

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81 (1963)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Über die Wasserinstallation im Wohn- und Büro-Hochhausbau  
**Autor:** Schellenberg, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66749>

### **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:** 02.04.2026

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

schliessendem Druckstollen nach Pradella. Die völlige Unzugänglichkeit der Wasserfassung erfordert die Anlage einer maschinellen Rechenreinigung, deren Förderbahn sich dem Steilhang anpasst und oben in die Zufahrtsstrasse mündet.

Die Zufahrt zur Sperrstelle erfolgt von der Ofenpassstrasse aus auf der rechten Talseite; auch der weitaus grösste Teil der Bauinstallationen wird daselbst, also ausserhalb des Nationalparks angelegt. Die Deponien für das

Aushub- und Ausbruchmaterial der Staumauerwiderlager und der anschliessenden Stollenstrecken werden zum Teil im Staugebiet aufgeschüttet, jedoch so, dass sie auch bei tiefster Absenkung unsichtbar bleiben; zum andern Teil wird das Material ausserhalb des Parkgebietes in einer Mulde an der rechtsseitigen Flanke des Spöltales, etwa 1000 m unterhalb der Sperrstelle, abgelagert.

*Schluss folgt*

## Über die Wasserinstallation im Wohn- und Büro-Hochhausbau

DK 644.612

Von **H. Schellenberg**, P. D. ETH, dipl. Masch.-Ing., Zürich

### Vorbemerkungen

In den letzten Jahren kam auch in unserem Lande der Hochbau als Wohn- und Geschäftshaus immer mehr auf. Für diese Bauform können die bisherigen, für den Normalbau bewährten Installationsregeln nicht mehr durchwegs angewendet werden. Alle Einrichtungen, die von der Gebäudehöhe abhängig sind, erfahren mehr oder weniger grosse Änderungen gegenüber den üblichen Ausführungen. Dies trifft besonders für die Wasserinstallation zu; in geringerem Masse aber auch für die Entwässerungsanlagen sowie die Gas- und Abgasinstallationen.

In der Praxis zeigten sich bei den ersten Ausführungen eine Reihe von Schwierigkeiten. Sie sind auf den Mangel an Erfahrung zurückzuführen sowie auf die Tatsache, dass sich das Personal der Installationsgeschäfte im allgemeinen bisher nur sehr wenig mit Pumpeinrichtungen befassen musste. Umgekehrt sind den Pumpenlieferanten, denen die Festlegung der Anlagendaten überlassen blieb, die für die Bemessung massgebenden Bedingungen nicht durchwegs bekannt. Der folgende Beitrag soll einige Grundlagen vermitteln, um die Projektierungsarbeiten für die Wasserinstallationen sicherer gestalten zu können.

### 1. Allgemeines

Die Ausrüstung von Wohnungen und Büros mit sanitären Einrichtungen werden ausschliesslich durch den verlangten Komfort bestimmt und sind deshalb von der Bauweise unabhängig. In dieser Beziehung bestehen zwischen Hoch- und Normalbau keine Unterschiede. Im Hochhaus werden allerdings aus ökonomischen Gründen zweckmässigerweise die Räume mit Wasserinstallationen wie Küche, Bad usw. nebeneinander angeordnet, damit die Apparate übereinanderliegender Wohnungen durch einen einzigen Steigstrang versorgt werden können. Bei Vorhandensein einer Zentralwarmwasserversorgung gesellen sich zu dieser Leitung noch die Warmwasservor- und Rücklaufleitungen.

Im Gegensatz dazu weicht die Verteilanlage in wesentlichen Punkten von den für Normalbauten geltenden Regeln ab und zwar als Folge des Druckes im Verteilnetz der Wasserversorgung und des zulässigen Druckes an den Apparaten. Bezüglich des Netzdruckes bestehen zwei Möglichkeiten:

