Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65 (1947)
Heft: 36

Artikel: Belastungsausgleich in Verteilanlagen
Autor: Schellenberg, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55938

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

65. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 36

Belastungsausgleich in Verteilanlagen

Von Dipl. Ing. H. SCHELLENBERG, P.-D. an der E. T. H., Zürich

1. Die Problemstellung

DK 628.15 : 696.1

Die richtige Bemessung von Leitungsanlagen ist nur möglich, wenn die Maximallasten bekannt sind. Bei einfachen Anordnungen, wie z. B. Druckleitungen von Kraftwerken, lassen sie sich aus der Leistung der angeschlossenen Aggregate, bei andern, wie z. B. bei Heizungen, aus dem höchsten Wärmebedarf berechnen.

In Verteilanlagen von Versorgungsbetrieben, wie Wasser-, Gas-, Elektrizitätswerken usw., sowie den angeschlossenen Installationen liegen die Verhältnisse bedeutend komplizierter. Hier sind die Maximallasten nur noch in den Endsträngen, d. h. in den letzten Abzweigen zu den einzelnen Verbrauchern, wie Motoren, Apparaten, Ventilen, bekannt und entsprechen deren Anschlusswerten. Die Belastung schwankt hier, d. h. in den Strecken a bis b, Bild 1, zwischen Null und dem Anschlusswert. Aber bereits in den anschliessenden Teilstücken b bis c, c bis d usw. fängt die Unbestimmtheit an. Auch hier können sie von Null bis zur Summe der Anschlusswerte ansteigen. In Wirklichkeit wird dies aber nicht der Fall sein, weil es äusserst unwahrscheinlich ist, dass alle Verbraucher gleichzeitig miteinander voll angeschlossen oder ganz abgestellt sind.

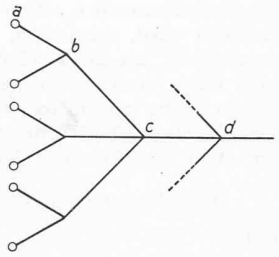

Bild 1

Das wirklich auftretende Maximum wird stets kleiner als das maximal Mögliche und das Minimum während der Anschlusszeit grösser als Null sein. Mit zunehmender Entfernung vom Ende wird der Ausgleich immer grösser und das unruhige Belastungsdiagramm mit den kurzzeitigen Schwankungen nach Bild 2 geht in eine ruhige Form nach Bild 3 über, die nur noch über grössere Zeiträume, wie die Tagesstunden schwankt. Hier kann mit statistisch erfassbaren mittleren Maximalwerten gerechnet werden.

Im allgemeinen beschränkte sich bisher die ingenieurmässige Berechnung auf diesen Bereich, während das Gebiet gegen den Verbraucher fast ausschliesslich erfahrungs- und gefühlsmässig behandelt wurde. Der Verlauf scheint hier völlig unsystematisch und zufallabhängig, also theoretisch nicht erfassbar zu sein, da jeder Abnehmer nach seinem Willen und solange es ihm beliebt konsumieren kann.

Mit dem Aufkommen von Grossinstallationen, wie Fernwarmwasserversorgungen usw., wurde der Mangel an Unterlagen für die Bemessung der Verteilleitungen in den äussern Zweigen des Netzes immer spürbarer, besonders dort, wo infolge teurer Leitungsmaterialien eine aus Sicherheitsgründen angeordnete Ueberbemessung wirtschaftlich stark ins Gewicht fällt. So drängte sich aus praktischen Gründen eine grundlegende Untersuchung der massgebenden Zusammenhänge auf. Da der zeitliche Ablauf der durch die einzelnen Zweige strömenden Verbrauchsmengen grösstenteils von der willkürlichen Bedienung der Verbraucherstellen durch den Menschen abhängt, setzt die Lösung logischerweise das gesetzmässige Erfassen des menschlichen Handelns voraus. Im Hinblick auf die Vielgestaltigkeit der Impulsmomente, die unser Handeln auslösen, erscheint, wenn man vom einzelnen Individuum ausgeht, jegliche Gesetzmässigkeit zu fehlen. Sobald man aber Gemeinschaften einer grossen Zahl von Menschen betrachtet, lassen die statistischen Aufzeichnungen über die Lebensvorgänge, wie sie sich z. B. im zeitlichen Verlauf des Verbrauches von Konsumgütern äussern, Gesetzmässigkeiten von einer unerwarteten Regelmässigkeit erkennen. Diese Feststellung ermöglichte es, die hier gestellte Aufgabe zu lösen. Die Anwendung der Theorie setzt allerdings ein sorgfältiges Abwägen der massgebenden Faktoren voraus. So beeinflussen z. B. Sitten, Gebräuche und Lebensgewohnheiten weitgehend den Verbrauch von Wasser, was beim Bearbeiten verschiedener Konsumgebiete berücksichtigt werden muss.

