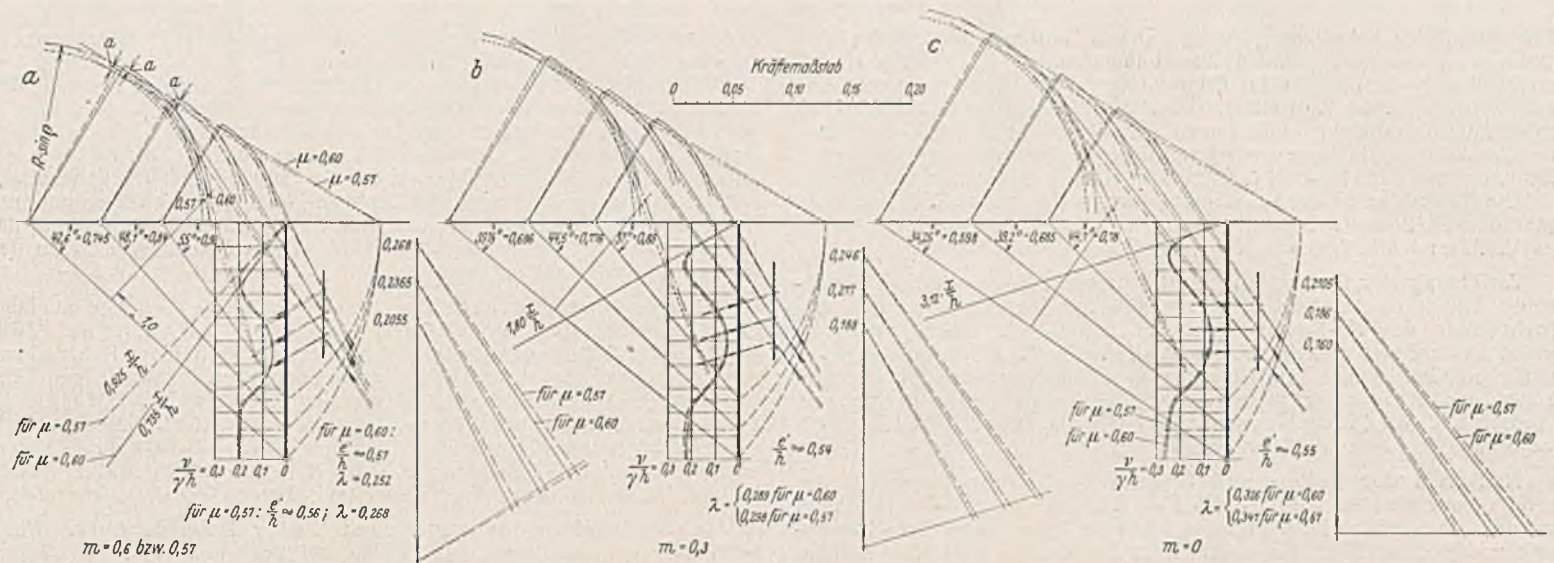


Abb. 71. Ermittlung der ungefähren Druckverteilung für eine sich durchbiegende Wand.

kleinere n -Werte und dementsprechend etwas kleinere φ_1 -Werte erhalten werden als für Wandbewegung B, weil ν_μ jetzt bedeutend größer ist. Es seien daher folgende Werte angenommen:

$$\varphi_1 = \begin{cases} 0,96 & 0,89 & 0,78 \\ 55^\circ & 51^\circ & 44,7^\circ \end{cases} \text{ für } \mu = 0,60 \text{ und} \\ \text{für } m = 0,6 \quad 0,3 \quad 0,0.$$

Wie unter V. sei mit lotrechtem Auslauf der Gleitfläche im Gelände gerechnet, obgleich die Gleitflächen wegen der Erreichung des Erdwiderstandes im oberen Teile des Gleitkörpers nahe der Wand wahrscheinlich nicht ganz lotrecht ausmünden (vgl. die entsprechende Bemerkung unter V).

