



Das Feldmessen

Schewior, Georg

Leipzig, 1917

3. Messungen für Kraftanlagen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-97252](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-97252)

Oft ist man allerdings genötigt, bei der Bemessung des Wasserquerschnittes von anderen Gesichtspunkten auszugehen. So wird es vielfach unmöglich sein, einem Graben die vorteilhafteste Tiefe zu geben, z. B. bei Bewässerungsgräben oder bei Werkkanälen (Mühlenzuleitern usw., s. unten), wo es sich empfiehlt, das Wasser möglichst hoch zu halten, oder wegen schlechten Untergrundes oder aus anderen Gründen mehr. Immerhin ist es zweckmäßig, nicht erheblich von der günstigsten Form abzuweichen, weil dadurch die Reibungswiderstände erhöht werden

3. Messungen für Kraftanlagen.

a) Allgemeines. Fällt ein Körper vom Gewicht P den Höhenunterschied h frei herab, so hat er eine Arbeit A geleistet, deren Betrag aus Kraft mal Weg, demnach

$$A = P \cdot h$$

sich berechnet. Als Maß für die Arbeit gilt das Meterkilogramm (mkg). Wird dieses für die Zeiteinheit (1 Sekunde = sek) angegeben, so erhält man die „Arbeitsleistung“ in mkg/sek.

Die Natur hat im Wasser, wenn dieses in einem Flußbette gesammelt wird, eine Quelle stetiger Arbeitsleistung geschaffen, die für mannigfache Zwecke in besonderen Kraftanlagen der Technik nutzbar gemacht wird. Denkt man sich in einem Flußlaufe einen natürlichen oder mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse einen künstlich hergestellten Wasserfall (Abbil. 306), so wird von diesem eine sekundliche Wassermenge Q in Kubikmeter geliefert, die einem Gewichte von $1000 \cdot Q$ kg gleichkommt. Bei einer Fallhöhe h in Metern ergibt sich eine Arbeitsleistung

$$A = 1000 \cdot Q \cdot h \text{ mkg/sek,}$$

Abbildung 306.

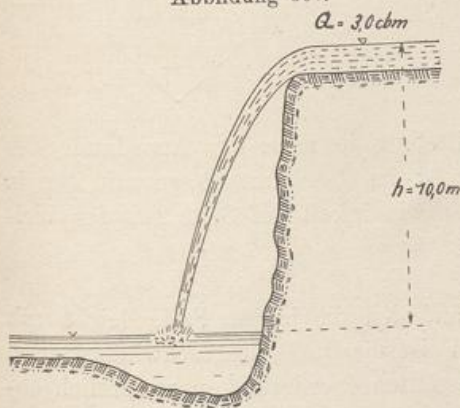
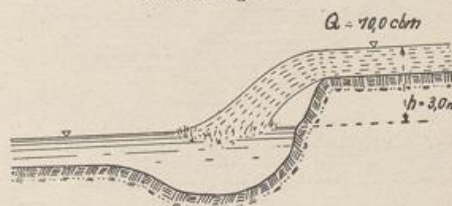


Abbildung 307.



die in der Regel bei größerem Ausmaße in „Pferdestärken“ ausgedrückt wird. Setzt man diese

$$PS = 75 \text{ mkg/sek,}$$

so erhält man

$$A = \frac{1000 \cdot Q \cdot h}{75} PS.$$

Die Arbeitsleistung bleibt dieselbe bei entsprechender Aenderung der Größen Q und h , d. h. es kann eine kleinere Wassermenge von entsprechend größerer Höhe herabfallen und umgekehrt, wie es die beiden Abbildungen 307 und 306 zeigen. In beiden Fällen beträgt die Arbeitsleistung $A = 1000 \cdot Q \cdot h = 30000$ mkg/sek. Für die technische Ausnutzung ist allerdings die Verschiedenheit von Q und h von einschneidender Bedeutung.

Bei der Umsetzung der Wasserkraft in nutzbare Arbeit mit Hilfe der Kraftmaschine geht ein Teil der Arbeitsleistung A verloren. Das Verhältnis der von der Maschine gelieferten Pferdestärken zu denen des Wasserstromes heißt der „Wirkungsgrad“ und wird mit η bezeichnet, so daß die endgültige „Nutzleistung“ N_e sich bestimmt nach

$$N_e = \eta \cdot \frac{1000 \cdot Q \cdot h}{75} \cdot \text{kgm/sek},$$

wobei η je nach der Art und Ausführung der Kraftmaschine, Wasserräder und Turbinen, verschieden groß ausfällt, im Mittel aber zu etwa 0,75 anzunehmen ist.