2. Grundlagen

Die theoretischen Grundlagen über Höchstbelastung und Belastungsausgleich liegen in allgemein gültiger Form vor; sie waren in langjähriger Arbeit von Prof. Dr. *W. Kummer*, Zürich, geschaffen und in verschiedenen Veröffentlichungen bekanntgegeben worden. Sie sagen aus, dass es trotz der scheinbaren Ungeregeltheiten des Verbrauchs möglich ist, ihn mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu erfassen. Nachstehend sei die Berechnung kurz skizziert[1]):

Gegeben sei eine Zentralanlage, die n Konsumenten bedient, und von denen alle ungefähr den gleichen Anschlusswert W_0 und auch ungefähr dieselbe relative, d. h. auf die mögliche Verbrauchszeit bezogene Benützungsdauer p aufweisen. Man kann nun die Grösse p als Wahrscheinlichkeit dafür auffassen, dass gerade einer der n Konsumenten mit seinem Anschlusswert W_0 an die Zentralanlage angeschlossen sei. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Anzahl r von Konsumenten, wobei $0 < r < n$, angeschlossen sei, wird durch die Formel von Poisson

$$P = e^{-m} \frac{m^r}{r!}$$

bestimmt, wobei die Grösse m durch den Ausdruck

$$m = n\,p$$

gegeben ist und wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet. Indem man für verschiedene Werte r die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten P berechnet und sie auf einem rechtwinkligen Koordinatensystem als Ordinaten über den Werten r als Abszisse aufträgt, erhält man eine Kurve in Gestalt einer unsymmetrischen Glocke (Bild 4), die die Häufigkeitskurve der Konsumentenanschlüsse bedeutet. Jedem Punkt auf der Abszisse entspricht nicht nur eine Konsumentenzahl r, sondern auch eine bezügliche Leistung $W_0 r$ beim Anschluss dieser r Konsumenten. Dem Kurvenscheitel bei der Abszisse r' entspricht dann gemäss der durch den Scheitel gegebenen maximalen Häufigkeit P' die Durchschnittsleistung

$$W' = r' W_0$$

der Anlage im Betrieb. Formelmässig ist aber r' gerade gleich dem Werte m der Gleichung von Poisson; daher ist auch

$$m = \frac{W'}{W_0}$$

Die Höchstbelastung der Anlage W_{max} tritt auf bei einer Wahrscheinlichkeit P'', deren Abszisse mit r'' bezeichnet erscheint. Für einen gerade vorliegenden Typus einer Zentralanlage hat die im Zeitmass erscheinende Wahrscheinlichkeit

[1]) «Installation», Heft 4, Dezember 1937.

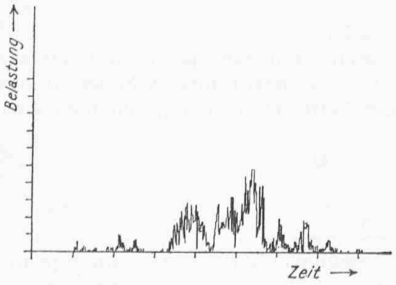

Bild 2

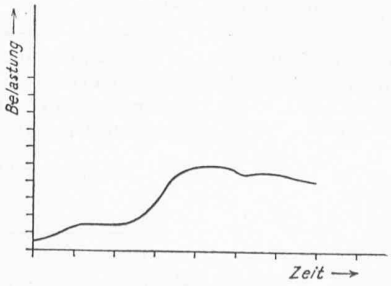

Bild 3

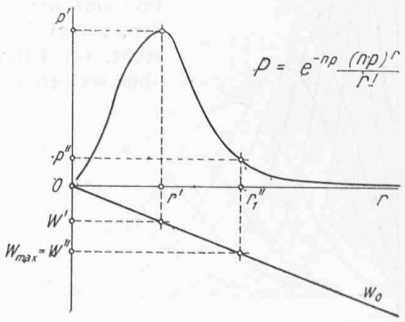

Bild 4

P'' einen durch die Erfahrung bestimmten charakteristischen Wert, durch dessen Einführung in die Formel von Poisson man r'' berechnet. Dann gelten die Beziehungeen