Durch diese fünf Bedingungen sind die in Abb. 71 wiedergegebenen Ermittlungen der Erddruckverteilung in allen wesentlichen Punkten verzeichnet. Nur eine (hinsichtlich der Druckverteilung allerdings nicht ins Gewicht fallende) Annahme ist noch zu erwähnen: Die Bestimmung des Erddruckes mit Hilfe des Kräfteckes ist nur möglich, wenn die Richtung der Gleitflächenkraft Q gegeben ist. Diese ist aber in der Tat leicht zu finden. Einmal muß Q durch den Schnittpunkt von E und G hindurchgehen, dann aber muß die Verlängerung von Q etwas außerhalb des $R \cdot \sin \varphi$ -Kreises liegen (vgl. die angenäherte Ermittlung von E_p in Teil IV). Das Maß a der „Außermittigkeit von Q “ berechnen wir nach der für die vorliegenden Verhältnisse genügend genauen Näherungsformel⁷²⁾:

$$\frac{a}{R \cdot \sin \varphi} \approx \frac{\alpha^2}{30} \quad (\alpha \text{ in Bogenmaß}).$$

Dadurch ist die Richtung von Q gegeben. Es muß jedoch auch der Angriffspunkt des Erddruckes, besser gesagt, der Schwerpunkt der Druckverteilungsfläche bekannt sein, was nicht so ohne weiteres der Fall ist. Die (zeichnerisch durchgeführte) Lösung der Aufgabe kann deshalb nur durch schrittweise Näherung gefunden werden. Jedoch ist die Konvergenz bei diesem Vorgehen sehr groß. In der Regel kommt man mit dem 2. Schritt schon zum Ziele.

Bezüglich der in Abb. 71 durchgeführten Untersuchungen könnte man noch einwenden, daß die Lage der Gleitfläche doch so gewählt werden müßte, daß sich für den Gesamterddruck ein Größtwert ergibt. Die angenommenen φ_1 -Werte sind für die oberste Gleitfläche eingesetzt und ergeben deshalb im Sinne der Durchrechnung unter Teil V für die obersten beiden Teile der Wand den größten Erddruck, womit natürlich noch nicht erwiesen ist, daß damit auch der Gesamterddruck seinen größten Wert annimmt. Immerhin kann wohl als sicher angenommen werden, daß die für die ganze Wand geltende Größtbedingung des Erddruckes auch für einzelne Teile der Wand (von oben her gerechnet) gelten muß, soweit der Grenzstand des Gleichgewichts hinter der Wand (vom unteren

⁷²⁾ Nachweis in einer späteren Arbeit.

Wandende aus gerechnet) erreicht ist. Ein Abweichen von den in Abb. 71 angenommenen Gleitflächenlagen muß aus diesem Grunde schon von vornherein verdächtig erscheinen. Es läßt sich jedoch auch durch Vergleichsrechnungen, die ebenso wie Abb. 71 durchgeführt sind, nachweisen, daß die in Abb. 71 angenommenen Gleitflächenlagen auch für den Gesamterddruck einen Größtwert liefern. Die durch Gleitflächen mit größerem φ_1 -Wert vermutete Vergrößerung des Gesamterddruckes tritt nämlich nicht ein, weil für diese neuen Gleitflächen eine viel tiefere Lage des Erddruckschwerpunktes erhalten wird. Abb. 72 zeigt z. B. die Untersuchung für $m = 0,3$, wobei $\varphi_1 = 51^\circ$ nicht für die oberste, sondern für die unterste Gleitfläche angenommen ist. Man erhält $\lambda = 0,259$, also nur das 0,896-fache des Wertes nach Abb. 71 b⁷³⁾.

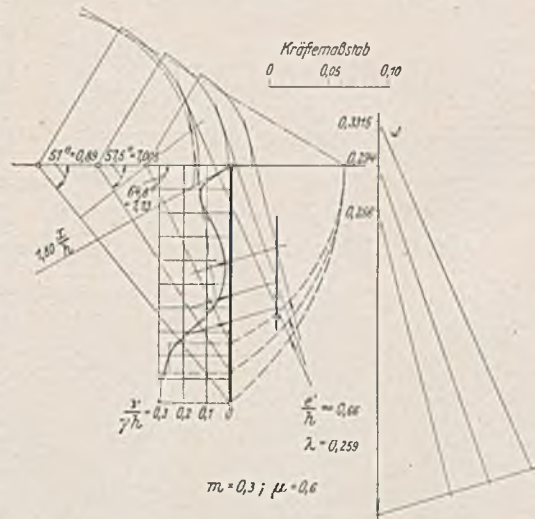


Abb. 72.

