Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 41/42 (1903)
Heft: 8

Artikel: Ein neuer Weg zur Berechnung der Staukurve
Autor: Fliegner, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24029

Ein neuer Weg zur Berechnung der Staukurve.

Von Prof. Dr. *A. Fliegner*.

In der „Zeitschrift für Gewässerkunde", 5. Bd., Heft 2, hat Herr Ingenieur Dr. *Heinrich Walter* in Cassel unter dem Titel: „Neues analytisch-graphisches Verfahren zur Bestimmung der Stauweite" eine Untersuchung veröffentlicht, in der er unter anderen auch eine Formel zur Berechnung der Staukurve verwendet, welche ich früher in meiner Vorlesung über praktische Hydraulik angegeben hatte. Da mich diese Formel nicht ganz befriedigte, so habe ich schon seit einigen Jahren einen neuen Weg für diese Berechnung vorgeschlagen, der aber noch nicht über den Kreis meiner unmittelbaren Zuhörer hinausgedrungen zu sein scheint. Ich möchte ihn daher hier der Oeffentlichkeit übergeben.

Zu diesem Zwecke muss ich zunächst die allgemeine Differentialgleichung für die ungleichförmige Bewegung des Wassers in offenen Leitungen kurz entwickeln. Es bezeichne:

F den Querschnitt des Wasserlaufes an irgend einer Stelle,
b die Breite im Wasserspiegel,
$y = F/b$ die sogenannte *mittlere Wassertiefe*,
r den Profilradius,
w die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitte,
α das relative Sohlengefälle,
α' das davon verschiedene relative Gefälle im Wasserspiegel,
λ den Reibungskoeffizienten.

Zwischen zwei unendlich benachbarten Querschnitten im Abstande dx lässt sich dann folgende Arbeitsgleichung aufstellen: Im obern Querschnitt enthält das Wasser für jedes durchströmende Kilogramm in Form von Geschwindigkeit die Arbeit $w^2/2g$ angehäuft. Bis zum unendlich benachbarten untern Querschnitte nimmt es durch die Einwirkung der Schwerkraft die Arbeit $\alpha' dx$ auf. Im untern Querschnitt enthält es noch in Form von Geschwindigkeit die Arbeit: $w^2/2g + d(w^2/2g)$, während auf der Strecke dx durch Widerstände verloren geht: $\lambda\,(dx/r)\,(w^2/2g)$. Lässt man die endlichen Glieder $w^2/2g$ gleich weg, so bleibt für den Zusammenhang dieser Grössen der Ausdruck:

$$(1) \qquad \alpha'\,dx = \frac{w\,dw}{g} + \frac{\lambda}{r}\,\frac{w^2}{2g}\,dx$$

übrig. Aus Abb. 1 folgt nun, dass

$$(2) \qquad \alpha' dx + dy = \alpha dx$$

ist. Ferner gilt noch die Kontinuitätsgleichung:

$$(3) \qquad Q = Fw = byw = \text{const.},$$

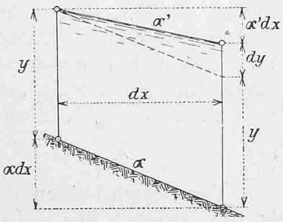


Abb. 1.

wobei allerdings, wie üblich, angenähert angenommen ist, dass die verschiedenen Geschwindigkeitsrichtungen in jedem Querschnitte genügend wenig divergieren oder konvergieren, um als unter sich parallel und senkrecht zum Querschnitte gerichtet angesehen werden zu dürfen. Differenziert man Gleichung (3), so folgt schliesslich:

$$(4) \qquad dw = -\,w\,\frac{dy}{y} - w\,\frac{db}{b}.$$

Setzt man die Werte von $\alpha' dx$ aus Gleichung (2) und von dw aus Gleichung (4) in Gleichung (1) ein und ordnet anders, so erhält man als allgemeine Differentialgleichung für die ungleichförmige Bewegung:

$$(5) \qquad \left(\alpha - \frac{\lambda}{r}\,\frac{w^2}{2g}\right) dx = \left(1 - \frac{w^2}{gy}\right) dy - \frac{w^2}{g}\,\frac{db}{b}.$$