Die Wassermenge Q , die von einem Werkkanal oder einer Rohrleitung zum Kraftwerk geführt wird, ist auch hier abzuleiten aus der Größe des wasserführenden Querschnittes F und der in diesem herrschenden Durchflußgeschwindigkeit des Wassers v . Für die Gleichung (s. S. 233)

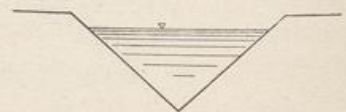
$$Q = F \cdot v$$

sind demnach F und v zu ermitteln. Die Anlage der Werkkanäle wird mit Rücksicht auf den besonderen Zweck so geregelt, daß bei geringen Abmessungen eine große Wassermenge zum Abfluß gebracht wird, während das zur Verfügung stehende Gefälle möglichst der Wasserkraft nutzbar gemacht wird. Aus diesem Grunde werden möglichst günstige Querschnitte mit glatten Wandungen gewählt, auf die schon Seite 262 näher hingewiesen wurde. Vielfach kommen einfache Formen, ein rechteckiger oder ein geböschter, an der Sohle abgerundeter Querschnitt (Abbil. 308), bei ganz geringen Abmessungen auch wohl ein dreieckiger Querschnitt (Abbil. 309) zur Ausführung, deren Flächeninhalt sich unschwer

Abbildung 308.



Abbildung 309.



feststellen läßt. Für Röhren ist die Ermittlung je nach der Anordnung des Querschnittes recht verschieden. Hierüber ist im Zusammenhange mit der in Rohrleitungen sich entwickelnden Wassergeschwindigkeit auf Seite 272 das Weitere zu verfolgen.

b) Flügelmessungen. Mit Rücksicht auf den in jedem Falle leicht mit großer Schärfe zu ermittelnden Betrag für F ist die Durchflußgeschwindigkeit v , da von ihr die Zahl der zur Verfügung gestellten Pferdestärken wesentlich abhängt, stets mit großer Sorgfalt zu bestimmen. Das meist angewandte Verfahren sind Flügelmessungen, worüber Seite 237 usw. Näheres nachzulesen ist. Für die Werkkanäle haben sich die nachstehenden „Querfahrten“ mit einem oder mehreren Flügeln besonders bewährt.

Der wasserführende Querschnitt (Abbil. 310) wird in wagerechte Streifen $f_1, f_2, f_3 \dots$ von der Höhe $h_1, h_2, h_3 \dots$ zerlegt, worauf in der Mittellinie jedes Streifens die mittlere Geschwindigkeit $v_1, v_2, v_3 \dots$ beobachtet wird. Hierzu führt man den Flügel in gleichmäßiger Bewegung von einem Ufer

zum anderen und bestimmt für jede solche Fahrt die sekundliche Wassergeschwindigkeit der Streifen ähnlich, wie S. 252 für lotrechte Fahrten angegeben wurde. Durch dieses Verfahren wird, was bei Wasserkraftanlagen sehr wichtig ist, an Zeit wesentlich gespart. Da die Werkkanäle meist wenig breit sind, wird die

Abbildung 310.



Messung am besten von einem wagerecht gelegten*) Steg aus vorgenommen. Der Flügelhalter wird mit einer sekundlichen Schnelligkeit von 0,10 bis 0,20 m in stets gleicher Höhe zur Stegoberfläche geführt, indem der Leiter der Arbeit den Flügel mit einer Schnur am Gestänge gleichmäßig durchs Wasser zieht, während ein Gehilfe mit dem Flügel schrittweise vorgeht. Die Messung gestaltet sich bequemer, wenn man den Flügel, am besten an hängender Stange (Abbil. 284), mit einem kleinen Wagen in Verbindung bringt, den man den Steg entlang in den verschiedenen Wasserschichten führt. Muß, was wenig bequem ist, von einem Nachen aus gemessen werden, so ist die Flügelstange zwischen zwei Auslegebalken derart zu befestigen, daß zwischen Flügel und Nachen ein Raum von wenigstens 2 m verbleibt, um den Einfluß des Aufstauens am Nachen auszuschalten. Die Ueberfahrt ist mit gleichmäßiger Schnelligkeit vorzunehmen; dies kann oft durch je ein Querseil an den beiden Seiten des Nachens gut erreicht werden. Wichtig ist, daß jede schaukelnde Bewegung vermieden wird, da sonst die Messung ungünstig beeinflußt wird. Die Richtung des zu messenden Querschnittes wird am besten durch ein Seil angegeben, das man etwa 30 bis 50 cm über den Wasserspiegel spannt.