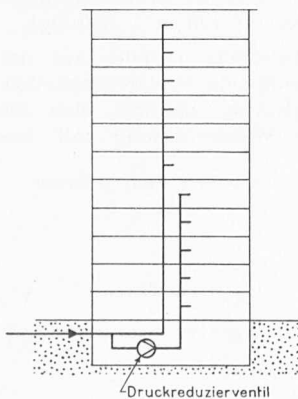


Bild 1. Installation mit Druckreduziereinrichtung

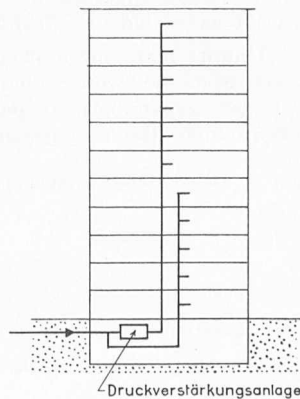


Bild 2. Installation mit Druckverstärkungsanlage

Entweder reicht der vorhandene Druck für die Versorgung des ganzen Gebäudes aus, oder er genügt für die Versorgung der oberen Geschosse nicht mehr.

Im ersten Falle würden bei der üblichen Installation in den obersten Geschossen annehmbare, in den unteren dagegen für unsere Ansprüche zu hohe Wasserdrücke auftreten. Das bringt Nachteile mit sich, wie Spritzen in Gefässen und Apparaten wegen zu grossen Ausflussgeschwindigkeiten, ferner Geräuschbildungen und vermehrte Reparaturen. Da für den heute verlangten Komfort der Wasserdruck einen gewissen Wert nicht übersteigen sollte, ist es nötig, bei zu grosser Gebäudehöhe das Haus in verschiedene Zonen zu unterteilen und zur Versorgung der tieferliegenden Teile den Druck zu verringern (Bild 1). Im zweiten Fall, also bei unzureichendem Netzdruck, ist die Einschaltung einer Druckverstärkungsanlage unumgänglich. Es wäre aber unzweckmässig, das ganze Gebäude an diese anzuschliessen, d. h. die ganze Wassermenge zuerst auf hohen Druck zu bringen, um dann die aufgewendete Energie für den Teil, der der Versorgung der unteren Zone dient, wieder in einem Reduzierventil zu vernichten. Aus wirtschaftlichen Gründen wird der vorhandene Netzdruck für die Versorgung des unteren Gebäudeteiles ausgenutzt und nur die darüberliegenden Geschosse an die Druckverstärkungsanlage angeschlossen (Bild 2).

Mit jedem Stockwerk, das zusätzlich direkt versorgt werden kann, sinken die Anlage- und Betriebskosten der Druckverstärkungsanlage. Wirtschaftlich betrachtet wäre also die Ausdehnung der Zone der direkten Versorgung auf eine Höhe, bei der eben noch Wasser aus den Armaturen fliesst, die vorteilhafteste Lösung. Das ist aber nicht angängig, weil für einen komfortablen Betrieb der Druck vor den Apparaten ein gewisses Minimum nicht unterschreiten darf. Ueberdies ist zu beachten, dass der Druck mit zunehmender Gebäudehöhe abnimmt, umgekehrt aber die Rohrverbindungen länger und damit die Druckverluste grösser werden. Also ausgerechnet im Geschoss mit dem geringsten Druck treten die grössten Druckschwankungen auf. Dies wirkt sich durch Veränderungen der Ausflussmenge und beim Vorhandensein einer zentralen Warmwasserversorgung oder bei Durchlauferhitzern auch durch die viel schwerer wiegenden Temperaturschwankungen an den Ausläufen der Mischorgane aus. Je grösser diese sind, umso geringer muss der Wohnkomfort gewertet werden.

Die Aufstellung des Projektes setzt also die folgenden Kenntnisse der Komfortansprüche der Bewohner hinsichtlich der Druckverhältnisse voraus sowie die der technischen Massnahmen, die nötig sind, um diese Ansprüche zu erfüllen.

### 2. Die Komfortansprüche

Hier sind zu untersuchen: der kleinste, von den Bewohnern noch als angängig empfundene Druck, bzw. der durch Apparaturen bedingte Mindestdruck; die Druckschwankungen, die sich in Wassermengen- und Temperaturschwankungen auswirken und der grösste noch als angängig empfundene Druck. Diese Grössen hängen weitgehend vom subjektiven Empfinden der Bewohner ab und können deshalb in gewissen Grenzen schwanken. So sind z. B. Leute, die ständig bei jeder Witterung im Freien arbeiten, auf Temperatur-

schwankungen viel weniger empfindlich als solche, die sich das ganze Jahr in einem klimatisierten Büro aufhalten.