Eine Integration dieser Gleichung ist bekanntlich nur unter weitgehenden Annäherungen durchführbar, unter welchen aber die Genauigkeit des Schlussergebnisses leidet. Um genauer vorgehen zu können, hatte ich daher damals die Differentialgleichung in eine Differenzengleichung umgewandelt, sie also sofort auf ein Stück von der endlichen Länge x angewendet. Dann ist zunächst dx durch x zu ersetzen. Bezeichnet man ferner die Werte im Anfangsquerschnitte mit dem Zeiger $_a$, die im Endquerschnitte mit $_e$, so tritt an die Stelle von dy die Differenz $y_e - y_a$ und ebenso an die Stelle von db: $b_e - b_a$. Für die übrigen, auf der Strecke x im allgemeinen veränderlichen Werte müssen *Mittelwerte* mit dem Zeiger $_m$ eingeführt werden. Das gibt statt Gleichung (5):

$$(6) \left(\alpha_m - \frac{\lambda_m}{r_m}\,\frac{w_m^2}{2g}\right) x = \left(1 - \frac{w_m^2}{g y_m}\right)(y_e - y_a) - \frac{w_m^2}{g}\,\frac{b_e - b_a}{b_m}.$$

Bekannt sind in dieser Gleichung nur alle Anfangswerte, entweder als im Ausgangsquerschnitte der ganzen Rechnung unmittelbar gegeben, oder als Endwerte einer vorangegangenen Strecke berechnet. Unbekannt sind alle übrigen Werte, mit Ausnahme eines einzigen, der als Urvariabele eingeführt werden muss. Alle diese Werte hängen aber miteinander zusammen, sodass die Bestimmung von einem weitern unter ihnen genügt. Die Lösung erfordert jedoch umständliche Annäherungsrechnungen.

Herr *Walter* hat nun einen bedeutend einfachern Weg zur Auflösung dieser Gleichung angegeben. Allerdings setzt er dabei ausdrücklich einen verhältnismässig breiten Wasserlauf voraus, sodass er

$$b_e = b_a = b = \text{const.}$$

einführen kann, wodurch das letzte Glied verschwindet. Ferner nimmt er an, dass das Querprofil des Flussbettes auf der ganzen für den Stau in Frage kommenden Strecke angenähert ungeändert bleibt, so dass die Berechnungen über die Querschnittsverhältnisse von der Lage des Querschnittes unabhängig werden. Mit diesen Annäherungen entwickelt er dann ein teils rechnerisches, teils zeichnerisches, verhältnismässig kurzes Verfahren zur Bestimmung des Abstandes zweier Querschnitte, in denen bestimmte mittlere Wassertiefen y angenommen sind. Wegen des Nähern muss ich auf die Quelle selbst verweisen.

Bei einem unregelmässigeren Wasserlaufe kann aber dieser Weg kaum genügend genaue Ergebnisse liefern, weil sich dann der Zusammenhang zwischen F, r, y und λ von Querschnitt zu Querschnitt tatsächlich ändert. Dazu kommt noch ein anderer Uebelstand. Durch Messung wird nämlich das wirkliche relative Sohlengefälle beobachtet, oder das beim ursprünglichen Wasserlaufe diesem angenähert gleiche relative Spiegelgefälle. In Gleichung (6) bedeutet dagegen α_m das mittlere *relative Gefälle in der mittlern Wassertiefe* y. Diese beiden Gefälle sind nun nicht gleich, mit einziger Ausnahme eines rechteckigen Querprofiles. Wollte man möglichst genau rechnen, so bliebe also nichts anderes übrig, als dieses α_m ebenfalls den unbekannten Grössen beizuzählen und es mit zu bestimmen. Das geht aber auch nicht ohne umständlichere Proberechnungen zu erreichen.

Aus diesen Gründen habe ich schon seit einigen Jahren die Gleichung (6) verlassen und schlage jetzt zur Berechnung der Staukurve folgenden anderen Weg ein: Ich stelle die Arbeitsgleichung auch sofort für ein endliches Stück von der Länge x auf, aber in etwas anderer Form, indem ich unmittelbar die ganze *Spiegelsenkung* h auf ihm einführe. Behalten die Zeiger ihre vorige Bedeutung bei, so lässt sich die Arbeitsgleichung für diese Strecke in der Form schreiben:

$$(7) \qquad \frac{w_a^2}{2g} + h = \frac{w_e^2}{2g} + \lambda_m\,\frac{x}{r_m}\,\frac{w_m^2}{2g}.$$

Ersetzt man hier die Geschwindigkeiten nach der Kontinuitätsgleichung (3) durch Q/F, multipliziert dann die