$$W' = r' W_0 \text{ und } W_{max} = r'' W_0$$

Der Belastungsausgleich wird nun gekennzeichnet durch das Verhältnis

$$K = \frac{W_{max}}{W'} = \frac{r'' W_0}{r' W_0} = \frac{r''}{m}$$

Diese Verhältniszahl K nennen wir das Schwankungsverhältnis. Indem man nach der Formel von Poisson über allen möglichen Werten

$$m = \frac{W'}{W_0}$$

die für $P = P''$ gültigen Werte r'' ermittelt, aus $\frac{r''}{m}$ Verhältnisse K bildet, und Wertepaare m und K zur Kurve $K = f(m)$ benützt, stellt man den Verlauf des Schwankungsverhältnisses K über der universellen Mittelwertgrösse m allgemein gültig für den gegebenen Typus einer Zentralanlage dar.

Die auf Grund der vorstehenden Erläuterungen für verschiedene Werte von m berechneten Wahrscheinlichkeiten P, eine übrigens äusserst zeitraubende Arbeit, sind in Bild 5 dargestellt. Auffallend ist die zunehmende Abflachung der Scheitelpunkte, die auf den rasch zunehmenden Ausgleich gegen die Sammelleitung hinweist.

Aus diesem Bild lassen sich für verschiedene für die Anlage charakteristische Grenzwerte die höchsten angeschlossenen Abonnentenzahlen und damit gleichzeitig die dadurch bedingten Höchstbelastungen ablesen, wobei die abfallenden Zweige der Kurven in der Regel in stark vergrössertem Masstab aufgezeichnet werden müssen. Die entsprechenden Ergebnisse gehen aus dem sehr aufschlussreichen Bild 6 hervor und zwar für die Werte 1 s, 10 s, 1 min und 1 h. Der Vollständigkeit halber sind überdies noch die Schwankungsverhältnisse K angedeutet.

Die bisherigen Betrachtungen führen zu einem höchst bemerkenswerten Ergebnis. Die in der Praxis immer auftauchende Frage nach der wahrscheinlichen Maximalbelastung einer Anlage von bestimmter Grösse und Ausdehnung kann in dieser Form nicht eindeutig beantwortet werden. Es treten alle Belastungen bis zur grösstmöglichen, die der Summe aller Anschlusswerte entspricht, auf; mit zunehmender Grösse jedoch immer seltener und zeitlich immer kürzer. Jede Anlage hat nun eine bestimmte Empfindlichkeit, die durch die Zeit charakterisiert ist, in der eine bestimmte Last nicht überschritten werden darf, ohne dass die Anlage Schaden nimmt oder deren Betrieb gestört wird. Diese Belastung stellt den gesuchten Höchstwert dar, für den sie berechnet werden muss, um einwandfrei zu funktionieren, der aber, wie erwähnt, nicht mit dem Höchstwert identisch ist, der in der Anlage auftreten kann. Von zwei Anlagen gleicher Ausdehnung und mit genau gleichen Konsumverhältnissen muss also z. B. für diejenige, die mit den empfindlicheren Apparaturen ausgerüstet ist, eine grössere Maximallast zu Grunde gelegt werden.

3. Anwendung

Die theoretischen Erkenntnisse lassen sich für die Bemessung von Wasser-, Gas-, Elektrizitäts-Verteilungen, Entwässerungssysteme und sogar für die Bestimmung von Verkehrsdichten im Bahnbetrieb usw. anwenden. Es ist so vorzugehen, dass die Gesetzmässigkeiten festgestellt und in Beziehung zur universellen Grösse m der Poissonschen Formel gebracht werden, wobei dann die Möglichkeit besteht, die Kurven von Bild 5 und 6 ohne weiteres anzuwenden. Dies soll nachstehend am Beispiel der Wasserverteilanlagen für Wohnbauten und Siedlungen geschehen.

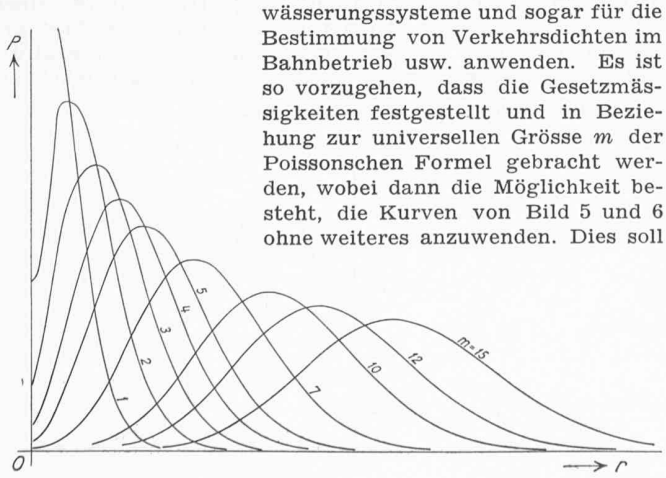

Bild 5

4. Untersuchung der Maximalbelastung in der Wasserinstallation von Wohnbauten und Siedlungen

41. Grundüberlegungen

Als Ausgangspunkt wird am besten der Wasserverbrauch pro Person und Tag gewählt.