Ueber die für Wohnzwecke erforderlichen Mindestdrücke bestehen gute Anhaltspunkte von den sogenannten Niederdruckanlagen, d. h. den Hausversorgungen mit Zwischenreservoir im Dachstock. Umfragen ergaben, dass in den obersten Wohnungen, also bei Drücken von etwa 3 m WS an den Apparaten, fast alle Bewohner den Druck als zu gering beachteten. Im zweitobersten Geschoss, bei etwa 6 m WS, wünschte noch etwa die Hälfte bessere Verhältnisse, während im dritten Geschoss, also bei etwa 9 m WS, Klagen nur noch in Ausnahmefällen vorkamen. Erhebungen in bestehenden Hochhäusern mit ähnlichen Druckverhältnissen ergaben die gleichen Resultate.

Zur Ergänzung wurden im Installationslaboratorium der Stadt Zürich noch einige Versuche durchgeführt. Von den Versuchspersonen wurden Drücke unter 4 bis 5 m durchwegs als zu gering abgelehnt. Der als wünschbar bezeichnete Bereich schwankte zwischen 6 und 10 m WS; die grösste Häufigkeit trat bei etwa 8 m WS auf. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass der Druck auch von der Konstruktion der Armaturen und Apparate abhängt. Die genannten Zahlen beziehen sich auf die heute normalerweise verwendeten Grössen und Bauarten. Der Mindestdruck wird im allgemeinen durch die Strahlstärke an der Dusche bestimmt.

Auf Grund dieser Ergebnisse scheint es empfehlenswert, für die Projektierung von Wohnbauten vor den Apparaten einen Mindestdruck von 10 m und, unter Berücksichtigung der Druckverluste in der Wohnungsverteilung, am Steigstrang beim Wohnungsabzweig einen Mindestdruck von 15 m WS zu Grunde zu legen. In Bürohäusern, wo nur Handwaschbecken und WC-Anlagen vorhanden sind, kann dieser Wert etwas geringer angenommen werden. Immerhin ist es mit Rücksicht auf grosse Drucksenkungen im Netz an heissen Sommertagen nicht empfehlenswert, zu tief zu gehen.

Wassermengenschwankungen werden im allgemeinen in der Grössenordnung von 15 bis 20 % noch nicht als störend empfunden; damit ergeben sich zulässige Druckschwankungen von etwa 25 bis 35 %.

Bedeutend fühlbarer sind dagegen Veränderungen der Warmwassertemperatur. Hier werden von empfindlichen Personen (z. B. beim Kopfwaschen) schon Abweichungen von  $\pm 2$  bis  $3^\circ\text{C}$  beanstandet. Bei Wohnungen, die mit Warmwasserspeichern versehen sind, spielen Druckveränderungen in den Verteilleitungen eine geringere Rolle, weil sie sich sowohl auf die Kalt- wie auf die Warmwasserleitungen auswirken. Bei zentralen Warmwasserversorgungen dagegen können die Verteilleitungen verschieden belastet sein. Es wird aber äusserst selten vorkommen, dass die eine höchst beansprucht, die andere aber völlig unbelastet ist. Daher werden die zulässigen Druckschwankungen von ähnlicher Grössenordnung sein, wie vorher erwähnt, wobei die Einhaltung des kleineren Wertes empfehlenswert ist. Ausnahmen bilden Anlagen, die mit rasch wirkenden thermischen Mischorganen ausgerüstet sind.

Auch für die grössten Drücke liegen gute Anhaltspunkte vor. Erfahrungsmässig wird in Wohnhäusern ein Druck von etwa 50 m WS von den Bewohnern noch nicht als unangenehm empfunden. Dagegen müssen bei grösseren Drücken zur Erreichung eines guten Wohnkomforts häufig Reduzierventile eingebaut werden, selbst wenn keine zentralen Warmwasserspeicher vorhanden sind, die solche erfordern. Hauswärter in Hochhäusern bestätigen, nie Klagen seitens der Mieter gehört zu haben, wenn der grösste Druck etwa 50 m WS nicht überschreitet. Die Schweizerischen Leitsätze für Wasserinstallationen empfehlen allerdings den Einbau von Reduzierventilen erst bei Drücken von über 80 m WS, die aber als Maximalwerte selbst für einfachste Ansprüche zu betrachten sind. Für Komfortanlagen empfiehlt es sich dagegen, einen Höchstdruck von 50 m WS anzunehmen.