Gleichung mit $2g/Q^2$ und ordnet anders, so erhält man schliesslich:

$$\frac{1}{F_a^2} - \frac{1}{F_e^2} + \frac{2gh}{Q^2} - \lambda_m \frac{x}{r_m} \frac{1}{F_m^2} \equiv f(h) = 0. \tag{8}$$

Auf der linken Seite dieser Gleichung ist Q als durch eine unmittelbare Wassermessung bestimmt, also als bekannt und jedenfalls als konstant anzusehen. F_a ist durch die Anfangsbedingungen für die Strecke gegeben. Geht man nun von der Länge x als Urvariabelen aus und hat man die zugehörigen beiden Grenzquerschnitte nach den Querprofilen des ganzen Bettes und nach ihrer gegenseitigen Höhenlage ausgemessen, so könnte man die ganze linke Seite der Gleichung (8) berechnen, sobald die Spiegelsenkung h bekannt wäre. Denn zeichnet man die beiden Querprofile in richtiger gegenseitiger Höhenlage nebeneinander, wie in Abb. 2, so ist durch F_a die Höhenlage des Wasserspiegels im obern, linken Querschnitte gegeben. Der Wasserspiegel im unteren, rechten Querschnitte liegt dann um die Spiegelsenkung h tiefer. Mit h ist F_e bestimmt, und es lassen sich dann auch alle übrigen Grössen für diesen Querschnitt, namentlich r_e und λ_e berechnen. Aus diesen Werten und den gleichartigen für den obern Querschnitt folgen die Werte von F_m, r_m und λ_m am einfachsten angenähert als arithmetische Mittel. Da hiernach der ganze Ausdruck auf der linken Seite durch die Annahme der Spiegelsenkung h allein vollständig bestimmt erscheint, so durfte er gleich als $f(h)$ bezeichnet werden.

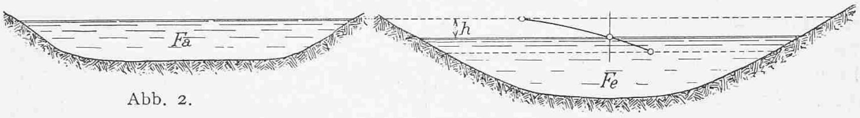
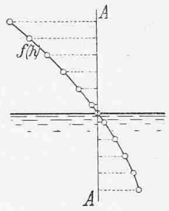


Abb. 2.

Nun ist h aber nicht bekannt, es gehört vielmehr auch zu den gesuchten Grössen. Die Gleichung (8) geht daher ebenfalls nur durch Probieren zu lösen. Man muss zu diesem Zwecke für h einige Werte annehmen, dafür $f(h)$ berechnen und dann denjenigen Wert von h ermitteln, für welchen $f(h)$ verschwindet. Das lässt sich am einfachsten erreichen, indem man, wie es in Abb. 2 rechts geschehen ist, von irgend einer beliebigen vertikalen Achse A A aus auf den angenommenen Höhenlagen des untern Wasserspiegels die Zahlenwerte der $f(h)$ aufträgt und die durch die Endpunkte dieser Strecken bestimmte Kurve einzeichnet. Der richtige Wasserspiegel im unteren Querschnitte geht dann durch den Schnittpunkt dieser Kurve mit der Achse A A. Da die Hauptfigur in ziemlich kleinem Masstabe gezeichnet werden musste, so ist die Kurve darüber mit auf das Fünffache vergrösserten Höhen wiederholt. Es ist selbstverständlich, dass in solchen Querprofilen die Breiten und Höhen in einerlei Masstab dargestellt werden müssen.

Für die Benutzung der Gleichung (8) ist es natürlich gleichgültig, ob man vom obern Querschnitte einer Strecke ausgeht und die Höhenlage des Wasserspiegels im untern bestimmt, oder umgekehrt. Da aber bei den Anwendungen gewöhnlich die Verhältnisse im obersten Querschnitte der ganzen verfügbaren Flusstrecke durch wasserrechtliche Bedingungen vorgeschrieben sein werden, so erscheint es am richtigsten, bei diesem obersten Querschnitte zu beginnen und von ihm aus Teilstück für Teilstück weiter zu rechnen. Den letzten Querschnitt muss man dann an diejenige Stelle des Wasserlaufes legen, an welcher das Wehr eingebaut werden soll. Dadurch erhält man die Höhenlage des Wasserspiegels im Wehrteich, und das gibt den Ausgangspunkt für die Berechnung des Kanals und der Wehranlage.