Dieser Verbrauch Q_0 setzt sich aus einzelnen Teilverbräuchen Q_1, Q_2 usw. für Küche, Bad usw. zusammen. Es ist

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots Q_k = \sum_1^k Q_x$$

Der Anschlusswert W_0 der Installation einer Wohnung, die wir als Element betrachten, ist gleich der Summe der Anschlusswerte der einzelnen Apparate in Küche, Bad usw., also

$$W_0 = W_1 + W_2 + \ldots\ldots W_k = \sum_1^k W_x$$

Die Anschlusszeit t_0, also die Zeit, während der Wasser entnommen wird, setzt sich, da ein Mensch in der Regel nicht gleichzeitig an zwei oder mehr Stellen Wasser entnehmen wird oder kann und eine zufällige Gleichzeitigkeit das Ergebnis nicht wesentlich verändert, aus den Entnahmezeiten der einzelnen Teilverbräuche zusammen und ist analog zu den oben angeführten Ueberlegungen

$$t_0 = t_1 + t_2 + \ldots\ldots t_k = \sum_1^k t_x$$

und da

$$t_1 = Q_1 / W_1$$

wobei W_1 den Anschlusswert des Apparates bedeutet, bei dem die Wassermenge Q_1 entnommen wird, so ist

$$t_0 = \sum_1^k t_x = \sum_1^k Q_x / W_x$$

Daraus bestimmt sich die mittlere Anschlussleistung

$$W_0 = \frac{Q_0}{t_0} = \frac{Q_0}{\sum_1^k Q_x / W_x}$$

Ist eine Wohnung mit P Personen besetzt, so erhöht sich der Verbrauch Q und damit die Anschlusszeit t annähernd proportional. Sie werden

$$Q = P Q_0 \qquad t = P t_0$$

Für die Zwecke der Installation ist es einfacher, an Stelle der Personenzahl die Anzahl der Wohnräume Z einer Wohnung zu verwenden. Es muss dabei der Begriff der Wohndichte δ, d. h. das Verhältnis der Personenzahl zur Raumzahl eingeführt werden. Es ist

$$\delta = \frac{P}{Z} \text{ oder } P = \delta Z$$

Wenn T die total mögliche Benützungszeit und n die Anzahl angeschlossener Konsumenten, d. h. die Anzahl der Wohnungen bedeutet, so kann für m gesetzt werden

$$(1) \qquad m = n \frac{t}{T} = n \frac{\delta Z}{T} \sum_1^k \frac{Q_x}{W_x}$$

Statt der Grösse n, soll der totale Anschlusswert W Verwendung finden, wobei

$$W = n W_0$$

ist. Damit wird

$$(2) \qquad m = \frac{W}{W_0} \frac{\delta Z}{T} \sum_1^k \frac{Q_x}{W_x}$$

Die Spitzenlast W_{max} stellt sich dar als Produkt des Anschlusswertes W_0 mit dem, einem bestimmten von der Anlage abhängenden Wahrscheinlichkeitswert P'' entsprechenden Abszissenwert r'', also

$$(3) \qquad W_{max} = r'' W_0 = r'' \frac{Q_0}{\sum_1^k Q_x / W_x}$$

Wir haben damit die gewünschten Zusammenhänge mit allen in Frage kommenden Werten gefunden. Die Formeln (2) und (3) oder (1) und (3) zusammen mit derjenigen von Poisson gestatten uns, sämtliche Verbrauchsspitzen in der

Installation zu berechnen. Das Belastungsmaximum ist also von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängig und zwar vom Wasserverbrauch pro Kopf und Tag, von den Anschlusswerten, der Wohndichte, Raumzahl und Gebrauchsdauer.

Nach diesen Feststellungen sind zunächst die einzelnen Faktoren und deren Einfluss näher zu betrachten, die zum Teil Funktionen der sozialen Lage, Sitte und Gewohnheit, des Kulturniveau und der physiologischen Bedingungen darstellen. Zu diesem Zweck ist es nötig, statistische Unterlagen und praktische Erfahrungszahlen herbeizuziehen.