Um dieser Forderung zu genügen, ist das Hochhaus in entsprechende Zonen einzuteilen. Bei den in der Schweiz üblichen Geschosshöhen kann eine Zone je nach den Ansprüchen 12 bis 15 Geschosse umfassen. Nach erhaltenen Mitteilungen werden z. B. in den USA in extremen Fällen bis 20 Geschosse in eine Zone zusammengefasst, was mit den erwähnten Min-

destanforderungen der schweizerischen Leitsätze annähernd übereinstimmt. Auf Grund dieser Zahlen ist es möglich, die technischen Daten zu bestimmen.

### 3. Die Höhe der direkt an das Verteilnetz angeschlossenen Zone

Für die folgenden Ueberlegungen sei vorausgesetzt, dass die Grössenbemessung der Leitungen nach den Leitsätzen des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern oder nach gleichlautenden Werkvorschriften erfolgt. Zur Berechnung der Höhe der Zone, die ohne Einschaltung einer Druckverstärkungsanlage vom Verteilnetz versorgt werden kann, wird am einfachsten von der Druckhöhe  $h_n$  nach dem Zähler, oder beim Vorhandensein eines zentralen Reduzierventils vom Druck ausgegangen, der im Ruhezustand nach diesem Ventil herrscht. Die Druckhöhe der Zone  $h_d$  lässt sich dann aus der Gleichung bestimmen:

$$h_n = h_d + h_a + h_1 + h_r$$

woraus folgt

$$(1) \quad h_d = h_n - (h_a + h_1 + h_r)$$

Darin bedeuten:

- $h_d$  die Höhe der direkt versorgten Zone, d. h. die Höhe der obersten Entnahmestelle über Strassenniveau in m, die unmittelbar vom Verteilnetz versorgt werden kann,
- $h_n$  die Druckhöhe nach dem Zähler, bzw. dem Reduzierventil, bezogen auf Strassenniveau in m WS,
- $h_a$  die gewünschte Druckhöhe im obersten Wohnungsabzweig in m WS,
- $h_1$  den Druckhöhenverlust der Leitungen zwischen Batterie, bzw. Reduzierventil und dem obersten Wohnungsabzweig bei Spitzenlast in m WS,
- $h_r$  den Druckabfall infolge der Ventilcharakteristik (Bild 3) bei Spitzenlast in m WS.

Der Druck nach der Messvorrichtung ist gleich dem tiefsten Druck im Verteilnetz  $h_v$  abzüglich dem Druckverlust  $h_z$  in der Zuleitung und im Zähler bei Spitzenlast, also

$$(2) \quad h_n = h_v - h_z$$

Dieser Druck entspricht auch dem höchsten einstellbaren Druck nach einem nach dem Zähler angeordneten zentralen Reduzierventil. In der Regel wird dieser Druck jedoch tiefer eingestellt.

Auf Grund dieser Daten lässt sich die Höhe der Zone berechnen. Uebersteigt sie bei grossem Netzdruck einen gewissen Wert, so muss sie nach den eingangs erwähnten Ueberlegungen unterteilt, und der Druck für die tiefer gelegenen Geschosse muss vermindert werden.

Für eine rasche und ungefähre Bestimmung der Vorprojektdaten können unter normalen Verhältnissen folgende Annahmen getroffen werden: Der niedrigste Netzdruck  $h_v$  im Verteilnetz muss bei der für die Wasserversorgung zuständigen Stelle erfragt werden. Er ist gleich der Höhendifferenz zwischen Reservoirsohle und Strassenniveau bei der zu versorgenden Liegenschaft, abzüglich den Netzverlusten bei Höchstbetrieb. Diese sind gewöhnlich erfahrungsmässig bekannt. Die Druckverluste in Zuleitung und Zähler  $h_z$  sind je nach Länge und Dimension verschieden. Im allgemeinen werden sie aber in der Grössenordnung von 5 m WS liegen. Als minimalen Druck  $h_a$  beim obersten Wohnungsabzweig wurde im vorhergehenden Abschnitt für Wohnhäuser 15 m WS empfohlen, für Bürobauten genügen etwa 10 m WS. Die Druckverluste  $h$  in den Innenleitungen können bei der Dimensionierung nach den Leitsätzen ungefähr mit 10 % der abgewickelten Leitungslänge angenommen werden. Da die Länge der horizontalen Kellerleitungen in der Grössenordnung von 10 m liegt, erreichen sie den Wert

$$(3) \quad h_1 = 0,1 h_d + 1 \text{ m}$$

Der Druckabfall  $h_r$ , der sich aus der Ventilcharakteristik ergibt, schwankt bei den im Handel befindlichen Reduzierventilen in weitem Bereich. Bei ganz guten Bauarten dürften