Hat der Wasserlauf, für den eine solche Rechnung durchgeführt werden muss, ein kleineres relatives Gefälle, so legt sich die Staukurve bekanntlich nach oben zu asymptotisch an den ursprünglichen Wasserspiegel an. Dann muss man, um überhaupt einen Stau zu erhalten, in dem obersten Querschnitte der verfügbaren Flusstrecke, also in dem Ausgangsquerschnitte der ganzen Rechnung schon einen gewissen kleinen Stau gestatten. Lässt sich nicht von vornherein entscheiden, ob diese Staukurve entstehen wird, oder jene mit einem Sprunge, so nimmt man im obersten Querschnitte einen kleinen Stau an, berechnet aber $f(h)$ zunächst nur für zwei Grenzwerte, für welche sich Gleichung (8) vereinfacht, nämlich für $h = 0$ und für $F_e = F_a$. Bekommen die zugehörigen Werte von $f(h)$ entgegengesetztes Vorzeichen, so liegt der richtige Wert von h dazwischen und man kann auch aus dem gegenseitigen Betrage der Zahlenwerte von $f(h)$ für diese beiden Grenzen schon die ungefähre Höhenlage des richtigen Wasserspiegels angeben und feststellen, in welcher Gegend man mit weiteren Werten von h probieren muss. Erhalten dagegen die Werte der $f(h)$ für die obigen beiden Grenzen das gleiche Vorzeichen, so liegt der Fall der Staukurve mit einem Sprunge vor; dieser soll nachher noch eingehender besprochen werden.



Wie gross die Längen x der obersten und weiterhin auch der übrigen Teilstrecken genommen werden müssen, hängt ganz von den Verhältnissen ab. Je weniger sich das Querprofil von Querschnitt zu Querschnitt ändert, desto länger kann man die einzelnen Strecken wählen, je unregelmässiger der Wasserlauf beschaffen ist, desto näher muss man die Querschnitte zusammenrücken lassen. Namentlich sollte man stets einen Grenzquerschnitt an eine Stelle legen, an der sich irgend eine der nötigen Grössen unstetiger ändert. Man kann sich auf folgendem Wege ein Urteil über die zweckmässige Länge der einzelnen Strecken x bilden: der Wert von r_m ist auf zwei Arten zu berechnen, nämlich wenn U den benetzten Umfang des Querschnittes bezeichnet nach:

$$r_m = \frac{r_a + r_e}{2} \quad \text{oder} = \frac{F_m}{U_m}, \tag{9}$$

wo F_m und U_m die arithmetischen Mittel aus je den beiden Grenzwerten bezeichnen. Die beiden so berechenbaren Werte von r_m fallen nun nicht gleich aus und zwar um so weniger, je verschiedener die Grenzwerte sind. Man muss demnach die Längen x so bemessen, dass das richtige Schlussergebnis nach Gleichung (8) innerhalb der Grenzen der verlangten Genauigkeit das gleiche bleibt, unabhängig davon, ob man den einen oder den anderen Wert von r_m in die Rechnung einführt.

Aehnlich lässt sich auch der Reibungskoeffizient λ ausnutzen. Für diesen dürfte am besten die *Darcy-Bazin*'sche Formel

$$\lambda = a + \frac{b}{r} \tag{10}$$

benutzt werden, in welcher aber die Konstanten a und b aus unmittelbaren Wassermessungen am ursprünglichen Wasserlaufe bei mindestens zwei verschiedenen Wasserständen für jeden Fall besonders bestimmt werden sollten. Dann lässt sich λ_m auch auf zwei Wegen berechnen, nämlich:

$$\lambda_m = \frac{\lambda_a + \lambda_e}{2} = a + \frac{b}{r_m}. \tag{11}$$

Von diesen beiden Werten wird der erste stets grösser, als der zweite; der Unterschied sollte aber das Schlussergebnis innerhalb der verlangten Genauigkeitsgrenzen ebenfalls nicht beeinflussen.