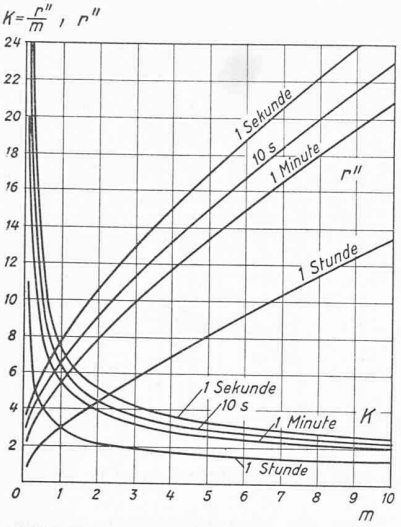

Bild 6

42. Der Einfluss der verschiedenen Faktoren

421. *Die totale Gebrauchszeit T*

Die Gebrauchszeit T ist die Zeit, in welcher der Anschluss überhaupt möglich ist. Ihr Maximum beträgt pro Tag 24 Std. Im Wohnhaus wird die ganze Zeit, ausser der Nachtruhe angenommen werden können, da der Konsum unmittelbar nach der Ruhe den ganzen Tag hindurch bis unmittelbar vor der Ruhe andauert.

Die durch umfangreiche statistische Erhebungen festgestellte Zeit durch Auswertung von Zähler-Registrierdiagrammen aus den verschiedensten Liegenschaften, ergibt eine mittlere Gebrauchszeit für Wohnhäuser von 16,1 Std. Eine besondere Genauigkeit dieser Erhebungen ist nicht nötig, da Abweichungen von z. B. $\pm$ 1 Std. auf das Ergebnis nur ganz verschwindenden Einfluss haben. Der Faktor T kann damit für Wohnzwecke als konstant angenommen werden.

In der gewerblichen oder industriellen Installation, die hier jedoch nicht betrachtet ist, bedeutet T beispielsweise die Dauer der Arbeitschicht.

422. *Die Wohndichte δ*

Ueber die Wohndichte δ, d. h. die Personenbesetzung pro Wohnraum, existieren deutsche statistische Untersuchungen, die im «Gas- und Wasserfach» Heft 44, 1937, veröffentlicht sind. Sie zeigen, dass die Wohndichte mit den sozialen Verhältnissen schwankt. Bei geringem Einkommen ist sie logischerweise am grössten und sinkt mit zunehmender sozialer Stufe ab. Die entsprechenden Zahlen bewegen sich von 1,25 bei einem Jahreseinkommen von 3000 RM. bis 0,9 bei einem solchen von 12 000 RM. In unseren Verhältnissen liegen die Zahlen ähnlich (Bild 7). Die gleiche Veröffentlichung zeigt, dass aber auch der Konsum von Gas und Elektrizität vom Einkommen abhängt und mit diesem ansteigt. Für den Wasserverbrauch fehlen die entsprechenden Werte. Der Charakter muss aber, da Gas und Elektrizität z. B. bei der Warmwasserversorgung proportional sind, der gleiche sein. Durch diese gegenläufige Charakteristik von Konsum und Wohndichte wird der Einfluss der sozialen Verhältnisse weitgehend kompensiert. Die Verbrauchszahlen z. B. der Wasserversorgung Zürich bestätigen dies. Also kann der Konsum pro Zimmer für unsere Zwecke als hinreichend konstant angesehen werden.

423. *Der Wasserverbrauch Q*

Mit dem Wasserverbrauch pro Person und Tag ändert sich die Maximalbelastung in erheblichem Masse. Unter der Voraussetzung, dass die Teilverbräuche Q_x proportional mit Q_0 schwanken, besteht ebenfalls eine Proportionalität zwischen m und Q_0. Der Wert r'' und damit W_{max} steigen und sinken also mit Q_0 und zwar entsprechend den in Bild 6 enthaltenen Charakteristiken.