Die sekundliche Wassermenge läßt sich sehr einfach aus den wagerechten Wasserkörpern nach

$$Q = f_1 \cdot v_1 + f_2 \cdot v_2 + f_3 \cdot v_3 + \dots$$

berechnen, wo nach Abgreifen der mittleren Längen $l_1, l_2, l_3 \dots$ aus dem Querschnitte und mit den Höhen $h_1, h_2, h_3 \dots$ die Flächenstreifen $f_1 = l_1 \cdot h_1$ usw. eingesetzt werden (Abbil. 310).

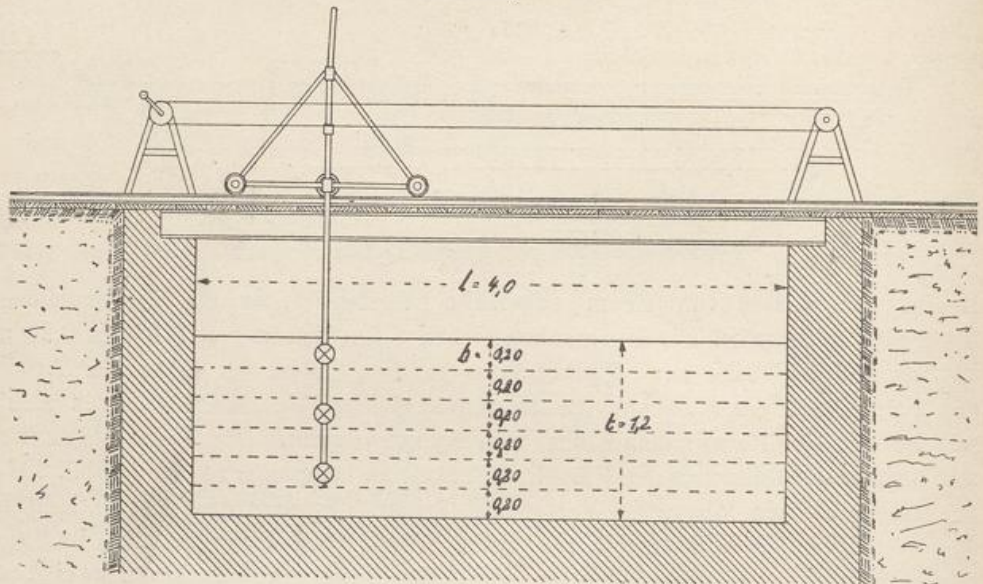
Eine besondere Anordnung, die vornehmlich vor Turbinenkammern eine sehr rasche Durchführung der Messung ermöglicht, wird von den Werkstätten A. Ott in Kempten-Bayern gemäß Abbil. 311 empfohlen.

Der Stangenhalter wird auf einen Schlitten oder Rollwagen gesetzt und mit Hilfe eines endlosen Seiles hin- und hergezogen. Am Wagen ist ein elektrischer Schalter angebracht, der bei Annäherung des Flügels an die Uferwand den Stromkreis unterbricht, damit nur die während der eigentlichen Fahrt erfolgten Umdrehungen der Flügelschaufel verzeichnet werden. Letztere werden

*) Hilfsmittel siehe Seite 12.

an einem elektrischen Zähler festgestellt. Arbeiten in besonders wichtigen Fällen mehrere Flügel (Abbil. 311 zeigt drei Flügel) übereinander, so ist für jeden eine Zählvorrichtung vorhanden.

Abbildung 311.