Wenn bei dem ersten Versuche für die oberste Strecke die beiden $f(h)$ gleiches Vorzeichen erhalten, so liegt der richtige Wert von h ausserhalb der beiden gewählten, und zwar auf der Seite desjenigen, für welchen $f(h)$ den kleinern Zahlenwert annimmt. Hat man dabei im Ausgangsquerschnitte einen nur verhältnismässig kleinen Stau zugelassen, so wird der Wert von h, der die $f(h)$ zum Verschwinden bringt, gewöhnlich *grösser* sein, als der für $F_e = F_a$. Dafür ergibt sich aber $F_e < F_a$, und man bekäme dann gar nicht die eigentliche Staukurve, sondern denjenigen Teil der Kurve des Wasserspiegels bei ungleichförmiger Bewegung, der dem Eintritte mit einer gegenüber dem gleichförmigen Bewegungs-Zustande zu kleinen Geschwindigkeit entspricht. Um in diesem Falle auf die eigentliche Staukurve zu kommen, muss man im Ausgangsquerschnitte stärker stauen, man muss den Wassersprung in ihn hineinlegen. Dazu ist zunächst nötig, die Höhe des Sprunges zu bestimmen.

Das ist allerdings nur angenähert möglich, und zwar gestützt auf die Differenzialgleichung (5). An der Sprungstelle, d. h. im Berührungspunkte der vertikalen Kurventangente, ist nämlich $dx = 0$, während dort dy und db nicht verschwinden. Daher folgt für diese Stelle, die rechte Seite gleich anders geordnet:

$$dy - \frac{w^2}{g} \frac{bdy + ydb}{by} = 0.$$

Hier ist $by = F$, $bdy + ydb = d\,(by) = dF$, und wenn man ausserdem wieder w durch den Quotienten Q/F ersetzt, so wird die Bedingung für die Sprungstelle:

$$dy - \frac{Q^2}{g} \frac{dF}{F^3} = 0,$$

und daraus berechnet sich endlich der dortige Querschnitt, der mit F_s bezeichnet werden möge, zu:

$$(12) \qquad F_s = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g} \frac{dF}{dy}}.$$

Den obern Teil des Querprofiles kann man für diesen Zweck immer mit genügender Genauigkeit beidseitig durch geneigte Gerade begrenzt denken, so dass sich dF/dy und damit F_s bestimmen lässt. Die zugehörige Lage des Wasserspiegels muss darnach in der Zeichnung ausprobiert werden.

Diese ganze Rechnung ist allerdings weniger zuverlässig, als die frühere. Denn der Gleichung (5) liegt die angenäherte Annahme zu Grunde, dass alle Geschwindigkeitsrichtungen in jedem Querschnitte genügend genau als unter sich parallel und senkrecht zum Querschnitte angesehen werden dürfen. An der Sprungstelle kommen aber auch Geschwindigkeitsrichtungen vor, die bis in die Ebene des Querschnittes hineinfallen. Damit man nun bei der weiteren Rechnung mit Sicherheit auf die eigentliche, ansteigende Staukurve kommt, und nicht doch noch auf das Einströmen mit zu kleiner Geschwindigkeit, dürfte es angezeigt sein, die Rechnung für das erste Teilstück gleich mit einer etwas grössern Wassertiefe zu beginnen, als dem Werte von F_s nach Gleichung (12) entspricht. Wenn dann schliesslich der Sprung auch nicht genau auf die Ausgangsstelle zu liegen kommen sollte, so ginge er leicht, an der fertigen Anlage mit Hülfe der doch stets vorhandenen Schleusen nachträglich dahin zu bringen. Bei dieser Rechnung muss man, solange der gestaute Wasserspiegel noch steiler ansteigt, die Länge x der Teilstrecken kürzer nehmen als sonst, in der Nähe des Sprunges sogar bedeutend kürzer.

In der neuesten, 18. Auflage der „Hütte“, „Des Ingenieurs Taschenbuch“, Abtlg. I, Seite 248 ist zur Berechnung der Staukurve eine Gleichung angegeben, die mit der obigen Gleichung (6) wesentlich übereinstimmt. Sie wird aber auf das *Längenprofil* angewendet und dabei die Spiegelsenkung aus der Senkung der Sohle und der Differenz der mittlern Wassertiefen in den beiden Grenzquerschnitten der Strecken bestimmt. Dadurch kommt jedoch die schon vorhin beanstandete Ungenauigkeit in die Untersuchung hinein, dass man das Sohlengefälle benutzt, anstatt des mittlern relativen Gefälles in der mittlern Wassertiefe. Der von mir angegebene Weg arbeitet dagegen nur mit den unmittelbar ausgemessenen *Querprofilen* und braucht das Längenprofil überhaupt nicht, vermeidet demnach diese Schwierigkeit.