Sandes um 5% ergibt die in Abb. 71 gestrichelt eingetragenen Kurven und Linien. Im Gegensatz zu den Ergebnissen für Wandbewegung B bleibt die Druckverteilung im wesentlichen dieselbe, nur der Erddruck nimmt etwa um 6% zu. (Fortsetzung folgt).

⁷³⁾ Will man noch etwas genauer vorgehen, als es hier geschehen ist, so kann man die in Abb. 71 gezeigten Konstruktionen für verschiedene φ_1 -Werte durchführen und den Größtwert von λ suchen. Auch ein nicht ganz lotrechter Auslauf der Gleitfläche im Gelände wäre noch in Betracht zu ziehen. Ich behalte mir vor, in dieser Hinsicht auf die Aufgabe zurückzukommen.

⁷⁴⁾ Vgl. neben Anm. 33 auch A. Streck: Spundwandberechnung. Bericht über die 4. Mitgliederversammlung am 14. November 1936 der Gesellschaft der Förderer der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau. Hannover 1937, Selbstverlag.

Vermischtes.

Deutscher Stahlbau-Verband, Berlin. Die diesjährige Wissenschaftliche Tagung des Deutschen Stahlbau-Verbandes findet am 5. und 6. Oktober in der Aula der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg statt.

Vorträge am 5. Oktober ab 15 Uhr: Direktor Russow, Aus der wirtschaftlichen Tätigkeit des Deutschen Stahlbau-Verbandes; Ministerialdirektor Dr.-Ing. ehr. Gährs, Die Schiffshebewerke im Mittellandkanal und ihre verkehrstechnische Bedeutung; Professor Dr. Kloeppel, Aus der technisch-wissenschaftlichen Tätigkeit des Deutschen Stahlbau-Verbandes; Professor Dr. Friedrich, Grundaufgaben der Menschenführung im Betrieb.

Vorträge am 6. Oktober ab 9³⁰ Uhr: Professor Dr. Chwalla, Über die Probleme und Lösungen der Stabilitätstheorie des Stahlbaues; Dr. Schleusner, Stabilität unsymmetrischer Systeme auf elastischen Stützen; Reichsbahnrat Dr. Schmerber, Stählerne Bogenbrücken; Baudirektor Ernst, Stahl im Industrie- und Bauwesen; Geheimrat Dr. Schaper, St 52 im Bauwesen; Reichsbahnoberrat Dr. Krabbe, Zur Frage der richtigen Größe des Stoßbeiwertes im Stahlbrückenbau; Professor van Gendern, Verwendung des Stahles im Hochbau des europäischen Auslandes.

Schwingungstagung 1938. Der Verein deutscher Ingenieure im NSBDT veranstaltet vom 6. bis 8. Oktober 1938 in Göttingen und Kassel

selse diesjährige Schwingungstagung. Die in Göttingen beginnende Vortragsfolge umfaßt außer einem Experimentalvortrag u. a. einen Hauptbericht über Fortschritte in der Erforschung der Bodenschwingungen und drei Vorträge über Kreiselfragen. Die Vortragsfolge in Kassel ist schwingungstechnischen Sonderfragen der Verkehrstechnik gewidmet. Die Besichtigung mehrerer wissenschaftlicher Institute der Universität Göttingen und der Henschel & Sohn G. m. b. H. in Kassel ist vorgesehen.

Die Teilnahme an der Schwingungstagung ist kostenlos. Meldungen unter dem Kennwort: „Schwingungstagung 1938“ an die Geschäftsstelle des V. d. I. im NSBDT, Berlin NW 7, Hermann-Göring-Straße 27.

Auflösung der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen. Die Fachgruppe Bauwesen im NSBDT wurde bei der Neuordnung durch den Reichswalter des NS-Bundes Deutscher Technik zu einer juristischen Person in der Form eines e. V. umgestaltet. Die Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen in Königsberg beschloß die Auflösung der DGfB unter gleichzeitiger Übertragung ihrer Rechte und Pflichten und ihrer Aufgaben sowie Überführung ihrer Mitglieder an die Fachgruppe Bauwesen e. V. im NSBDT.

Nachweis der Beton- und Steinfestigkeit. Ein Runderlaß des Preuß. Finanzministers vom 3. 8. 1938 — Bau 2932/19. 7. — weist darauf hin, daß, nachdem im Eisenbetonbau höhere Spannungen bei Handeisen und hochwertigem Betonstahl bzw. Sonderstahl eingeführt worden

darin aufgeführten Prüfstellen führen im allgemeinen auch Druckversuche an künstlichen Steinen aller Art durch.