Die Tiefe t (Abbil. 311) des Wasserquerschnittes wird in gleiche Höhen h geteilt und jeder Streifen für sich befahren, wenn nur ein Flügel vorhanden ist. Der Zähler beginnt sofort zu arbeiten und verzeichnet die Flügelumdrehungen, bis der Wagen am anderen Ufer anlangt. Hier wird durch selbsttätige Unterbrechung der Zähler ausgeschaltet und der Flügel um h verschoben, worauf der Vorgang im umgekehrten Wege vor sich geht und sofort.

Ist für einen Wasserstreifen die Fahrtzeit T , die Umdrehungszahl N , also $n = \frac{N}{T}$ (s. S. 248), bei einer gleichen Länge des Streifens l (Abbil. 311) und der gleichen Höhe h , so ist der sekundlich durchfließende Wasserkörper eines Streifens:

$$q = v_n \cdot h \cdot l.$$

Die Wassergeschwindigkeit v_n des Streifens wird nach der geltenden Flügelgleichung (s. S. 242) berechnet. Zieht man die einzelnen Wasserkörper $q_1, q_2, q_3 \dots$ zusammen, so erhält man die ganze Durchflußmenge

$$\begin{aligned} Q &= q_1 + q_2 + q_3 + \dots \\ &= h \cdot l \cdot v_1 + h \cdot l \cdot v_2 + h \cdot l \cdot v_3 + \dots \\ &= h \cdot l (v_1 + v_2 + v_3 + \dots) \end{aligned}$$

Sobald mit mehreren Flügeln beobachtet wird, ist die Zahl der Wassermeßstreifen durch die Zahl der Flügel teilbar zu machen, und letztere müssen einen solchen Abstand voneinander haben, daß kein Streifen doppelt befahren wird.

Beispiel. Gemäß Abbil. 311 beträgt die Breite des Werkkanals, somit die Länge der Wasserstreifen $l = 4,0$ m und die Wassertiefe $t = 1,2$ m, deren Be-

ständigkeit, wie stets bei derartigen Beobachtungen (s. S. 249), an einer Stau-
marke an der Mauer festgestellt wurde. Bei $h = 0,2$ m ist die Zahl der Schichten
 $\frac{1,2}{0,2} = 6$, so daß die Anordnung von drei Flügeln zwei Querfahrten nötig machte.
Die erste Fahrt dauerte rd. 100 Sekunden, die zweite nach Verschiebung des
Flügels um $h = 0,2$ m rd. 110 Sekunden mit folgendem Ausweis.

Wasser- streifen	Anzahl der Flügel-Um- drehungen N	Zeit der Fahrt T sek	$n = \frac{N}{T}$	$v^*)$	Bemerkungen
f_1	585	100	5,85	1,61	
f_2	1138	110	10,35	2,85	
f_3	915	100	9,15	2,52	
f_4	858	110	7,80	2,14	
f_5	645	100	6,45	1,77	
f_6	528	110	4,80	1,32	

Für $l = 4,0$ m, $h = 0,2$ m berechnet sich

$$\begin{aligned}
 Q &= l \cdot h \cdot (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6) \\
 &= 4,0 \cdot 0,2 (1,61 + 2,85 + 2,52 + 2,14 + 1,77 + 1,32) \\
 &= 9,768 \text{ cbm.}
 \end{aligned}$$

c) Schirmmessungen. Die Durchflußgeschwindigkeit kann auch unmittelbar mit einem „Schirm“ nach den Angaben von Andersen bestimmt werden, wenn es sich um ein rechteckiges Gerinne aus Holz, Eisen oder Beton handelt. Eine Platte, die auf einer Rollbahn gelagert wird und den ganzen Querschnitt des Gerinnes möglichst genau ausfüllt, wird winkelrecht zur Flußrichtung in den Werkkanal gehängt. Hier wird sie mit der mittleren Geschwindigkeit des Wassers fortgetragen, so daß sich mit Hilfe eines Zeitzählers der Lauf für eine Sekunde berechnen läßt. Die Messung geht, wie bei der oben beschriebenen Querfahrt mit drei Flügeln, in wenigen Minuten vor sich: sie bedingt hier aber ein Gerinne von mindestens 15 m Länge, das der Platte entsprechend sehr sorgfältig hergestellt werden muß. Der Schirm ist auch nur für eine Zuflußgeschwindigkeit bis 1,3 m zu empfehlen, da bei größerem Ausmaße der Fehler in der Zeitbestimmung die Wassermenge zu ungünstig beeinflußt.