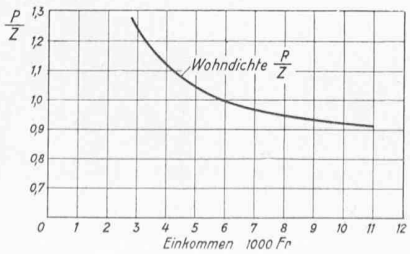

Bild 7. Wohndichte in der Schweiz

Die Veränderlichkeit von Q_0 kann auf ganz verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Erstens ist der Verbrauch vom Kulturniveau abhängig. Mit zunehmender Anzahl von Bädern, bei vermehrter Wäschebesorgung usw. steigt die Wassermenge. Sie ist von der Gewohnheit der Menschen und ihrer Erziehung abhängig und in einzelnen Ländern oder Landesgegenden ziemlich konstant. Dagegen bestehen Unterschiede in Ländern mit verschiedenen Kulturniveau, wie z. B. Ost- und Westeuropa. Kleinere Unterschiede, die in der sozialen Stellung begründet sind, werden, wie schon erwähnt, durch die Verschiedenheit der Wohndichte kompensiert und brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

In zweiter Linie bestehen in verschiedenen Anlagen verschiedene Verbräuche. Der Anteil von Warmwasser beträgt für Haushaltungszwecke ungefähr einen Drittel des gesamten Konsums und dementsprechend werden Warmwasseranlagen auch geringere Spitzen aufweisen. Die Bemessung ihrer Anlagedaten wird also kleiner ausfallen als die der Kaltwasseranlage.

Ein dritter Grund der Aenderung von Q_0 besteht in der Verbrauchmöglichkeit. Wenn in einem Haus nicht alle Einrichtungen bestehen, sondern z. B. das Bad fehlt, dann wird Q_0 ungefähr um den entsprechenden Teilkonsum sinken. Gleichzeitig verringert sich aber auch der Anschlusswert der Installation, da der, der Konsumverminderung entsprechende Anschlusswert in Wegfall kommt. Die Beziehung zwischen Anschlusswert und Maximalleistung erfährt damit keine Veränderung.

In Wirklichkeit besteht jedoch die vorausgesetzte Gleichheit nur angenähert, weil die Verhältnisse zwischen den Verbrauchmengen und Anschlusswerten für die einzelnen Teilverbräuche nicht durchwegs die gleichen sind.

424. *Der Anschlusswert von W_0*

Die Veränderlichkeit des Anschlusswertes pro Wohnung hat eine entsprechende Aenderung von m und W_{max} zur Folge. An Hand der mathematischen Ableitung lässt sich leicht nachweisen, dass mit zunehmendem Anschlusswert auch die Maximalbelastung ansteigt. Es entsteht eine Kurvenschar, bei der die einzelnen Kurven parallel verschoben sind und gleichzeitig auch eine Veränderung der Neigungswinkel eintritt.

43. Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass in der Installation die Grösse m sowie die Belastungsmaxima theoretisch bestimmt werden können. Sie stellen sich dar als eine Funktion mit fünf Variablen und zwar Anschlusswert, Gebrauchszeit, Raumzahl pro Wohnung, Wohndichte und Wasserverbrauch pro Kopf und Tag.

Bei spezieller Betrachtung von Wohnbauten nehmen Gebrauchszeit und Wohndichte den Charakter von Konstanten an, so dass in diesem Falle die Spitze nur noch von den übrigen drei Faktoren abhängig ist.

In einer bestimmten Gegend, z. B. einer Stadt, kann überdies der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag als fest angenommen werden, wobei allerdings für Kalt- und Warmwasseranlagen verschiedene Werte gelten.

5. Prüfung auf Uebereinstimmung mit der Praxis

51. Messinstrumente und Messungen

Zur Messung solcher Belastungsspitzen eignen sich registrierende Blenden-, Venturi- oder Schwimmermesser, während bei registrierenden Zählern die Auswertung der Diagramme zu ungenau erscheint. Zur Kontrolle der theoretischen Untersuchungen wurden aus sehr vielen Messungen, die im Laufe vieler Jahre mit Hilfe von registrierenden Siemens-Bayer-Schwimmermessern durchgeführt wurden, einige hundert ausgezogen und verarbeitet. Bei diesen Instrumenten wird ein an einer Führungsstange befestigter Teller, der den Schreibstift trägt, durch den durch eine Düse senkrecht nach oben strömenden Wasserstrahl in eine der Wassermenge entsprechenden Gleichgewichtslage gehoben. Die Registriertrommel wird durch ein Uhrwerk bewegt. Die Instrumente wurden jeweils an Stelle der Zähler eingebaut und an jenem Orte etwa 14 Tage belassen, um möglichst genaue Werte zu erlangen.