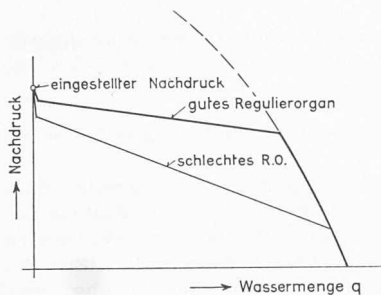


Bild 3. Charakteristik des Druck-Reduzierorgans

sie etwa 5 m WS betragen. Bei schlechten wurden schon Werte bis 20 m WS festgestellt (Bild 3). Im folgenden seien 5 m vorausgesetzt. Damit ergeben sich für Wohnbauten mit zentraler Druckreduktion durch Einsetzen dieser Werte in Gleichung (1) mit guter Annäherung

$$h_n = h_d + 15 + (0,1h_d + 1) + 5$$

$$\text{oder } h_d = \frac{h_n - 21}{1,1} \text{ m WS}$$

und ohne Druckreduzierventil

$$h_d = \frac{h_n - 16}{1,1} \text{ m WS}$$

Setzen wir

$$h_n = h_v - 5$$

ein, so ergibt sich bei Anlagen mit zentraler Druckreduktion

$$h_{d \max} = \frac{h_v - 26}{1,1} \text{ m WS}$$

und solchen ohne Druckverminderung

$$h_d = \frac{h_v - 21}{1,1} \text{ m WS}$$

Bei einem minimalen Netzdruck z. B. von 40 m WS berechnet sich für ein Wohnhaus mit Reduzierventil eine maximale Zonenhöhe von ungefähr

$$h_d = \frac{40 - 26}{1,1} = 12,7 \text{ m WS}$$

was bei einer Geschosshöhe von 2,75 m und einer Höhe der obersten Entnahmestelle von 1,2 m über Boden für die Versorgung von maximal fünf Geschossen reicht.

Beträgt der Netzdruck dagegen 100 m WS, so ergibt sich eine Höhe von 67,5 m. Bei gleichen Baukonstruktionsdaten könnten in diesem Fall maximal 25 Geschosse angeschlossen werden. Weist der Bau z. B. nur 22 Geschosse auf, so genügt der Netzdruck für die Versorgung des ganzen Gebäudes. Nach den in Abschnitt 2 gemachten Erwägungen ist die Zone zu unterteilen und zwar am besten in zwei Teile von je 11 Geschossen. Das Reduzierventil für den oberen Teil (bezogen auf Strassenniveau) muss dann auf

$$h_n = 1,1 h_d + 26$$

$$\text{d. h. auf } h_n = 1,1 \cdot 59 + 21 = \text{rd. } 86 \text{ m WS}$$

eingestellt werden. Für den unteren Teil (oberste Entnahmestelle etwa 29 m über Strassenniveau) ergibt sich

$$h_n = 1,1 \cdot 29 + 21 = \text{rd. } 53 \text{ m WS}$$

Ueber der Höhe  $h_d$  liegende Entnahmestellen können befriedigend nur noch von einer Druckverstärkungsanlage bedient werden. Weist z. B. ein Haus bei einem Netzdruck von 100 m WS z. B. 26 Geschosse auf, würde es sich kaum lohnen, für das oberste Geschoss eine solche Einrichtung zu erstellen. Es müsste dann geprüft werden, ob für dieses ein Druck beim Wohnungsabzweig von rd. 12 m WS und bei den Armaturen von rd. 7 m WS samt den zu erwartenden, relativ grossen Netzschwankungen noch in Kauf genommen werden kann. Der Entscheid setzt natürlich unter anderem eine genaue Berechnung der Leitungswiderstände voraus.