Weiterhin werden die Baugenehmigungsbehörden angewiesen, in den Fällen, in denen nach den Eisenbetonbestimmungen, Teil A, § 29 oder B, § 13 oder nach den Grundlagen für die Berechnung der Standsicherheit hoher freistehender Schornsteine § 10, Mauerwerk, Ziff. 2c bis e die Beton- oder Steinfestigkeit wegen der Anwendung höherer Spannungen nachgewiesen werden muß, die Rohbau- oder Gebrauchsabnahme nur dann auszusprechen, wenn ausreichende Zeugnisse über die Prüfung des Betons oder der Steine vorgelegt sind. Diese Zeugnisse sind zu den Akten der Baupolizei zu nehmen.

Ruhrverband und Ruhrtalesperrenverein. Der bisherige alleinige Geschäftsführer des Ruhrverbandes, Marinebaurat a. D. Dr.-Ing. Prüb, wurde unter Beibehaltung seiner bisherigen Tätigkeit beim Ruhrverband zum Nachfolger des in den Ruhestand übergetretenen bisherigen Baudirektors Dr.-Ing. Link des Ruhrtalesperrenvereins gewählt. Der bisherige zweite Geschäftsführer des Ruhrtalesperrenvereins, Direktor Dr. Hüttenhein, wurde unter Beibehaltung seiner bisherigen Tätigkeit beim Ruhrtalesperrenverein zum zweiten Geschäftsführer des Ruhrverbandes gewählt. Damit ist die Zusammenlegung der Verwaltung beider Verbände eingeleitet.

In der senkrechten Lage verstellbarer Raupenbagger. Wenn beim Abtragen der Kohle das Flöz schräg liegt und ein Raupenbagger in geneigter Richtung fahren muß, so besteht bei einem gewöhnlichen Raupenbagger, bei dem der Oberteil senkrecht auf dem Fahrwerk steht, die Gefahr, daß die durch die Schräglage verursachten Seitenkräfte im Gerüst zu groß werden und Brüche eintreten. An einem neuen Raupenbagger der Maschinenfabrik Buckau R. Wolf A G. (Abb. 1) für die Grube „Waidmannsheil“ der Niederlausitzer Kohlenwerke kann daher der Oberteil

mit der Eimerkette und dem Förderbandausleger gegenüber dem Raupenfahrwerk im Verhältnis bis 1:7 schräg gestellt werden.

Auf der einen Seite ist der Oberteil am Raupenfahrwerk durch eine Wippe mit Gelenken gelagert, während er auf der anderen durch Druckzylinder mit Kolben gehalten wird (a, Abb. 2), so daß seine

Lage gegenüber dem Fahrwerk veränderlich ist.

Der Rinnenboden zur Eimerleiter kann durch eine Wippe verlängert werden, wodurch die Kohle einwandfrei in die Eimerkette übergeleitet wird und sich trotz der verhältnismäßig kurzen Eimerleiter die große Abtraghöhe von 17 m ergibt. Im Tiefschnitt läßt sich nur bis 8 m tief baggern.

Die Eimerkette wird über ein Planetengetriebe und einen Gummikeilriemen durch einen Motor von 100 kW Leistung angetrieben. Die Eimer entladen auf ein kurzes Zuführungsband, das das 16 m lange, 1 m breite und um 180° schwenkbare Auslegerband mit 2 m/sek Fördergeschwindigkeit beschickt. Aus dem Eimerinhalt von 200 l und der Schüttungszahl von 32/min ergibt sich eine tatsächliche Leistung des Baggers von 210 t/h. An den Eimern sind die Messerschneidkanten unter der Mitte der Schaken angebracht, so daß das Geräusch beim Übergang der Eimer über die Umlenktrasse gemildert wird.