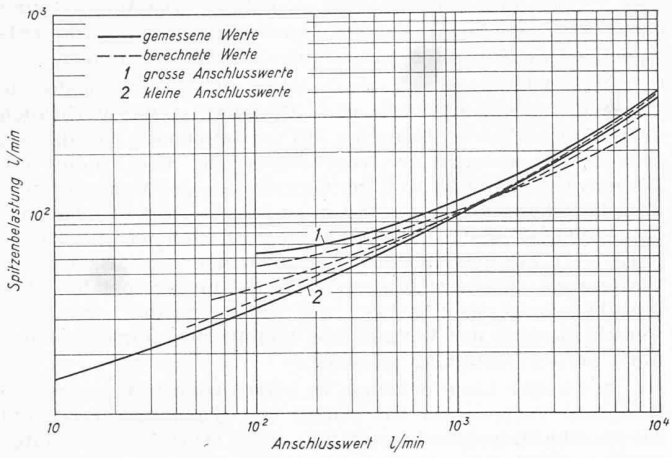

Bild 8

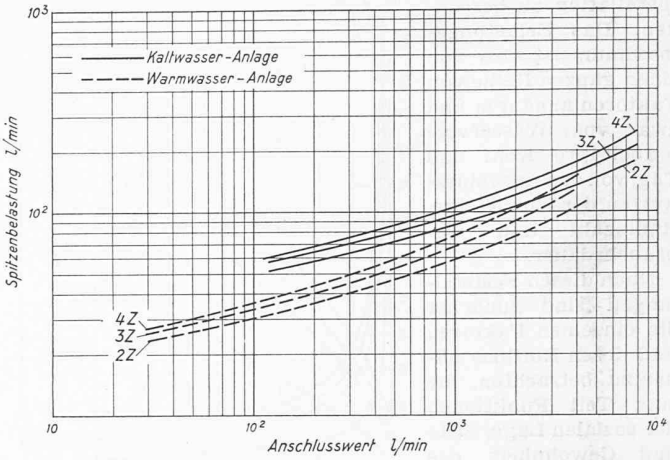

Bild 9 Höchstbelastungen in Wohnbauten (Z = Zimmerzahlen)

52. Vergleich zwischen theoretischen Ueberlegungen und den Messergebnissen, Anwendung

Der Einfachheit halber wird nur der Vierzimmer-Wohnungstyp, eine Spitzenzeit von 1 s, ein statistisch erfasster mittlerer Verbrauch bei voller Installation für reine Wohnzwecke von 181 l pro Person und Tag betrachtet. Die Unterteilung in die einzelnen Teilverbräuche Q_x erfolgte ebenfalls auf statistischem Wege. Für Anschlusswerte wurden die Mittelwerte der kleinsten, mittleren und grössten in der Praxis vorkommenden Zahlen eingesetzt, also unter Weglassung ausgesprochener extremer Verhältnisse.

Die Ergebnisse sind im Bild 8 dargestellt. Sie zeigen eine für diese Zwecke erstaunliche Uebereinstimmung, besonders wenn man bedenkt, dass die Messpunkte zwischen den Anschlusswerten 100 und 4000 sehr angehäuft, ober- und unterhalb dagegen verhältnismässig spärlich vorhanden sind. Deshalb ist ihre Genauigkeit dort beschränkt. Die untere, durch Messung bestimmte Kurve entspricht also den kleinen Anschlusswerten, die obere den grossen. Dadurch wird auch der bei der Verarbeitung der Messresultate schwer erklärbare Grund des Auftretens von zwei Kurven sowie der vielen Streupunkte im dazwischen liegenden Feld verständlich. Diese überaus gute Uebereinstimmung zwischen Theorie und Praxis gestattet die rechnerische Vorausbestimmung der Belastungs-Maxima, was besonders im Hinblick auf die Projektierung z. B. von Fern-Warmwasser-Versorgungswerken, Grossbauten und Siedlungen von grosser Bedeutung ist.

Die Anwendung in der Praxis erfolgt so, dass bei Berechnungen von Grossanlagen auf die Formel (1), (2) und (3) sowie die graphischen Auswertungen der Poissonschen Formeln zurückgegriffen wird. Bei Wohnbauten werden mit Vorteil Tabellen angefertigt, um die in jedem Falle sich gleichbleibenden Berechnungen nicht immer wiederholen zu müssen. Dies geschieht am besten dadurch, dass die Maximalbelastung auf die Ordinate und der Gesamtanschlusswert auf der Abszisse aufgetragen werden. Es entstehen dann, wie Bild 9 zeigt, verschiedene Kurvenscharen für die Gesamtwasser-Versorgung, Warmwasser-Versorgung usw. und verschiedene Wohnraumzahlen. In vielen Fällen scheinen weitere Vereinfachungen zweckmässig, wie sie z. B. die Kurvenbilder in den Leitsätzen für Wasser-Installationen des Schweiz. Vereins für Gas- und Wasserfachmänner enthalten, denen die häufigst vorkommenden Wohnungsgrössen zu Grunde gelegt sind.