d) Gefällmessung. Die Größe des Höhenunterschiedes h (Abbil. 306) wird am sichersten mit Hilfe der Fernrohrwage (S. 99) gewonnen. Als Ausgang der Messung dienen der Ober- und Unterwasserspiegel, die an einer ruhigen, von Wellen freien Stelle beobachtet werden. Bei größeren Wasserkraftanlagen wird vielfach eine Nische im Ufer oder ein an der Sohle mit dem Wasser in Verbindung stehender Schacht aus Mauerwerk oder Holz gewählt, in denen einfache Pegel (Abbil. 312, 313, 313a und S. 271) untergebracht werden. Diese Vorrichtungen dienen auch dazu, um fortlaufende regelmäßige Beobachtungen des

*) v ist nach dem Schaubilde S. 245 bestimmt.

Abbildung 312.

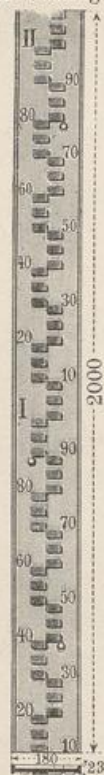


Abbildung 313.

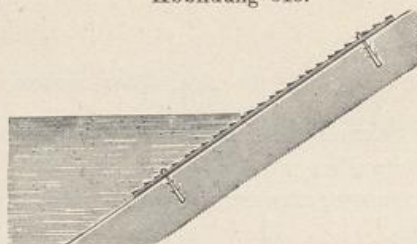


Abbildung 315.

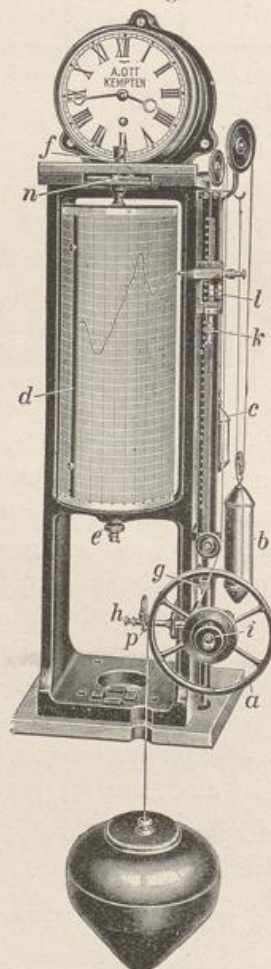


Abbildung 313 a. Abbildung 314.

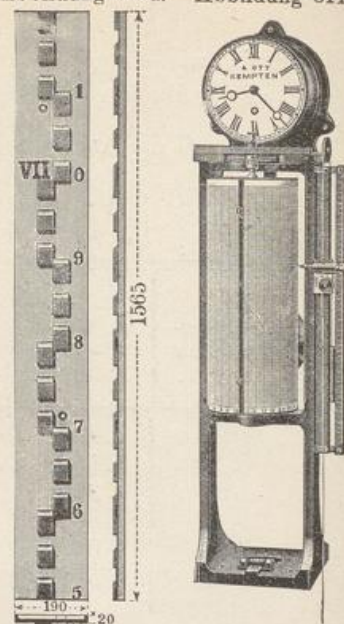
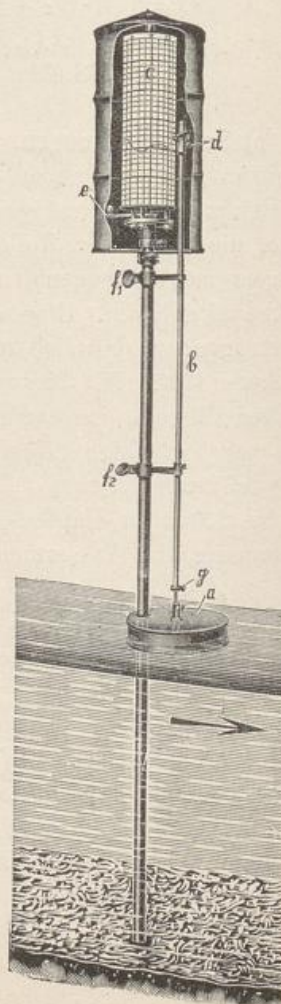


Abbildung 316.