* * *

Da ich hier die „Hütte“ erwähnen musste, möchte ich noch eine andere verwandte Frage berühren. Kurz vor der eben herangezogenen Stelle, auf Seite 243, gibt sie bei der Behandlung der *Widerstände von allmählichen Erweiterungen* in Rohrleitungen Widerstandskoeffizienten, die aus meinen im „Civilingenieur“, 1875, Seite 98 veröffentlichten Versuchen hergeleitet sind. **Ich muss aber die Verantwortung für diese Zahlenwerte ganz entschieden ablehnen.** Die Zahlen geben nämlich nur etwa den *kleinsten* Wert des Widerstandskoeffizienten, den ich für jeden Fall gefunden habe, und der nur bei einem ganz bestimmten, von Fall zu Fall verschiedenen Drucke auftrat. Mit von diesem aus abnehmendem Drucke wächst der Koeffizient und scheint sich asymptotisch einem unendlich grossen Werte zu nähern. Wird der Druck umgekehrt grösser, so wächst der Widerstand gleichfalls und ich habe schliesslich immer den gleichen Widerstandskoeffizienten gefunden, der sich für eine plötzliche Erweiterung von demselben Querschnittsverhältnisse ergeben hatte. Die Uebereinstimmung beginnt mit einem Drucke, der wenig grösser ist, als rund 10 *m* Wassersäule, also bei einer Geschwindigkeit von rund 20 *m*/Sek. an der engsten Stelle. Gegenüber dieser Veränderlichkeit erscheint es unzulässig, allein mit dem jedesmaligen kleinsten Werte des Koeffizienten zu rechnen. Da nun die ganz grossen Werte nur bei sehr kleinen Druckhöhen, etwa unter 1 *m* auftreten, also auf einem Gebiete, das praktisch kaum benutzt wird, während die kleineren Werte auch auf ein ziemlich enges Gebiet beschränkt bleiben, so habe ich vielmehr vorschlagen müssen, zur Sicherheit für die allmählichen Erweiterungen immer denselben Widerstandskoeffizienten zu benutzen, der allgemein für die plötzlichen Erweiterungen eingeführt wird.

Zürich, im Mai 1903.

Das Starkstrominspektorat und die Materialprüfanstalt des Schweizer. Elektrotechnischen Vereins.

Durch die Uebertragung der im Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 vorgesehenen eidgenössischen Kontrolle über die Schwach- und Starkstrom-Anlagen an das *Starkstrominspektorat des S. E. V.* ist eine wesentliche Erweiterung und Umgestaltung desselben notwendig geworden. Zugleich war die „Aufsichtskommission der technischen Prüfanstalten des S. E. V.“ von der Generalversammlung im Jahre 1902[1]) mit der Organisation der „*Materialprüfanstalt*“ beauftragt

[1]) Bd. XL. S. 174.

Zusammenstellung der beim Starkstrominspektorate des Schweiz. Elektrotechn. Vereins abonnierten Werke und Einzelanlagen.

Je zu Ende Juni	1898	1899	1900	1901	1902	1903
Totalzahl der Abonnenten	30	88	136	177	251	295
Totalbetrag der Abonnements . . . Fr.	9 649, 20	20 211, 60	25 943, 60	25 222, 50	30 305, 50	34 150, 50
Zahl der abonnierten Elektrizitätswerke	30	52	73	86	102	121
Beitragspflichtiger Wert ihrer Anlagen . . . Fr.	6 989 600, —	13 749 800, —	15 815 400, —	30 172 600, —	32 055 580, —	34 882 200, —
Betrag ihrer Abonnementsbeiträge . . . Fr.	9 649, 20	17 246, 10	20 864, 60	18 221, 50	20 016, 50	22 460, 50
Durchschnittlicher Beitrag per Abonnement . . . Fr.	321, 64	331, 65	285, 82	212, —	196, —	185, 60
Betrag der Abonnements in ‰ des Wertes der Anlagen	1,38	1, 254	1,319	0,604	0,624	0,644
Zahl der abonnierten Einzelanlagen	—	36	63	91	149	174
Betrag ihrer Abonnementsbeiträge . . . Fr.	—	2 965, 50	5 079, —	7 001, —	10 289, —	11 690, —
Zahl der Inspektionen bei Elektr. Werken im Berichtsjahr	12	75	83	91	137	122
Zahl der Inspektionen bei Einzelanlagen im Berichtsjahr	—	33	80	106	181	169
Totalzahl der Inspektionen im Berichtsjahr	12	108	163	197	318	291