#### 4. Die Druckerhöhungs-Einrichtung

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um das Wasser auf die nötige Höhe zu heben. So könnte es durch eine Pumpe in ein oder mehrere verschieden hoch liegende drucklose Behälter gehoben werden, an welche die oberen Zonen angeschlossen sind. In diesem Fall müssten diese Behälter mindestens rd. 10 m über den obersten Entnahmestellen liegen. Abgesehen davon, dass die Aufstellungsmöglichkeiten beschränkt sind, besteht beim drucklosen Behälter — weil ein Ueberlauf über Dach notwendig ist — die Gefahr der Wasserterverschmutzung. Im weiteren müssen Niveau-Uebertragungseinrichtungen und Verbindungskabel vorgesehen werden, was für eine einfache Hausversorgung in der Regel zu teuer ist.

In unserem Lande haben sich bis jetzt bei den Hochbauten als Druckerhöhungseinrichtungen ausschliesslich die sogenannten Druckluftkesselanlagen durchgesetzt. Diese bestehen aus einem mit Luft gefüllten Behälter, einem oder zwei Pumpenaggregaten und der dazugehörigen Schalteinrichtung. Die Funktion ist die folgende: Durch die Pumpe wird Wasser in den Kessel gefördert und das darin befindliche Luftpolster zusammengepresst, wodurch der Druck ansteigt. Bei einer gewissen Druckhöhe schaltet die Pumpe aus. Bei der Entnahme drückt das Luftpolster das Wasser in die Leitungen und dehnt sich dabei aus; der Druck sinkt bis der Einschaltmechanismus die Pumpe wieder in Funktion setzt. Die Differenz zwischen dem grösseren Luftvolumen beim Einschaltdruck und dem kleineren beim Ausschaltdruck bildet den nutzbaren Wasserinhalt.

Um einen möglichst grossen Nutzinhalt zu erreichen, dürfen der Ein- und Ausschaltdruck nicht zu nahe beieinander liegen. Das würde aber ohne Regulierorgan zu grossen Druckschwankungen in der Installation führen. Um diese zu vermeiden, ist es nötig, nach dem Druckluftkessel ein Reduzierventil mit konstantem Nachdruck einzubauen.

Die Grösse des Nutzinhaltes und die Pumpenfördermenge stehen in gegenseitiger Wechselwirkung. Ist der Inhalt genügend gross, um die im Betrieb auftretenden täglichen Belastungsschwankungen zu übernehmen, so genügt als Fördermenge das grösste Tagesmittel. Mit abnehmendem Nutzinhalt muss die Fördermenge jedoch immer grösser werden und zwar bis zu der in der Installation auftretenden Höchstlast.

In den Kellern wie auch in den Dachstöcken von Hochhäusern ist normalerweise der Platz sehr beschränkt und daher die Aufstellung möglichst kleiner Vorratsbehälter erwünscht. Auch wirtschaftliche Ueberlegungen sprechen für kleinen Nutzinhalt. Er dient dann in diesem Falle nur noch als Steuerorgan und Stossdämpfer, stellt aber bei Stromausfall keine Reserve mehr da. Bei dieser Bemessung muss die Fördermenge der Pumpe angenähert der Spitzenentnahmemenge entsprechen. Da diese für die Wahl des Pumpentyps bekannt sein muss, sollen hier einige Erläuterungen darüber eingeschaltet werden.

Die Bestimmung der wahrscheinlichen Maximallast ist zweifellos die schwierigste Aufgabe; von ihr hängt aber die richtige Bemessung der ganzen Anlage ab. Bei einfachen Anordnungen lässt sie sich aus den Daten der angeschlossenen Apparate berechnen. Aber schon in kleinen Verteilanlagen, wie sie in Wohn- und Bürobauten vorkommen, treten erhebliche Komplikationen auf. Hier sind die Höchstlasten nur noch in den Endsträngen, d. h. in den letzten Abzweigen zu den einzelnen Verbrauchern bekannt; sie entsprechen den Anschlusswerten der Apparate und Armaturen. Die Belastungen schwanken hier zwischen Null und dem Anschlusswert. Aber bereits in den anschliessenden Teilstücken 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. Das wirklich auftretende Maximum wird stets kleiner als das maximal mögliche sein. Mit zunehmender Entfernung von den Verbrauchern wird der Ausgleich immer grösser. Die Festlegung der Höchstlast erfolgte in der Regel fast ausschliess-