6. Schlussbemerkungen

In ähnlicher Weise, wie oben am Beispiel der Wasser-Installation ausgeführt, werden die andern Probleme behandelt. In den Installationsanlagen wird von den Bedingungen des Konsums ausgegangen, wobei verschiedene Kategorien, die grundsätzlich anders geartet sind, wie z. B. Licht-, Kraft- und Wärmeverbrauch bei den elektrischen Anlagen, getrennt zu erfassen sind. In Verteilanlagen und besonders in der Grossverteilung (wie elektrische Fernübertragungsleitungen, Hoch- und Mitteldruck-Ferngas-Versorgungen usw.) ist es zweckmässig und rechnerisch vielfach nicht anders möglich, als mehr oder weniger Konsumenten art- oder gebietmässig in Gruppen zusammenzufassen. Die gleichen Betrachtungen geben aber auch Auskunft über Fragen der Unterteilung von Werken, Speiseleitungen usw.

Da die hier vorliegende Berechnung ihrem Wesen nach nicht einfach ist, dürfte sie vorwiegend bei grösseren, wichtigeren Objekten angewendet werden, während auf dem Gebiete der Kleinverteilungen aus wirtschaftlichen Gründen nach wie vor erfahrungs- und gefühlsmässig gearbeitet wird. Im Gegensatz zu früher ist es dagegen hier mit Hilfe dieser Unterlagen möglich, für die hauptsächlich vorkommenden Fälle, allgemein verwendbare Grundlagen zu schaffen, die die nötigen Richtlinien und Sicherheiten in die Routinearbeit bringen.

Elektrische Leitung über den Nufenenpass

DK 621.315.1 (494)

Anfang August kam die im Jahre 1946 erbaute elektrische Leitung über den Nufenenpass in Betrieb, nachdem die zugehörigen Transformatoren und Schaltanlagen erstellt waren. Diese Leitung, die für eine Spannung von 150 kV und für eine Uebertragungsleistung von maximal 100 MVA erstellt ist, führt vom Kraftwerk Mörel der Rhonewerke A.-G. durch das Oberwallis bis Ulrichen, dann durch das Eginental auf die Nufenenpasshöhe und das Bedrettotal hinunter nach Airolo in die Schaltanlage des Kraftwerkes Lucendro der Aare-Tessin Aktiengesellschaft für Elektrizität. Sie verbindet die grossen Energieerzeugungsanlagen des Wallis mit der wichtigsten Nord-Süd-Energietransportanlage, der Gotthardleitung.

Die Leitung hat eine Länge von 52 km und erreicht auf dem Nufenenpass die Höhe von 2500 m ü. M.; sie ist damit die höchste Alpenleitung. Sie wurde im Auftrag der Rhonewerke A.-G., Ernen, erstellt, und zwar der Abschnitt Mörel-

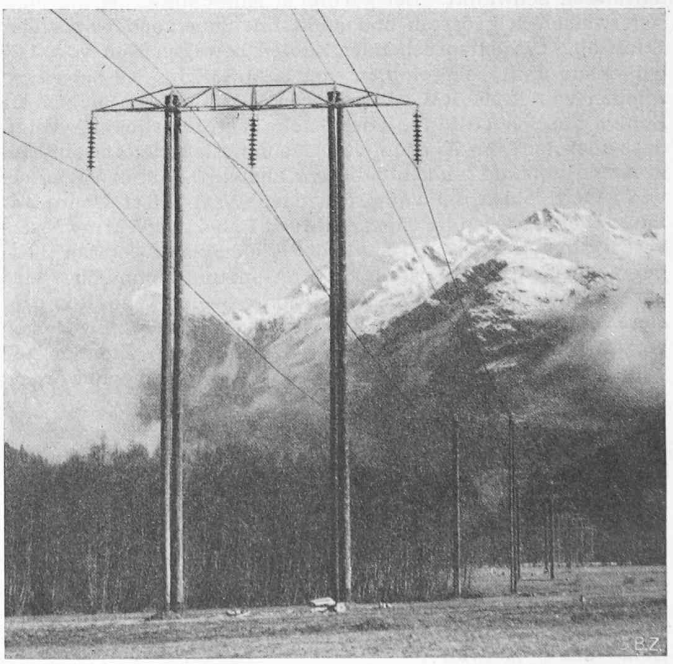

Bild 1. Tragjoch auf Holzmasten der Talstrecke im Oberwallis