Wasserhaushaltes und Abflußverlaufes vornehmen zu können, die in gut geleiteten Betrieben nicht außer acht gelassen werden dürften. Für letztere Zwecke werden oft, um die lästigen Pegelablesungen zu vermeiden, selbstschreibende Pegel angebracht. Zwei übliche derartige Einrichtungen sind in den Abbildungen 314 und 315 zu sehen. Sie bestehen

im wesentlichen aus einem Schwimmer (Abbil. 315), der mittels eines Drahtes und einer Schreibvorrichtung die Höhenlage*) des Wasserspiegels ununterbrochen auf eine Papierteilung überträgt. Das Papier ist um eine Trommel gelegt, die durch ein kräftiges Uhrwerk gedreht wird. Ein Auswechseln der Papierstreifen erfolgt entsprechend der Einrichtung nach 24 Stunden, $1\frac{3}{4}$ oder $2\frac{1}{2}$ Tagen, 1 oder 2 Wochen oder auch nach 1 Monat. Die Pegel werden unmittelbar über dem Schwimmerschacht aufgestellt und dann mit einem wetterfesten Häuschen umgeben, oder sie werden in dem Wasserkraftgebäude selbst untergebracht. Hierhin muß der Draht des ziemlich groß gewählten Schwimmers über Leitrollen geführt werden.

Für vorübergehende Beobachtungen ist ein Pegel der Abbil. 316 sehr geeignet. Der Schwimmer a wird mittels zweier feingelagerten Rollen an einem Stahlrohr geführt. Er trägt eine in zwei Haltern f_1 und f_2 laufende Schreibstange b, an der ein Schreibstift d verstellbar festgeklemmt ist. Die Aufzeichnung der Wasserspiegelhöhen geschieht mit einem Silberstift auf mit Baryt vorbereitetem Papier, sogen. Metallpapier; zum Schutz gegen Regen wird über die Schreibtrommel c eine Haube aus wasserdichtem Segeltuche gestülpt.

Wird das Wasser dem Kraftwerke in geschlossenen Rohrleitungen zugeführt, so kann weit einfacher der jeweilig zur Verfügung stehende Arbeitsdruck mit Hilfe eines geeigneten „Wasserdruckmessers“ (Manometer) an der in Frage kommenden Meßstelle zu jeder Zeit beobachtet werden.

C. Schätzung der Abflußmenge aus der Größe des Niederschlagsgebietes.

In vielen Fällen ist es nicht angängig oder auch nicht erforderlich, die Bedingungen zur Ermittlung der Abflußmenge nach den vorangehenden Abschnitten zu erfüllen. Dann können die von einem Flußlaufe abgeführten Wassermassen genähert aus der Größe des Niederschlagsgebietes (s. I. Teil, S. 180) unter Annahme einer Abflußmenge von der hier üblichen Flächeneinheit (1 qkm) abgeleitet werden. Obwohl das Ergebnis recht unsicher ist, wird diese Art der Bestimmung doch sehr oft ihrer Einfachheit wegen angewendet.

Die Menge des Abflusses ist abhängig von der geographischen Lage, der Größe, Form und Bodenbeschaffenheit des Niederschlagsgebietes, insbesondere aber von den auf das Gebiet fallenden Regen- und Schneemengen, sowie von den örtlichen Wärme- und Windverhältnissen. Die hiernach sich einstellenden Zuflußmengen werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Umstände für das in betracht kommende Niederschlagsgebiet ermittelt. Näheres hierüber ist Bd. VIII: „Die Bodenmelioration“, I. Teil, Seite 148 usw. zu finden. Für die Bemessung kleiner Brücken und Durchlässe ist das Erforderliche auch in dem Werke des Verfassers: „Kleine Eisenbetonbrücken**“ (Seite 16 usw.) und

*) Die Höhenlage kann für eine beliebige Ausgangshöhe, am besten für N.N., eingerichtet werden.

**) Kleine Eisenbetonbrücken. Enthaltend Entwurf und Bau von Durchlässen, kleinen Brücken, Fußgängerstegen und Ueberleitungen mit Eisenbeton-Ueberbau. Leipzig 1912, Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.