lich erfahrungs- und gefühlsmässig. Der Belastungsverlauf scheint hier völlig unsystematisch, also theoretisch nicht erfassbar zu sein, da jeder Abnehmer nach seinem Willen und solange es ihm beliebt konsumieren kann. Der zeitliche Ablauf der durch einzelne Zweige strömenden Verbrauchsmengen hängt tatsächlich von einer scheinbar willkürlichen Handlung des Menschen ab, und die Lösung setzt deshalb das planmässige Erfassen des menschlichen Handelns voraus. Im Hinblick auf die Vielgestaltigkeit der Impulsmomente, die unser Handeln auslösen, scheint, wenn man vom einzelnen Individuum ausgeht, jede Gesetzmässigkeit zu fehlen. Sobald Gemeinschaften einer grossen Zahl von Menschen betrachtet werden, lassen die statistischen Aufzeichnungen über die Lebensvorgänge, wie sie sich z.B. im zeitlichen Verlauf des Verbrauchs von Konsumgütern äussern, Gesetzmässigkeiten von einer unerwarteten Regelmässigkeit erkennen. Diese Feststellung ermöglicht es, die hier gestellte Aufgabe zu lösen. Die Anwendung der Theorie setzt allerdings ein sorgfältiges Abwägen der massgebenden Faktoren voraus.

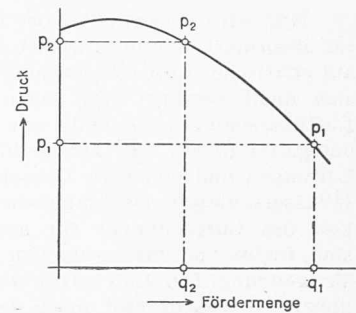
Als theoretische Grundlagen für die Höchstbelastung und den Belastungsausgleich liegen die Arbeiten von Poisson und Gauss vor. Die entsprechenden Rechnungen sind aber äusserst kompliziert und zeitraubend; sie sollen hier nicht durchgeführt werden. Wer sich dafür interessiert, findet Näheres in der Fachliteratur<sup>1)</sup>. Für die praktische Ausführung ist in den schweizerischen Leitsätzen wie auch in den Zürcher Werkvorschriften für Wasserinstallationen von Wohn- und Bürohäusern eine Berechnungstafel enthalten, aus der sich auf einfache Weise die ungefähren Maximallasten ablesen lassen. Sie sind allerdings auf der Basis von normalen Vierzimmerwohnungen berechnet, können aber ohne weiteres auch für andere Wohn- und Bürohäuser verwendet werden. Bei der Versorgung von andern Anlagen, wie z.B. solchen für Industrie und Gewerbe, stimmen diese Werte nicht mehr, weil dort der Gleichzeitigkeitsfaktor oft erheblich abweichen kann. Für solche Einrichtungen muss die Spitzenmenge von Fall zu Fall berechnet oder geschätzt werden.

#### a. Die Bestimmung der Pumpendaten

Die Pumpe muss sorgfältig auf die Installation abgestimmt werden. Ist z. B. die Fördermenge zu gering, so sinkt bei Höchstbelastung der Druck in der an die Druckverstärkungsanlage angeschlossenen Zone ab und es kann, weil der Nutzinhalt des Kessels sehr klein bemessen ist, in den obersten Geschossen das Wasser für kürzere oder längere Zeit ganz ausbleiben. Wird sie aus Sicherheitsgründen aber zu gross gewählt, so tritt beim Betrieb in der vom Werk für die Belastungsspitze bemessenen Zuleitung samt Zähler ein grosser Druckverlust auf. In diesem Falle ist die Versorgung der obersten Partie der direkt an das Netz angeschlossenen Zone gefährdet. Solche Fälle sind wiederholt festgestellt worden. Um sie zu vermeiden wäre es nötig, die Anschlussleitung übermässig gross zu dimensionieren. Das wird von den meisten Werken abgelehnt werden, weil dadurch die Messgenauigkeit der Zähler leidet und eine richtige Erfassung der konsumierten Menge nicht mehr gewährleistet ist.