Der Bagger fährt auf drei Raupen, von denen die beiden auf der Leitersseite lenkbar sind, so daß Kurven mit einem kleinsten Halbmesser von 25 m befahren werden können. Die zwei Fahrmotoren, die in Leonard-Schaltung ausgelegt sind, leisten je 35 kW und erteilen dem Bagger eine Arbeitsfahrergeschwindigkeit von 3 bis 4 m/min. An den Unterseiten der Raupenplatten ragen außer den Nietköpfen zum

Befestigen der Raupenkettenschaken keine weiteren Erhebungen hervor, so daß das befahrene Planum immer eben bleibt. Der mittlere spezifische Bodendruck unter den Raupen beträgt 1 kg/cm². R.—

INHALT: Die Erwärmung des Abwasserschlammes bei Kläranlagen mit getrennten Faulräumen. — Einiges über die Gestaltung massiver Bogenbrücken. (Fortsetzung.) — Der Zugspitzstollen Schneefernerhaus-Zugspitzseeck. — Zur Theorie des Erddruckes unter besonderer Berücksichtigung der Erddruckverteilung. (Fortsetzung.) — Vermischtes: Deutscher Stahlbau-Verband, Berlin. — Schwingungstagung 1938. — Auflösung der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen. — Nachweis der Beton- und Steinfestigkeit. — Ruhrverband und Ruhrtalesperrenverein. — In der senkrechten Lage verstellbarer Raupenbagger.

Verantwortlich für den Inhalt: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.

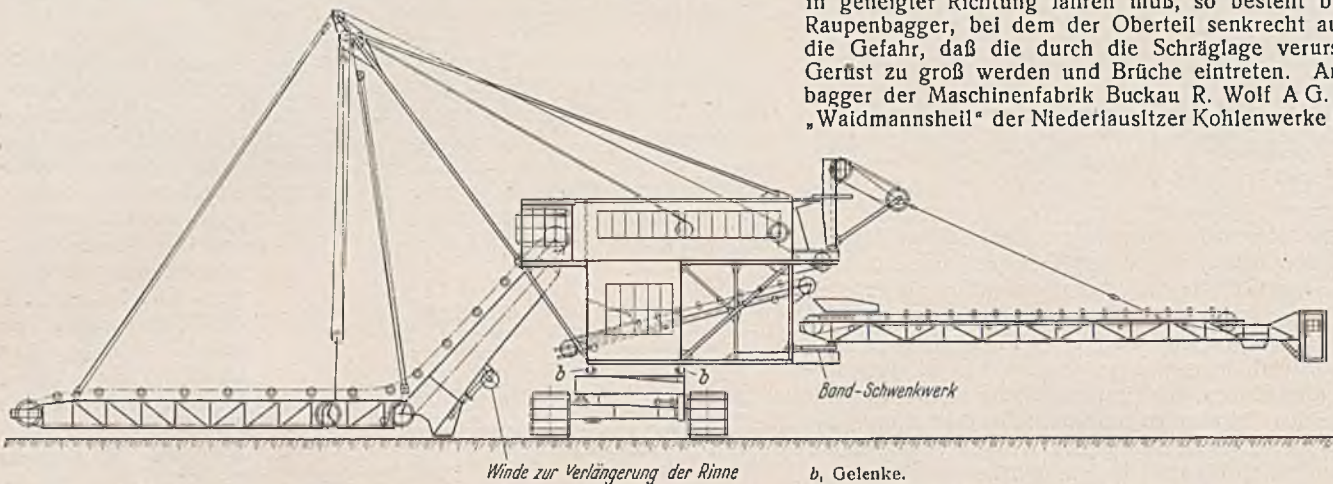


Abb. 1. Skizze eines Raupenbaggers mit verstellbarem Oberteil.



Abb. 2. Ansicht des Baggers.

a, Druckzylinder mit Kolben zum Verstellen des Oberteiles.
(Vorlage und Aufnahme: Maschinenfabrik Buckau R. Wolf A G.)

sind, häufiger als früher der Nachweis geführt werden muß, daß Beton mit einer Würfelstabilität von mehr als 160 kg/cm² verwendet wird (Teil A § 29 der Deutschen Eisenbetonbestimmungen).

Um diesen Nachweis zu erleichtern, hat der Deutsche Ausschuß für Eisenbeton ein Verzeichnis von Prüfstellen aufgestellt, bei denen diese Versuche durchgeführt werden können.

Der Herr Reichsverkehrsminister hat dieses Verzeichnis im Reichsverkehrsblatt, Ausgabe A, Nr. 6 vom 1. April 1937 veröffentlicht und mit Rundschreiben vom Mai 1938 W 2 T 3 88 bereits darauf hingewiesen. Das Verzeichnis ist auch im Ztrbl. d. Bauv. 1938, S. 543 abgedruckt¹⁾; die

¹⁾ Bautechn. 1938, Heft 29, S. 384.