Nun ist die Fördermenge einer Zentrifugalpumpe nicht konstant, sondern von der Druckhöhe abhängig. Im Arbeitsbereich, d. h. im absteigenden Ast der Mengenkurve, Bild 4, nimmt sie mit sinkender Druckhöhe zu. Die oben aufgestellte Forderung heisst nun nichts anderes, als dass die dem Einschaltdruck  $p_1$  zugehörige grösste Fördermenge  $q_1$  der in der Installation auftretenden Spitzenlast entsprechen muss. Diese ist bekannt. Zur Bestimmung des Pumpentyps muss noch der Einschaltdruck ermittelt werden. Er ist gleich der Differenz aus dem Druck, der nach der Pumpe für die Versorgung der obersten Zone notwendig ist, und dem

Bild 4. Charakteristik einer Zentrifugalpumpe



während des Betriebes vor der Pumpe herrschenden Druck, also

$$p_1 = (h_d + h_a + \Delta h_1 + h_r) - (h_v - h_z)$$

Es ist nun die Pumpe zu wählen, deren Charakteristik für  $p_1$  eine Fördermenge  $q_1$  aufweist und die der Spitzenlast entspricht oder diese nicht wesentlich übersteigt. Jetzt wird wiederum anhand der Charakteristik der grösstmögliche Förderdruck  $p_2$  bestimmt, der etwas unterhalb des Kulminationspunktes liegt und welcher als Ausschaltdruck  $p_2$  gewählt wird. Selbstverständlich ist darauf zu achten, dass der Arbeitsbereich in einen möglichst günstigen Wirkungsgradbereich zu liegen kommt.

Ist ein Reserveaggregat vorhanden, damit bei einem Maschinendefekt das Haus nie ohne Wasser ist, so soll es der Arbeitspumpe parallel geschaltet werden. Ein- und Ausschaltdruck sind etwas tiefer einzustellen, damit beim Ausfall der ersten Maschine die zweite automatisch in Funktion tritt. Auch sollte ein Umschalter vorhanden sein, damit die Pumpen wechselseitig in Betrieb genommen werden können, weil in den verhältnismässig feuchten Räumen die Wicklungen längere Zeit stillstehender Motoren Schaden leiden können.

#### b. Die Grösse des Druckluftkessels

Der Druckluftkessel muss so bemessen sein, dass die für den Pumpenmotor zulässige Schalthäufigkeit  $t$  nicht überschritten wird. Diese setzt sich zusammen aus

$$t = t_e + t_f = \frac{J_n}{q_e} + \frac{J_n}{q_p - q_e}$$

Darin bedeuten:

$t$	die zulässige Schaltzeit in s
$t_e$	die Dauer der Wasserentnahme in s bei nicht eingeschalteter Pumpe
$t_f$	die Zeit der Füllung bei eingeschalteter Pumpe in s
$J_n$	den Nutzinhalt in l
$q_e$	die Entnahmemenge in l/s
$q_p$	die Fördermenge der Pumpe in l/s

Es ist nun leicht nachzuweisen, dass die Schaltzeit ein Minimum wird, wenn die Entnahmemenge halb so gross ist wie die Pumpenfördermenge. In diesem Falle berechnet sich der Nutzinhalt

$$J_n = \frac{q_p t}{4}$$

Die zulässige Schalthäufigkeit hängt vom Motortyp ab. So darf nach den Angaben der Motorenhersteller ein Zentrifugalanlasser-Motor nur alle 10 bis 12 Minuten einmal anlaufen, ein Kurzschlussläufermotor dagegen ungefähr alle Minuten. Da Wohnbauten meist kleine Pumpenleistungen benötigen, wird in der Regel der Kurzschlussläufermotor verwendet, im Zweifelsfall ist eine Rückfrage beim zuständigen Elektrizitätswerk nötig. Für einen solchen Motor und eine Fördermenge der Pumpe von z. B. 200 l/min ergäbe sich also bei unbeschränkter Lieferung durch die Wasserversorgung ein Nutzinhalt von

$$J_n = \frac{200 \cdot 1}{4} = 50 \text{ l}$$

<sup>1)</sup> Schellenberg H.: Belastungsausgleich in Verteilanlagen, SBZ 1947, Nr. 36, «Mon. Bull. SVGW» 1947, Nr. 11, S. 252. Henzi R.: Berechnung des Belastungsausgleichs in Verteilanlagen, SBZ 1950, Nr. 13.

